



Thermodynamische Simulation  
des  
Reststoffheizkraftwerkes Linz

# Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

an der

Technischen Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Vorgelegt von: **Andreas SCHNITZHOFER, BSc.**

Betreuer: Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Wolfgang SANZ

Dipl.-Ing. Dr. Albert ZSCHETZSCHE

Ing. Hubert PAULI

Graz, am 01.06.2012

---

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources

Graz, am 01.06.2012

.....

(Unterschrift)

---

## Danksagung

Die nachfolgende Arbeit wurde für die Linz Strom GmbH in Kooperation mit dem Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik an der TU Graz angefertigt. Ein herzliches Dankeschön gilt Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Wolfgang Sanz, der mich von Seiten des Instituts sehr gut betreut und unterstützt hat.

Mein besonderer Dank gilt Dipl. Ing. Dr. Albert Zschetzsche, der mir schon während der gesamten Zeit des Studiums mit einer Anstellung in seinem technischen Büro die Möglichkeit gab, wertvolle Erfahrungen im Anlagenbau zu sammeln. Diese und seine exzellente Unterstützung ermöglichten mir die reibungslose Abwicklung der Arbeit.

Weiters möchte ich mich bei der Linz Strom GmbH für die tolle Zusammenarbeit bedanken. Hier sind besonders Ing. Hubert Pauli und Dipl. Ing. (FH) Gerhard Beer erwähnt, welche mir mit ihrer Unterstützung sowie dem raschen Zugang zu den benötigten Daten sehr geholfen haben.

Der größte Dank gilt jedoch meinen Eltern und meinen Geschwistern, die mir das Studium ermöglichten und mich auch in allen anderen Bereichen meines Lebens unterstützt haben.

---

## Kurzfassung

Aufgrund des steigenden Müllaufkommens im Großraum Linz wurde in Linz ein Reststoffheizkraftwerk errichtet, welches ab Herbst 2011 im Betrieb genommen wurde. Das Kraftwerk dient der Verwertung von sortierten heizwertreichen Reststoffen. Außerdem wird entwässerter Klärschlamm der Kläranlage Asten eingesetzt. Durch die Feuerung, mit einer Feuerungsleistung von ca. 72 MW, wird Fernwärme sowie elektrische Leistung produziert.

Diese Arbeit befasst sich mit der Modellierung des Wasser-Dampfkreislaufes, der Verbrennung und der Rauchgaswäsche mittels IPSEpro (Version 4.0), wobei das Hauptaugenmerk auf dem Wasser-Dampfkreislauf liegt. Für das Modell wurde die Anlage auf die wichtigsten beziehungsweise auf die einflussreichsten Komponenten reduziert und nachgebildet. Ziel war es, möglichst realitätsnahe und genaue Berechnungswerte zu erreichen, um in Zukunft diverse Simulationen und Parameterstudien zur Anlagenoptimierung durchführen zu können. Dem Kraftwerksbetreiber ist es mit Hilfe der Simulation möglich, für die verschiedensten Betriebsarten, in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Brennstoffen, das jeweilige Betriebsoptimum im Hinblick auf die Fernwärmeauskopplung und elektrische Leistung zu finden.

Die so entstandenen thermodynamischen Modelle wurden mit Messwerten aus dem Betrieb verglichen und diskutiert. Die Untersuchungen zeigten, dass mit Hilfe des entwickelten Modells eine Vielzahl an Lastfällen ohne Probleme berechnet werden kann. Dabei ist die Vorgabe der Randbedingungen, ideal um die diversen Einflüsse wie z.B.: Verschmutzungen oder variierende Heizwerte zu berücksichtigen.

---

## **Abstract**

Due to the increasing amount of waste in Linz, a residue thermal power plant was built, which was put into operation in autumn 2011. The power plant recycles high calorific waste and sludge produced by the Asten sewage plant. By burning the recycled material, electric power and heat for district heating are produced.

This master thesis deals with the modelling of the water-steam cycle, the combustion of waste and the scrubbing of flue gas using IPSEpro (version 4.0). The main focus, however, is put on the water-steam cycle. Therefore the power plant was modelled based on its most significant components. The aim was to obtain a realistic and accurate simulation model of the plant in order to perform various simulations and parameter studies in the future. This should enable the power plant operator to determine the corresponding optimum operation modes depending on the combustion material available.

Calculations with the developed simulation models were first compared with the measured operation values and then discussed. The model allows the simulation of a variety of different operating points. The model proved to be very flexible allowing considering different influences such as surface fouling or varying calorific values.

---

## Nomenklatur

Diff.	Differenz
DLS	Dampfluftstrahler
ECO	Economiser
FW	Fernwärme
HEIKO	Heizkondensator
Kat.	Katalysator
KKS	Kraftwerkskennzeichnungssystem
Li	links
LUVO	Luftvorwärmung
MD-Dampf	Mitteldruckdampf
MD-LUVO	Mitteldruck- Luftvorwärmer
ND-Dampf	Niederdruckdampf
ND-LUVO	Niederdruck- Luftvorwärmer
NDVW	Niederdruckvorwärmer
P&IDS	piping and instrumentation diagramm
Re	rechts
Rezigas	Rezirkulationsgas
RG	Rauchgas
RHKW	Reststoffheizkraftwerk
Spw.	Speisewasser
Temp.	Temperatur
TRA	Tropfenabscheider
ÜH	Überhitzer
UK-LUVO	Unterkühl- Luftvorwärmer
WA 1	Wäscher 1
WA 2	Wäscher 2
WT	Wärmetauscher

## Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung .....	I
Danksagung.....	II
Kurzfassung.....	III
Abstract.....	IV
Nomenklatur .....	V
Inhaltsverzeichnis .....	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation .....	1
1.2 Aufgabenstellung.....	2
2 Das Reststoffheizkraftwerk Linz .....	3
2.1.1 Aufbau.....	3
2.1.2 Leistungsdaten.....	6
2.2 Feuerung.....	7
2.2.1 Allgemeines.....	7
2.2.2 Stationäre Wirbelschicht .....	7
2.3 Dampferzeuger.....	10
2.3.1 Allgemeines.....	10
2.3.2 Naturumlaufkessel .....	10
2.3.3 Überhitzer.....	12
2.3.4 Speisewasservorwärmung / ECO .....	12
2.4 Luftvorwärmung.....	13
2.5 Turbine .....	13
2.6 Rauchgasreinigung .....	13
2.6.1 Allgemeines.....	13
2.6.2 Grobstaubabscheidung .....	13
2.6.3 Gewebefilter .....	14
2.6.4 Rauchgaswäscher.....	15

---

2.6.5	DeNO <sub>x</sub> .....	17
2.7	Kraft-Wärme-Kopplung.....	18
3	Thermodynamische Modelle des RHKW.....	19
3.1	Allgemeines.....	19
3.2	IPSEpro Version 4.0.....	19
3.2.1	Allgemeines.....	19
3.2.2	Kraftwerksbibliothek „App_Lib“ .....	20
3.3	Von der Realität zum IPSEpro Modell.....	20
3.4	Brennkammer.....	23
3.4.1	IPSEpro Modell Brennkammer.....	23
3.4.2	Vereinfachungen / Annahmen.....	24
3.4.3	Primärluft, Falschluff, Rezirkulationsgas .....	24
3.4.4	Brennstoff.....	25
3.4.5	Rauchgas .....	27
3.5	Kesselmodellierung.....	28
3.5.1	IPSEpro Modell – Kessel .....	28
3.5.2	Vereinfachungen / Annahmen.....	30
3.5.3	Dampftrommel – Verdampfer.....	30
3.5.4	Economiser ( ECO ).....	31
3.5.5	Überhitzer.....	31
3.6	Wasser - Dampfkreislauf.....	33
3.6.1	IPSEpro Modell Wasser-Dampfkreislauf.....	33
3.6.2	Dampfumformstation.....	34
3.6.3	Turbine .....	36
3.6.4	MD-Dampfschiene .....	39
3.6.5	ND-Dampfschiene.....	40
3.6.6	Kondensator, DLS Wärmetauscher .....	41
3.6.7	Heizkondensator .....	43
3.6.8	Niederdruckvorwärmung.....	43

---

---

3.6.9	Luftvorwärmung .....	45
3.6.10	Speisewasserbehälter mit Speisewasserpumpe.....	48
3.6.11	Entspanner .....	51
3.6.12	Nebenkondensatbehälter .....	52
3.7	Rauchgasreinigung .....	55
3.7.1	IPSEpro Modell Rauchgasreinigung .....	55
3.7.2	Vereinfachungen / Annahmen.....	56
3.7.3	Gewebefilter .....	56
3.7.4	Rauchgaswäscher.....	56
3.8	Feuerungskontrollrechnung.....	59
4	Vergleich Modell - Messwerte .....	66
4.1	Allgemeines.....	66
4.2	Betrachtete Lastpunkte .....	68
4.2.1	Lastfall 1 .....	68
4.2.2	Lastfall 2.....	69
4.2.3	Lastfall 3.....	70
4.2.4	Lastfall 4.....	71
4.2.5	Lastfall 5.....	72
4.2.6	Lastfall 6.....	73
4.3	Festlegung von relevanten Messstellen .....	74
4.4	Vergleich Berechnung IPSEpro / Messwerte .....	75
4.5	Auswertung .....	91
5	Zusammenfassung und Diskussion.....	103
6	Literaturverzeichnis .....	105
7	Abbildungsverzeichnis.....	106
8	Tabellenverzeichnis.....	109
9	Anhang .....	111

---

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Aufgrund des steigenden Müllaufkommens im Großraum Linz wurde von Seiten der Linz Strom GmbH im August 2007 beschlossen, ein Reststoffheizkraftwerk (RHKW) mit einer Brennstoffwärmeleistung von 72 MW zu errichten. Das Reststoffheizkraftwerk wurde am bestehenden Fernheizkraftwerkstandort Linz–Mitte gebaut.

Dieses besteht aus folgenden wesentlichen Anlageteilen:

- Aufbereitungsanlage inklusive Brennstofflager
- Rohrgurtt Förderer zur Brennstoffförderung zum Kraftwerk
- Kraftwerk zur thermischen und energetischen Nutzung
- Kühlturm zur Einhaltung der Einleitbedingungen für das Kühlwasser in die Donau

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit war die Analyse und modellhafte Abbildung des Kraftwerks und insbesondere des Wasser – Dampfkreislaufes. Im Kraftwerk werden mittels einer stationären Wirbelschicht Reststoffe und Klärschlamm verbrannt. Mit der so entstehenden Wärme wird Dampf erzeugt, welcher über die Dampfturbine geleitet wird. Diese Turbine ist mit einem Generator gekoppelt, welcher Strom produziert. Bei Bedarf kann ein Teil dieser Wärme in das Fernwärmenetz Linz eingespeist werden.

In heute üblichen Müllverbrennungsanlagen werden elektrische Wirkungsgrade von 21 % und Gesamtwirkungsgrade von bis zu 72 % erreicht. Dabei können schon kleine Wirkungsgradsteigerungen enorme wirtschaftliche Vorteile ergeben. Somit bietet es sich an, die einzelnen thermodynamischen Kreisläufe bestmöglich zu optimieren, beziehungsweise verschiedene Betriebsweisen zu simulieren. Dies wird möglich, indem man das Kraftwerk in einem thermodynamischen Rechenprogramm darstellt. Weiters können durch das so entstehende Rechenprogramm diverse Parameter und deren Einflussnahme auf das Betriebsverhalten der Anlage simuliert werden.

---

## 1.2 Aufgabenstellung

Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines IPSEpro Modells zur genaueren Simulation des Betriebsverhaltens. Dabei sollte auf folgende Punkte eingegangen werden:

- Wasser-Dampf Kreislauf
- Bilanzierung des Rauchgases von der Brennkammer bis zum Saugzuggebläse, inklusive Luftvorwärmung und Rauchgaswäscherbilanz
- Verbrennungsrechnung und Überprüfung, ob eine Adaption des Brennkammermodells des Biomassekraftwerks Linz-Mitte möglich ist

Die so entstandenen Modelle sollten möglichst realitätsnahe und genaue Daten liefern, um etwaige Optimierungen vornehmen zu können. Es sollten Vorkehrungen getroffen werden, um möglichst viele Betriebsszenarien durchspielen zu können. Als Beispiel sind hier die unterschiedliche Luftvorwärmstufen, Dampfmengen bzw. Dampfparameter und Überhitzerbetriebsweisen angeführt.

## 2 Das Reststoffheizkraftwerk Linz

### 2.1.1 Aufbau

In Abbildung 1 ist der verfahrenstechnische Aufbau des Reststoffheizkraftwerks dargestellt. Dabei kann man die Anlage in vier große Bereiche unterteilen: die Feuerung mit dem Kessel, die Abgasreinigung, die Abwasserbehandlung und den Wasserdampfkreislauf mit Strom- und Fernwärmeerzeugung. Nachfolgend wird das Verfahrenschema erläutert, um einen kurzen Überblick über die Gesamtanlage zu geben.

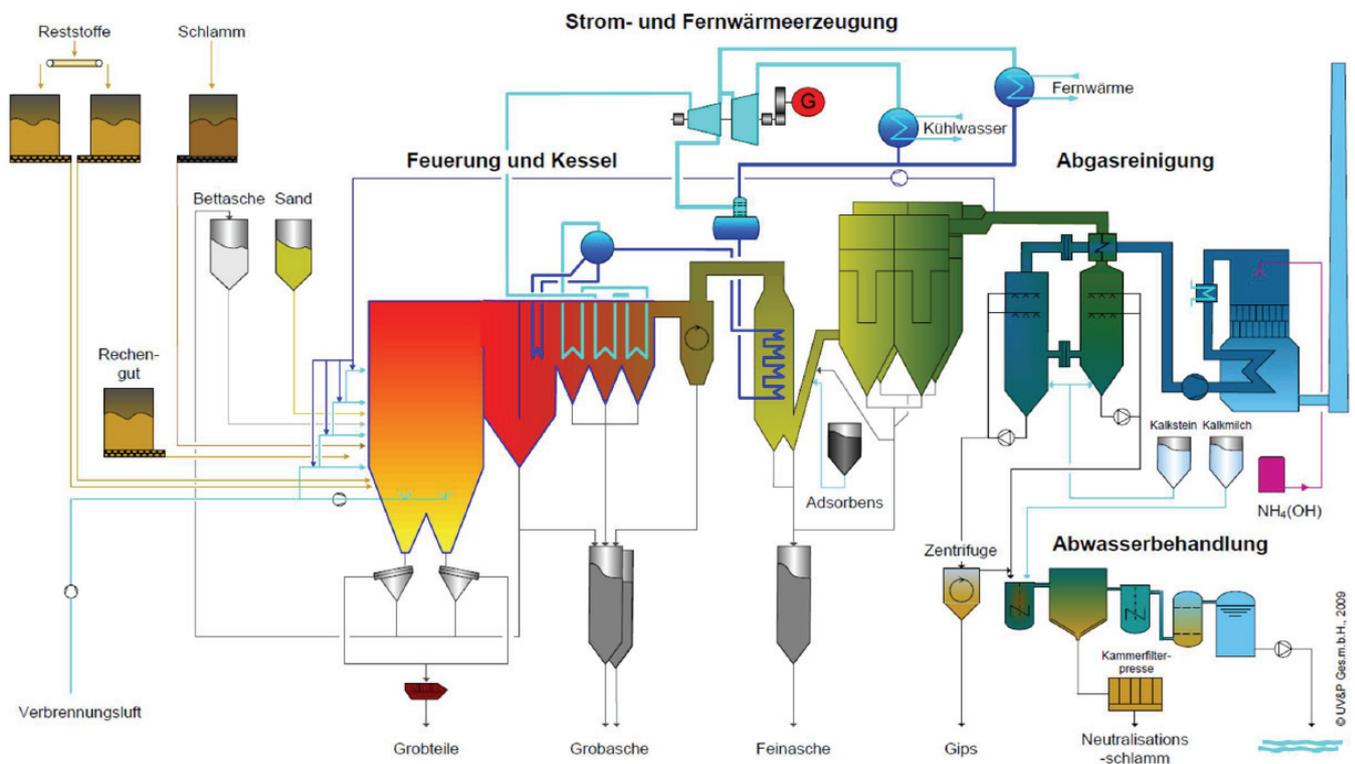


Abbildung 1: Verfahrensschema des RHKW Linz, UV&P Gesm.b.H

Zunächst wird der Reststoff von der Reststoffaufbereitungsanlage über einen Rohrgurtförderer in das Kraftwerk transportiert. Dort erfolgt wie in Abbildung 1 ersichtlich die Aufteilung auf zwei Reststoffvorlagebehälter. Weiters wird über LKW- Anlieferstationen Klärschlamm, Rechengut und Sand in Vorlagebehälter gefördert. Als Brennstoff dient ein Gemisch aus Reststoff, Klärschlamm und Rechengut, welcher in die Wirbelschicht eingebracht wird. Diese Komponenten sind als braune Linien in Abbildung 1 zu erkennen. Weiters wird Verbrennungsluft (hellblaue Linie in Abbildung 1) in die Wirbelschicht eingebracht, um zum Einen die Verbrennung zu ermöglichen und zum Anderen um das

---

Wirbelbett in schwebelage zu halten. Ein Teil der Verbrennungsluft wird mit Rezirkulationsgas (dunkelblaue Linie in Abbildung 1) vermischt und über mehrere Ebenen in die Brennkammer eingedüst. Das entstehende Rauchgas wird durch den Dackelkessel geleitet, welcher aus zwei Vertikal- und einem Horizontalzug besteht. Wobei das Rauchgas im Horizontalzug, wie der Name schon sagt, horizontal geführt wird und über so genannte Überhitzerbündel Wärme an den Wasserdampf abgibt. Anschließend wird das Rauchgas über vier große Zyklonabscheider geleitet um Grobasche aus dem Strom abzuscheiden. Danach wird das Rauchgas über Rohrbündel geleitet, welche Wasser auf Siedewassertemperatur erhitzen. Um das Abscheiden von feinsten Staubpartikeln aus dem Rauchgas zu gewährleisten, wird es durch einen Gewebefilter geleitet. Nach diesem wird das vorhin erwähnte Rezirkulationsgas entnommen. Die Asche des Rauchgases, welche sich unter anderem im Bereich der Vertikalzüge, des Horizontalzuges, der Zyclone und des Gewebefilters ablagert, wird über Förderschnecken kontinuierlich ausgetragen und in Aschesilos gefördert. Nach einem Gas – Gas Wärmetauscher wird das Rauchgas einer nassen Rauchgaswäsche unterzogen, wobei Schwefeldioxid, Chlorwasserstoffe und Fluorwasserstoffe abgeschieden werden. Um wieder in das Kanalsystem eingeleitet werden zu können, muss das anfallende Abwasser aus den Rauchgaswäschern einer Abwasserbehandlung unterzogen werden. Ein Nebenprodukt der nassen Rauchgaswäsche ist Gips, welcher aus den Wäschern abgezogen wird und weiterverwendet werden kann (graue Linie in Abbildung 1). Das Rauchgas wird in einer letzten Reinigungsstufe von Stickstoffoxiden befreit. Dies geschieht in der so genannten DeNOx Anlage. Nach dieser wird das Rauchgas über den Kamin an die Umgebung abgegeben.

Der Wasser – Dampfkreislauf besteht unter anderem aus dem Speisewasserbehälter, aus welchem Speisewasser entnommen wird (dunkelblaue Linien in Abbildung 1). Dieses wird durch Rohrbündelwärmetauscher geleitet, erhitzt und anschließend in die Dampftrommel geführt. Dort erfolgt eine Trennung von Siedewasser und Satttdampf. Das Siedewasser wird aus der Dampftrommel abgezogen und über Verdampferflächen geleitet. Es entsteht ein Wasser – Dampfgemisch welches wieder in die Trommel geleitet wird. Aus der Dampftrommel wird der Satttdampf abgezogen (türkise Linie in Abbildung 1). Dieser Dampf wird durch die im Horizontalzug angeordneten Überhitzer geleitet und dabei auf die Frischdampf Temperatur überhitzt. Der Frischdampf wird über eine Turbine geleitet, dadurch wird ein Generator angetrieben, welcher Strom erzeugt. Der Dampf nach der Turbine wird über den Hauptkondensator geleitet, wobei der Dampf mit Donauwasser gekühlt und niedergeschlagen wird. Die Turbine besitzt eine Entnahme, bei der ein Teil des Dampfstromes entnommen und über einen Heizkondensator geleitet wird. Dieser versorgt das Fernwärmenetz mit Wärme. Über so genannte Anzapfungen wird ebenfalls Dampf aus

---

der Turbine entnommen, um diverse Wärmeverbraucher wie z.B. den Speisewasserbehälter mit Dampf zu versorgen. Das Hauptkondensat und das Fernwärmekondensat werden wieder zusammengeführt und gelangen wieder in den Speisewasserbehälter. Somit ist der Wasser Dampfkreislauf geschlossen.

## 2.1.2 Leistungsdaten

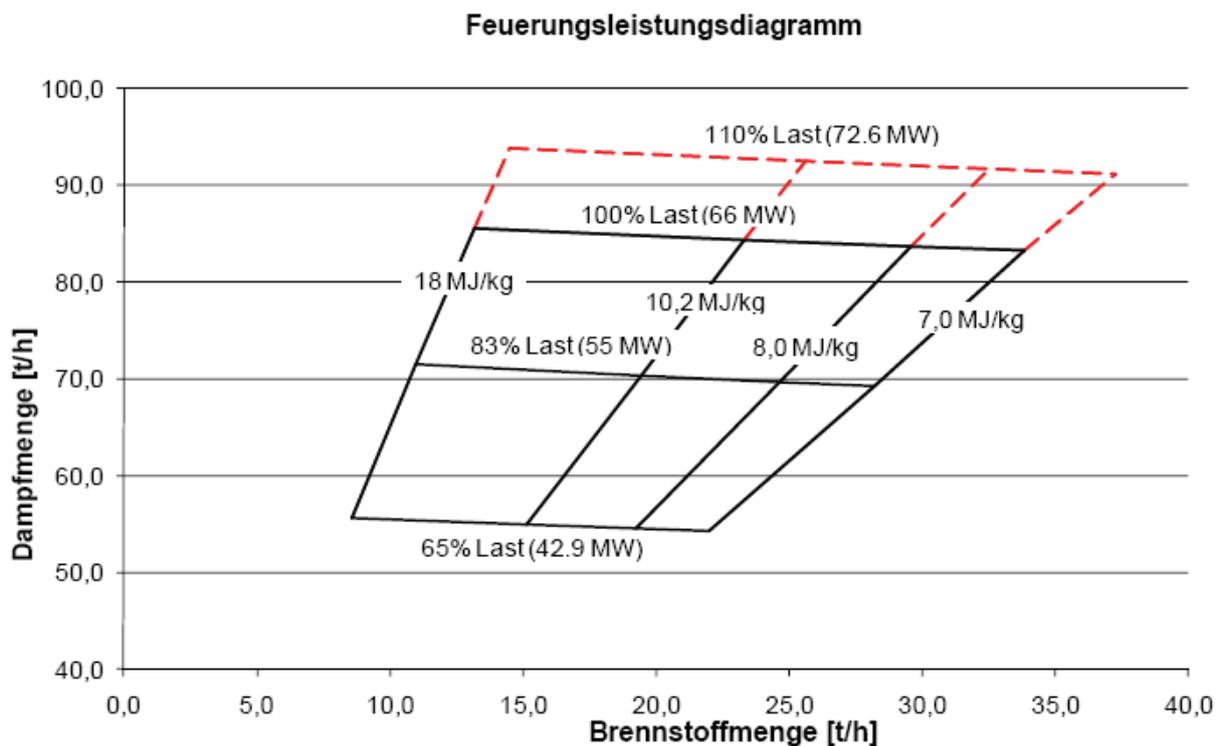
Das Reststoffheizkraftwerk Linz wurde auf folgende Hauptparameter ausgelegt:

### Dampferzeuger:

Max. Frischdampfdruck:	58 bar
Max. Frischdampfperatur:	450 °C
Max. Frischdampfmenge:	103 000 kg/h
Max. Feuerungsleistung	72,6 MW

### Feuerung:

Heizwertband:	7,0 – 18 MJ/kg
Frischlufmenge:	50 000 – 105 000 Nm <sup>3</sup> /h
Wirbelschichttemperatur.	550 – 800 °C [1]



**Abbildung 2: Feuerungsleistungsdiagramm, Strabag Energietechnik GmbH & Co KG [1]**

In Abbildung 2 ist die Dampfmenge über die Brennstoffmenge aufgetragen. Dabei werden die Dampfmenge durch die Auslegung des Kessels und der Brennstoffdurchsatz durch die Auslegung der Feuerung mit ihrer thermischen und mechanischen Belastbarkeit begrenzt. Mit diesen Parametern und dem Heizwert des Brennstoffes ergibt sich ein Wirkungsbereich der Feuerung.

---

## 2.2 Feuerung

### 2.2.1 Allgemeines

Die Aufgabe einer Feuerung besteht in der Wärmeerzeugung durch Verbrennung von Brennstoffen mit niedrigen Emissionen und hohem Wirkungsgrad. Im Falle des RHKW besteht der Brennstoff aus heizwertreichen Reststoffen und Klärschlamm. Bei der Abfallverbrennung kommen primär folgende Feuerungen zum Einsatz.

- Rostfeuerung
- Wirbelschichtfeuerung
  - stationär
  - zirkulierend
- Drehrohröfen

### 2.2.2 Stationäre Wirbelschicht

Im RHKW kommt eine im Kessel integrierte stationäre Wirbelschichtanlage zum Einsatz. Die Verbrennung via Wirbelschichtfeuerungen zählt zu den gängigsten Verfahren in der Reststoff- und Klärschlammverbrennung. Im RHKW Linz beträgt bei einem Brennstoffeinsatz von 25,6 t/h und einem Heizwert von 10,2 MJ/kg die maximale Brennstoffleistung 72,6 MW (siehe Abbildung 2). Das Anfahren der Wirbelschicht erfolgt mittels Gasbrenner, welche den Ofen auf Temperatur bringen [1].

Der Reststoff-Dampferzeuger wird mit folgenden Brennstoffen betrieben:

- **Erdgas:** dient zum Anfahren, Aufwärmen und Abfahren des Kessels und zur Erhöhung der Kesselleistung, sowie als Stützbrennstoff bei schlechter Brennstoffqualität.
- **Reststoffe:** sind der Hauptbrennstoff, welcher zunächst mittels Dosierbandwaagen gewogen und anschließend über Einblasschurren mit Rezirkulationsgas in den Kessel eingeblasen wird. Der Reststoff besteht aus Hausmüll, sortierten Gewerbeabfällen und aufbereitetem Hausmüll in fester Form.

- 
- **Klärschlamm:** Der Klärschlamm wird mit Lanzen über dem Wirbelbett eingebracht und mit ND-Dampf zerstäubt.
  - **Rechengut:** Das Rechengut wird ebenfalls mit ND-Dampf zerstäubt und mit dem Klärschlamm gemischt eingebracht.
  - **Abluft Klärschlamm-silo/-annahme und Rechengutannahme:** Die Abluft aus dem Klärschlamm-silo/-annahme wird der Frischluft beigemischt, um die Geruchsbelastung zu reduzieren.
  - **Abluft Reststoffsilo/-aufbereitung:** Die Abluft aus der Reststoffaufbereitungshalle wird abgesaugt und in das Kraftwerk geleitet, wo diese ebenfalls der Frischluft beigemischt wird [1].

Zudosierter Sand dient dabei als Bettmaterial für die Wirbelschicht. Durch den Sand erfolgt im fluidisierten Bett ein sehr intensiver Wärmeübergang. Primärluft wird über Verteilerrohre und Düsen von unten eingeblasen (siehe Abbildung 3) und somit das Bett turbulent gehalten. Um eine Temperaturregelung im Feuerraum vornehmen zu können, kommt eine gestufte Verbrennung zum Einsatz. Dabei wird Verbrennungsluft über verschiedene Ebenen in die stationäre Wirbelschicht eingebracht. Die Feuerungstemperatur ist abhängig von:

- Menge an Verbrennungsluft
- Luftvorwärmung
- Wärmeabgabe an den Verdampfer
- Brennstoffumsatz im Wirbelbett
- Menge an Rezirkulationsgas

wobei der Brennstoffumsatz von den Brennstoffeigenschaften, wie z.B.: Feuchte, Bestandteile, der vorherrschenden Temperatur und dem Luftüberschuss im Wirbelbett abhängt. Die Wärmeabgabe an den Verdampfer ist nur unwesentlich durch die Temperaturführung im Bett beeinflussbar. Um die Temperatur jedoch regeln zu können, wird eine gewisse Menge an Rauchgas nach dem Gewebefilter aus dem Rauchgasstrom entnommen und wieder in die Brennkammer zurückgeleitet. Somit kann über die Primär-, Sekundär- bzw. Tertiärluft und dem Rezirkulationsgas ein Temperaturprofil in der Brennkammer eingestellt werden. Um einen guten Ausbrand zu gewährleisten, müssen eine ausreichende Verweilzeit des Brennstoffes im Wirbelbett und eine Temperatur von über

---

850°C und eine hohe Turbulenz im Feuerraum gewährleistet sein. Vorteile der Wirbelschichtfeuerung sind hohe Wärmeübergänge und eine kompakte Bauweise [1].



**Abbildung 3: Düsenboden einer stationären Wirbelschicht** Strabag Energietechnik GmbH & Co KG [1]

---

## 2.3 Dampferzeuger

### 2.3.1 Allgemeines

Bei Dampferzeugern werden die Heizflächen von heißem Abgas berührt und nehmen die Wärme auf. Diese Wärme wird genutzt, um Wasser zu erhitzen bzw. zu verdampfen. In der konventionellen Kraftwerkstechnik kann man zwischen 3 großen Gruppen von Wasserrohrkessel unterscheiden

- Naturumlaufkessel
- Zwangumlaufkessel
- Zwangdurchlaufkessel

### 2.3.2 Naturumlaufkessel

Im RHKW ist ein Naturumlaufkessel installiert, wobei dieser aus einer Dampftrommel, beheizten Steigrohren und unbeheizten Fallrohren besteht. Dabei entsteht ein Dichteunterschied, welcher einen natürlichen Umlauf zur Folge hat. Abbildung 4 zeigt das vereinfachte Prinzip des Naturumlaufs.

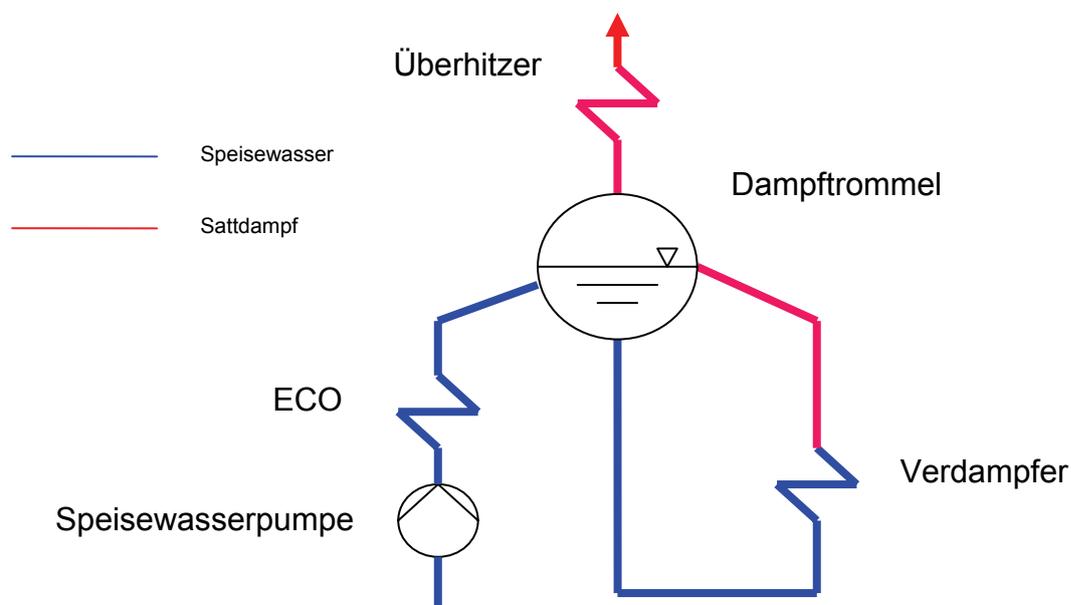
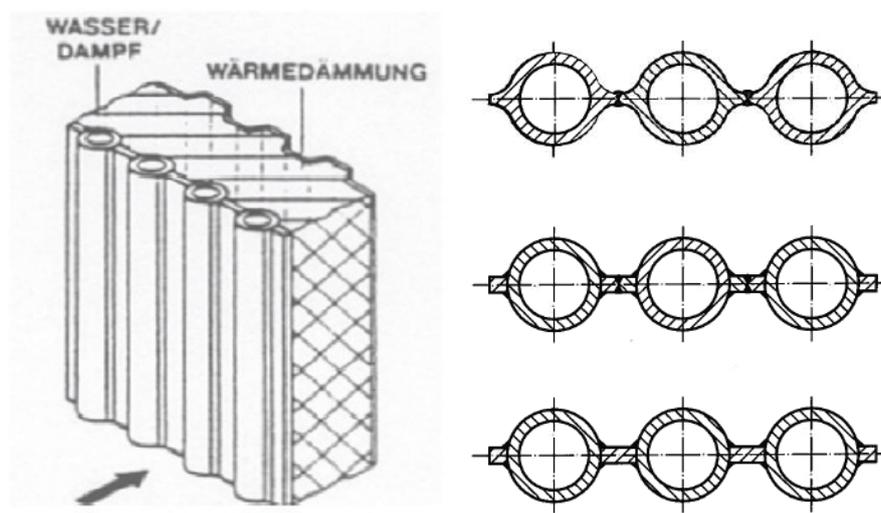


Abbildung 4: Naturumlauf Prinzip

Vorgewärmtes Speisewasser kommt in die Dampftrommel und von dort weiter in die Fallrohre. Durch die Wärmezufuhr des Rauchgases beginnt das Wasser zu verdampfen und es entsteht ein Flüssigkeits-Dampfgemisch. Dieses Gemisch wird in der Trommel getrennt, es ergibt sich gesättigter Dampf und Siedewasser. Der Sattdampf wird von der Trommel abgezogen und dem Überhitzer zugeführt. Das Siedewasser wird mit dem Speisewasser gemischt und wiederum in die Fallrohre geleitet, der Kreislauf schließt sich. Verglichen zu anderen angeführten Dampferzeugern besteht der Naturumlaufkessel durch den einfachen Aufbau und den geringeren Leistungsbedarf der Speisepumpe. Durch eine schlechte Speisewasserqualität kann eine Abschlämmung aus der Trommel notwendig sein, welche bei dieser Art des Dampferzeugers sehr gut realisierbar ist. Die Abschlämmung ist nötig, da sich die nicht dampfflüchtigen Bestandteile des Speisewassers in der Dampftrommel aufkonzentrieren könnten. Um dies zu vermeiden muss ständig ein gewisser Teilstrom aus der Trommel abgezogen werden. Der Naturumlauflauf ist durch den Trommeldruck mit ca. 180 bar begrenzt, da mit steigendem Druck der Dichteunterschied zwischen Dampf und Wasser geringer wird. Dieser Dichteunterschied hat wiederum direkten Einfluss auf den Wasserumlauf, welcher dadurch schlechter wird. Ein Nachteil ist die Abnahme der Frischdampf-temperatur bei Teillast. Eventuelle Zusatzfeuerungen können mittels Öl oder wie in Linz mit Gas durchgeführt werden. Die Brennkammer wird durch Flossenrohrwände begrenzt, welche rauchgasdicht verschweißt sind [2].



**Abbildung 5: Flossenwände (links) [7], (rechts) [2]**

Der Kessel besteht aus zwei vertikalen Zügen und einem Horizontalzug. In der Brennkammer, wo besonders hohe Wärmestromdichten übertragen werden, sind die Rohrwände mit einer feuerfesten Ausmauerung versehen. Die Flossenrohrwände (siehe Abbildung 5) sind als Verdampfer geschaltet, da zur Verdampfung die meiste Wärme benötigt wird.

---

### 2.3.3 Überhitzer

Der vom Verdampfer kommende Sattdampf wird durch den Überhitzer über den Verdampfungsendpunkt hinaus überhitzt. Die aufzubringende Überhitzungswärme ist abhängig von den gewünschten Frischdampftemperaturen. Prinzipiell können folgende Überhitzerbauarten unterschieden werden:

- Strahlungsüberhitzer
- Schottüberhitzer
- Konvektionsüberhitzer

Im RHKW sind vorwiegend Konvektionsüberhitzer eingesetzt. Die Überhitzerbündel werden zum Einen nach den zwei Vertikalzügen, in den Horizontalzug und zum Anderen nach den großen Zyklonabscheidern in den Rauchgasstrom eingehängt (siehe Abbildung 1). Für die Regelung der Frischdampftemperatur werden Einspritzkühler zwischen den Überhitzern verwendet. Dabei wird Speisewasser eingespritzt, wodurch der Frischdampf gekühlt wird [2].

### 2.3.4 Speisewasservorwärmung / ECO

Um das Rauchgas bestmöglich auszunutzen bzw. um die Rauchgastemperatur vor dem Gewebefilter zu regeln, ist ein Economiser geschaltet. Dieser besteht ebenfalls aus einem Rohrbündel, welches im Rauchgasstrom nach den Überhitzern angeordnet ist. Um den thermischen Wirkungsgrad zu verbessern und Korrosion im Kessel durch Taupunktunterschreitung zu verhindern, wird eine Speisewasservorwärmung vorgenommen. Im RHKW wurde diese Speisewasservorwärmung mittels eines Niederdruckvorwärmers realisiert. Dabei wird über eine Anzapfung Dampf aus der Turbine entnommen, und über einen Wärmetauscher geleitet, welcher das Hauptkondensat erwärmt.

---

## 2.4 Luftvorwärmung

Üblicherweise dient die Luftvorwärmung nur der Wirkungsgradsteigerung, da durch die vorgewärmte Luft weniger Brennstoff eingesetzt werden muss. Im Falle des RHKW wird jedoch die Sekundär- bzw. Tertiärluft mit Rezirkulationsgas gemischt. Um ein Auskondensieren dieses Rezirkulationsgases zu vermeiden, muss die Luft vorgewärmt werden.

## 2.5 Turbine

Im RHKW – Linz ist die Turbine als Entnahme – Kondensationsturbine ausgeführt. Dies bedeutet, dass an einer Entnahmestelle Dampf für den Fernwärmekondensator entnommen wird. Dabei kann man sich die Turbine als eine Serienschaltung einer Gegendruck und einer Kondensationsturbine vorstellen. Die Generatorleistung ergibt sich aus der Summe der abgegebenen Leistungen der Turbinenteile. Über Regelventile am Turbineneinlass und Regelventile zwischen dem Hochdruck- und Niederdruckteil wird die Leistung variiert bzw. darauf geachtet, dass die Entnahmeparameter immer konstant sind [8].

## 2.6 Rauchgasreinigung

### 2.6.1 Allgemeines

Das Rauchgas enthält eine Reihe von Schadstoffen, welche für die Umwelt schädlich sind. Es gibt eine Reihe von Maßnahmen, um die vorgegebenen Grenzwerte einzuhalten.

Die wichtigsten Schadstoffe sind dabei:

- Stickstoffoxide  $\text{NO}_x$
- Staub
- Schwefeldioxid  $\text{SO}_2$
- Chlorverbindungen
- Schwermetalle

### 2.6.2 Grobstaubabscheidung

Grobe Asche bzw. Staub wird im RHKW im Horizontalzug bzw. im Anschluss über vier große Zyclone abgeschieden. Dabei wird das Rauchgas tangential in die Zyclone eingeleitet.

---

Aufgrund der Fliehkraft werden grobe Staubpartikel an die Zyklonwand gedrückt und rutschen nach unten weg. Das Rauchgas wird in der Mitte des Zyklons durch ein Tauchrohr abgesaugt und weitergeleitet.

### 2.6.3 Gewebefilter

Staub besteht meist aus feinsten Partikeln, welche aus verbrannten Bestandteilen des Reststoffes gebildet werden. Rauchgas wird durch Filterschläuche angesaugt und dabei verfangen sich die Staubpartikel in den Filtermedien (meist Filz). In Abbildung 7 ist der in Linz eingesetzte Gewebefilter ersichtlich. Die Reinigung des Gewebefilters erfolgt mittels Druckstoßverfahrens. Dabei wird in einem vorgegebenen Zyklus ein starker Druckluftstoß in das Innere der Schläuche geleitet. Dadurch werden die Filterschläuche aufgebläht und der Staub fliegt nach außen weg (siehe Abbildung 6) [2].

Im Mischreaktor vor dem Gewebefilter werden Adsorbens und gegebenenfalls Kalkhydrat eingeblasen, um Dioxine, Furane, Chloride und im Speziellen Quecksilber am Gewebefilter abzuscheiden. Das Rauchgas besitzt in diesem Bereich der Anlage Temperaturen zwischen 170 – 190 °C [6].

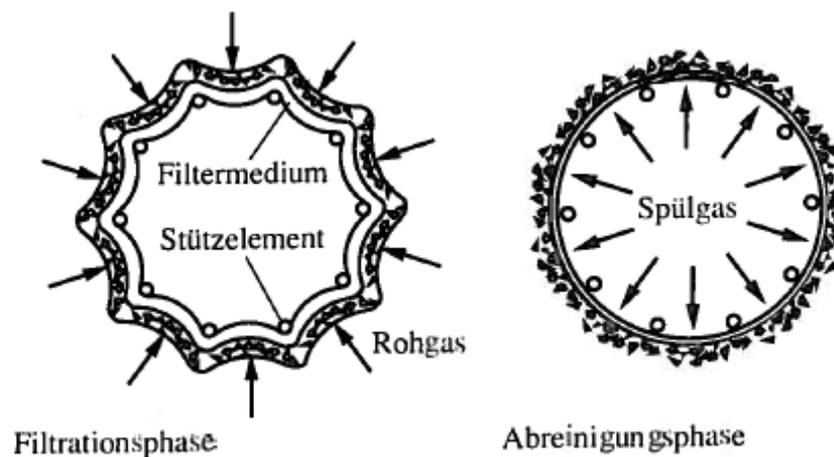
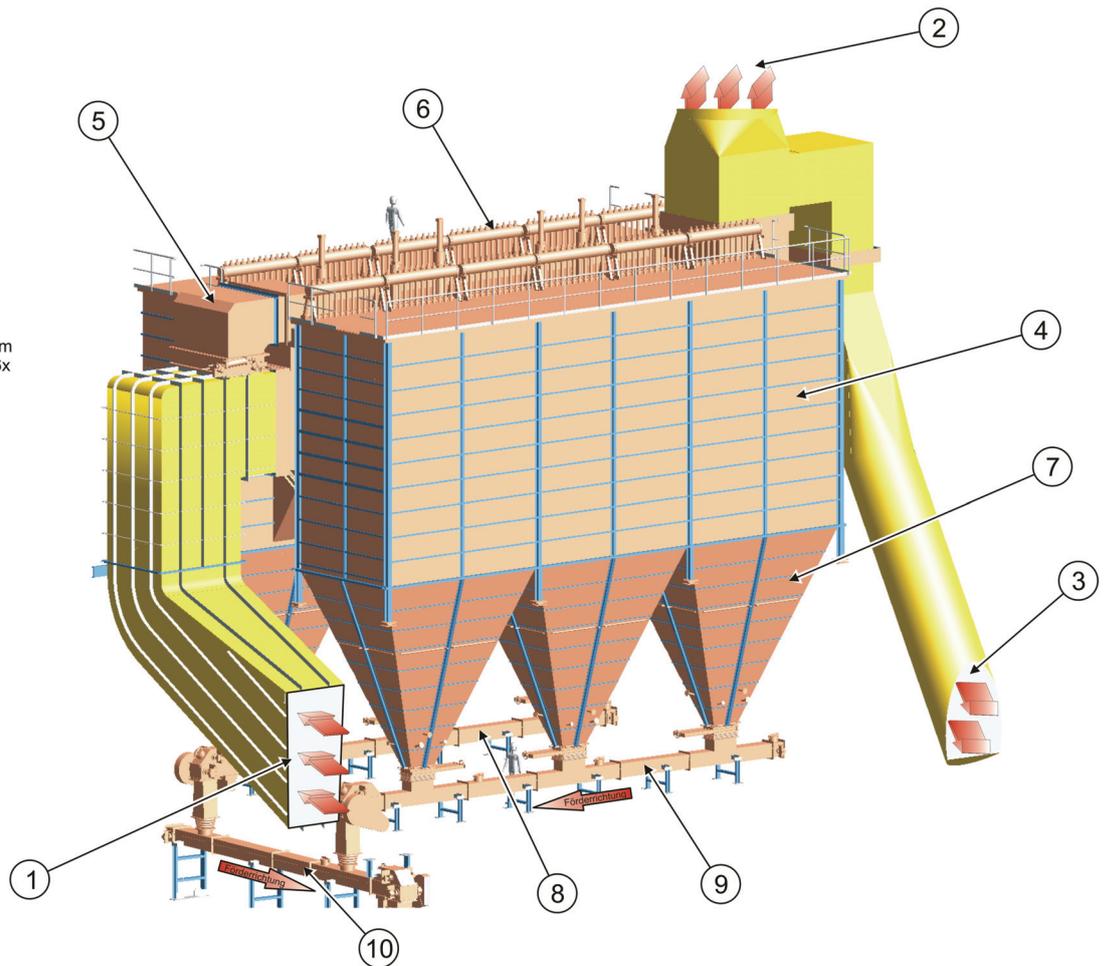


Abbildung 6: Filterschläuche des Gewebefilters [2]

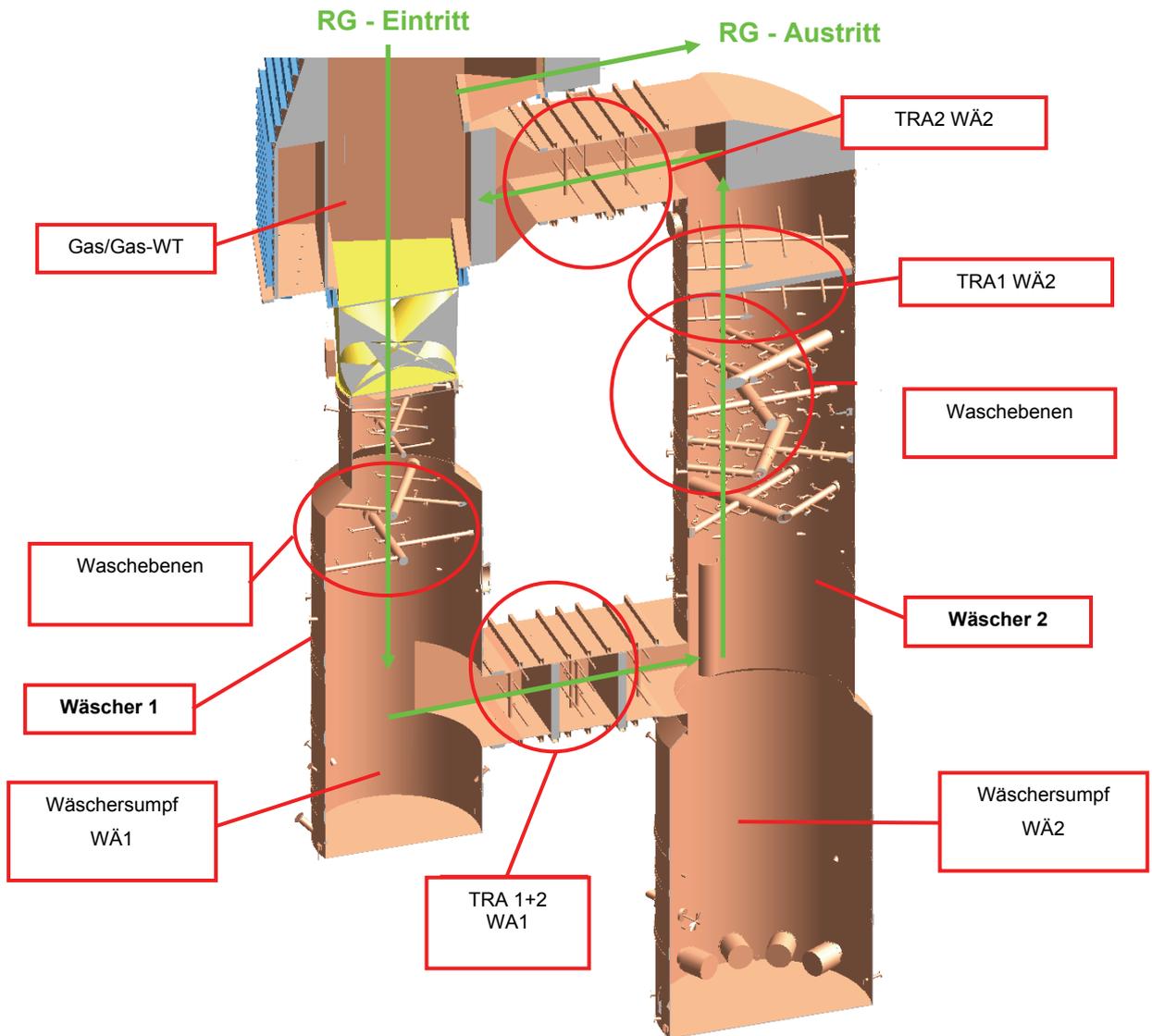
1. Gewebefiltereintrittskanal
2. Gewebefilteraustrittskanal
3. Rezirkulationsgasleitung
4. Gewebefilterkammer 6x
5. Bypasskanal Gewebefilter
6. Druckluftabreinigungssystem
7. Filterascheausstragskonus 6x
8. Trogkettenförderer 1
9. Trogkettenförderer 2
10. Trogkettenförderer 3



**Abbildung 7: Gewebefilter** Firma Integral Engineering und Umwelttechnik GmbH [6]

## 2.6.4 Rauchgaswäscher

Die nasse Rauchgasreinigung im RHKW Linz besteht aus zwei Stufen. Zum Abscheiden von Chlorwasserstoff (HCl), Fluorwasserstoff (HF) und Quecksilberverbindungen werden diese in der ersten Wäscherstufe vom sauren Waschwasser absorbiert. Mit Hilfe einer Kalksteinsuspension wird der pH-Wert in der ersten Stufe bei ca. 0,5 gehalten. Durch eine Quenche im Wäscher 1 (siehe Abbildung 8, Waschebene) wird das Rauchgas von der Eintrittstemperatur (im Normalbetrieb 105°C) auf Sättigungstemperatur (50-65°C) abgekühlt. Um ein konstantes Wasserniveau im Wäschersumpf einzuhalten, wird entweder frisches Betriebswasser oder Wäschersuspension eingedüst. Das so entstehende Abwasser wird der Abwasserbehandlung zugeführt. In der Stufe zwei wird SO<sub>2</sub> mit einer Suspension aus Gips und Kalkstein absorbiert. Diese Suspension wird eingedickt, entwässert und kann als Gips weiterverwendet werden. Der pH-Wert im Wäschersumpf 2 wird zwischen 5,5 und 6,5 geregelt [6].



**Abbildung 8: Nasse Rauchgasreinigung, Wäscher 1, Verbindungskanal mit Tropfenabscheider, Wäscher 2, Gas-Gas Wärmetauscher** Firma Integral Engineering und Umwelttechnik GmbH

Durch das Eindüsen des Washwassers, muss das Rauchgas nach dem Austritt aus dem Wäscher 2 wieder auf mindestens 120°C aufgeheizt werden. Dies geschieht im Gas – Gas Wärmetauscher, welcher sich direkt am Wäscher 1 befindet. Dabei wird dem Rauchgas vor dem Eintritt in den Wäscher 1 Wärme entzogen und an das Rauchgas am Austritt des Wäschers 2 abgegebenen.

---

### 2.6.5 DeNO<sub>x</sub>

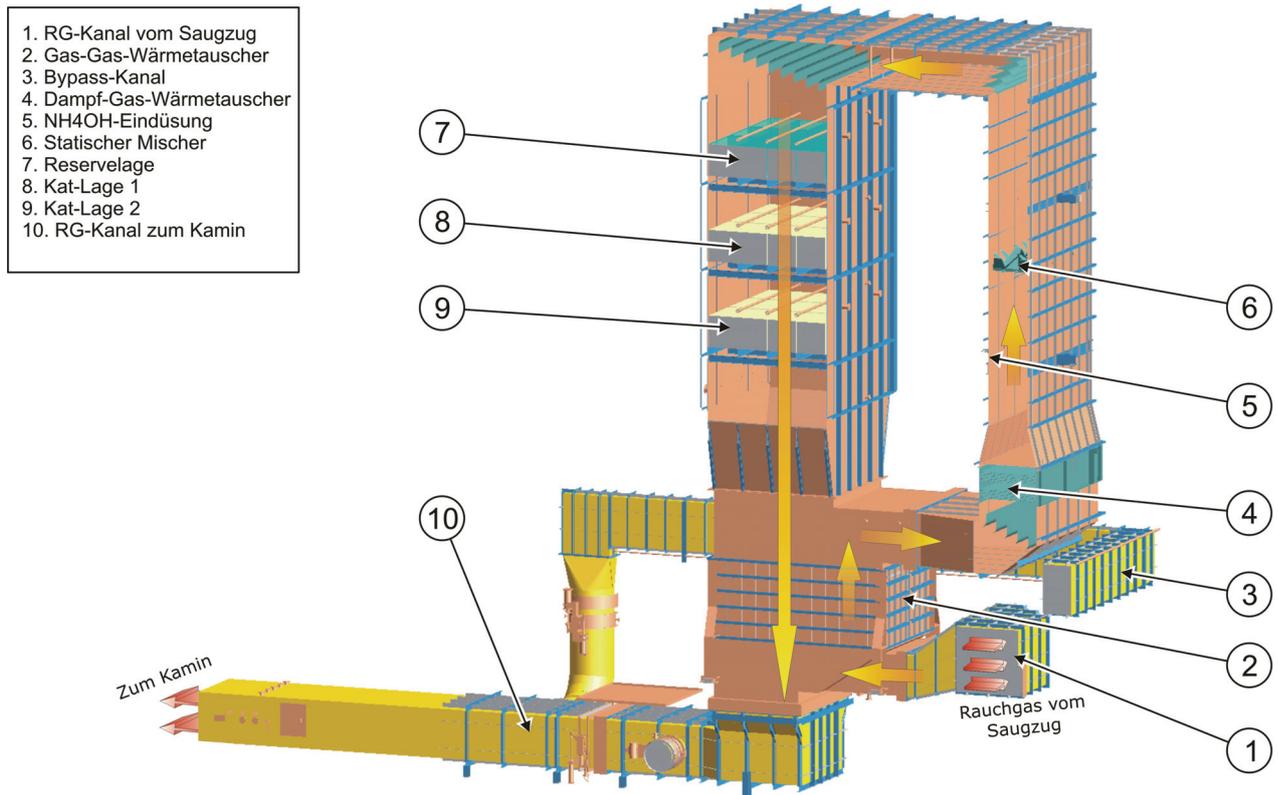
Prinzipiell kann man zwischen Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffoxiden unterscheiden.

Bei Primärmaßnahmen wird versucht, das Stickstoffoxid schon in der Entstehung zu verhindern. Dies kann z.B.: durch eine Optimierung der Feuerung erfolgen, um thermisches NO<sub>x</sub> zu vermeiden. Sekundärmaßnahmen haben zum Ziel, das auftretende NO<sub>x</sub> aus dem Rauchgasstrom abzuscheiden. Dabei haben sich zwei Verfahren durchgesetzt:

- SCR – Selective-Catalytic-Reduction
- SNCR – Selective-Non-Catalytic-Reduction

Im RHKW Linz wurde das SCR Verfahren in der so genannten „Tail-End“-Schaltung gewählt. Selective-Catalytic-Reduction ist ein katalytisches Reduktionsverfahren, welches die Stickstoffdioxide „selektiv“ reduziert. „Tail-End“ bedeutet, dass die DeNO<sub>x</sub> Anlage nach der Rauchgaswäsche platziert ist. Ein Vorteil der „Tail-End“ Schaltung ist, dass das Rauchgas vom Großteil der schädlichen Substanzen für den Katalysator befreit ist, und somit mechanische und chemische Schäden durch Erosion verringert werden. Zum Ablaufen der SCR- Reaktion benötigt man Ammoniak, welches dem Rauchgas beigemischt wird. Es entstehen Stickstoff N<sub>2</sub> und Wasser H<sub>2</sub>O.

In Abbildung 9 ist die in Linz eingesetzte DeNO<sub>x</sub> Anlage mit den Katalysatorlagen dargestellt. Da die Reaktion im Katalysator erst ab einer gewissen Temperatur abläuft, muss das Rauchgas beim Anfahren bzw. im Teillastbetrieb aufgeheizt werden. Dies geschieht über einen Dampf – Gas – Wärmetauscher, welcher Ebenfalls in Abbildung 9 ersichtlich ist. Dabei wird Satttdampf nach der Dampftrommel entnommen und über diesen Wärmetauscher geleitet. Um ein Auskondensieren des Rauchgases im Kamin zu vermeiden, wird ähnlich wie bei der Rauchgaswäsche, das Rauchgas am Austritt der DeNO<sub>x</sub> Anlage durch das Eintretende Rauchgas im Gas – Gas Wärmetauscher aufgeheizt.



**Abbildung 9: DeNOx Anlage des RHKW Linz** Firma Integral Engineering und Umwelttechnik GmbH

## 2.7 Kraft-Wärme-Kopplung

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung werden gleichzeitig elektrische Energie und nutzbare Wärme aus dem Brennstoff gewonnen. Die Kraft-Wärme-Kopplung zeichnet sich durch die große Effizienz aus. Zwar sinkt die elektrische Energiegewinnung durch das geringe Druckgefälle in der Turbine, der Gesamtnutzungsgrad steigt jedoch auf 60 – 90 %. Das RHKW Linz wurde als Entnahme – Kondensationsanlage realisiert. Es kann bis zu 40 MW Fernwärme ausgekoppelt werden. Dies entspricht einer Wärmeversorgung von ~ 11 000 Haushalten. Dafür wird Dampf aus der Dampfturbine entnommen und über einen Heizkondensator geleitet. Dieser ist in das Fernwärmenetz der Stadt Linz eingebunden und erwärmt somit den Rücklauf des Fernwärmenetzes.

---

## 3 Thermodynamische Modelle des RHKW

### 3.1 Allgemeines

Mit steigenden Computerrechenleistungen ist es möglich, immer bessere und genauere Berechnungstools in der Energietechnik zu entwickeln. Inzwischen gibt es eine Vielzahl an Programmen, die für Simulationen von Kraftwerken eingesetzt werden. Dabei gibt es jedoch unterschiedliche Ausrichtungen:

- Stationäre Simulation für die Auslegung von Komponenten (z.B.: Wärmeleistungen, Heizflächen etc.)
- Stationäre Simulation bei gegebenen Komponenten und Parameter (z.B.: bei gegebener Wärmeleistung)
- Instationäre Simulation bei gegebenen Komponenten zur Regelung und Steuerung
- Validierung und Monitoring bei gegebenen Komponenten

Bauteilhersteller beschränken sich meist auf die ersten drei Anwendungsfälle. Anlagenbetreiber wiederum wollen die verschiedensten Werte validieren [5].

### 3.2 IPSEpro Version 4.0

#### 3.2.1 Allgemeines

IPSEpro ist ein Software-Tool zur Prozesssimulation, welches von der Firma SimTech-Simulation Technology entwickelt wurde und in vielen Bereichen der Kraftwerkstechnik einsetzbar ist. Durch Verknüpfen von Apparatemodellen mit Stoff- bzw. Energieströmen können auf einer grafischen Oberfläche Prozesse abgebildet und mathematisch beschrieben werden. Das Programm besteht aus verschiedenen Bibliotheken, welche für unterschiedliche Aufgaben entwickelt wurden. Hier seien die Kraftwerksbibliothek oder die Rauchgasreinigungsbibliothek angeführt. Mittels IPSEpro MDK können neue Apparatemodelle erstellt werden [4].

Im Zuge dieser Diplomarbeit wurde ausschließlich IPSEpro Version 4.0 mit der Kraftwerksbibliothek „App\_Lib“ verwendet. Das Programm wird bei der Linz Strom GmbH erfolgreich eingesetzt, um diverse Betriebspunkte und Optimierungen zu berechnen. So wurden unter anderem das Biomassekraftwerk und die zwei GuD Anlagen am Standort Linz-Mitte erfolgreich in IPSEpro modelliert.

---

### 3.2.2 Kraftwerksbibliothek „App\_Lib“

Die Kraftwerksbibliothek „Advanced Power Plant Library“ kurz App\_Lib ist eine Bibliothek von IPSEpro, welche es ermöglicht, konventionelle Kraftwerksprozesse, Gas- und Dampfprozesse sowie Kraftwärmekopplungen in einer einfachen Art und Weise zu modellieren. Dafür stehen vordefinierte Apparate wie Wärmetauscher, Turbinen, Pumpen, Verdichter, Dampftrommel, Kondensatoren und dergleichen zur Verfügung. Als Stoffströme stehen chemische Komponenten wie Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasserstoff, Wasser, Stickstoff, Sauerstoff usw. zur Verfügung. Weiters besteht die Möglichkeit, Brennstoffe über eine Elementaranalyse zu definieren. Somit eignet sich dieses Tool ideal zur Simulation von Abfallverbrennungsanlagen mit gekoppelter Strom- und Wärmeübertragung [4].

### 3.3 Von der Realität zum IPSEpro Modell

Kraftwerke sind sehr komplexe Anlagen, welche aus einer Vielzahl von Komponenten, Apparaten und Armaturen bestehen. Um ein sinnvolles Simulationsmodell zu erhalten, muss überlegt werden, welche Apparate dargestellt bzw. benötigt werden. Die Modelle sollten sich auf die wesentlichen Einflussfaktoren beziehungsweise Einrichtungen beschränken, um die Übersichtlichkeit zu bewahren. Die Schwierigkeit besteht jedoch darin, dennoch möglichst genaue und realitätsnahe Werte zu erhalten. So wurde zunächst entschieden, welche Teilbereiche des Reststoffheizkraftwerkes dargestellt bzw. simuliert werden sollen. Dabei wurden für diese Arbeit folgende Teilbereiche festgelegt.

- Brennkammer
- Bilanzierung des Rauchgases von der Brennkammer bis zum Kamin
- Verdampfer - Überhitzerschaltung
- Wasser-Dampfkreislauf

Im nächsten Schritt wurde anhand der Verfahrensschema (P&IDs) entschieden, welche Apparate maßgeblichen Einfluss auf den Kraftwerksprozess haben. Da die Linz Strom GmbH keine Lizenz für das IPSEpro MDK Modul besitzt, musste mit den Apparaten aus der „App\_Lib“ gearbeitet werden. Dies hatte zur Folge dass die Bereiche Brennkammer und Rauchgasreinigung nur sehr stark vereinfacht dargestellt werden konnten. Somit lag das Hauptaugenmerk der Arbeit auf dem Wasser – Dampfkreislauf und der Verdampfer - Überhitzerschaltung. Weiters war während des Zeitraums der Diplomarbeit ein Umbau nötig. Dabei wurde ein Überhitzerbündel zu einer zusätzlichen Economiser- Stufe umfunktioniert.

Es sei hier noch kurz der „Composition Stream“ erklärt. Mit dem „Composition Stream“ können die einzelnen Bestandteile eines Mediums vorgegeben, oder die Zusammensetzung errechnet werden, wenn mehrere „Streams“ mit Unterschiedlichen Bestandteilen gemischt werden. In Abbildung 10 wurden z.B. für die Verbrennungsluft alle Parameter unter „Edit global Object“ auf „Estimate“ gesetzt, sprich sie werden berechnet, da sich die Zusammensetzung aus den vorgegebenen Massenströme von Frischluft, Falschluff und Rezirkulationsgas ergibt.

Species	Value	Unit	Control	Update
WATER	0.	kg/kg	estimate	update
AR	0.	kg/kg	estimate	update
C2H6	0.	kg/kg	estimate	update
C3H8	0.	kg/kg	estimate	update
CH4	0.	kg/kg	estimate	update
CO	0.	kg/kg	estimate	update
CO2	5.8672e-002	kg/kg	estimate	update
H2	0.	kg/kg	estimate	update
H2O	4.605e-002	kg/kg	estimate	update
H2S	0.	kg/kg	estimate	update
N2	0.72326	kg/kg	estimate	update
O2	0.17173	kg/kg	estimate	update
SO2	2.8759e-004	kg/kg	estimate	update

**Abbildung 10: Einstellungen für den „Composition Stream“ der Verbrennungsluft**

Aus Gründen der Übersicht wurde in den Modellen mit so genannten „free equations“ gearbeitet. Dabei können Parameter durch Verknüpfungen bzw. Gleichungen für die einzelnen Streams, Quellen und Senken vorgeben werden. In den nächsten Kapiteln sind jeweils die verwendeten „free equations“ in Abbildungen dargestellt.

In den nächsten Punkten werden die einzelnen Modelle Schritt für Schritt dargestellt und besprochen, wobei auf die einzelnen Vereinfachungen beziehungsweise Annahmen eingegangen wird. Zur Demonstration dient dabei Lastfall 6. Betriebsdaten für diesen Lastfall sind dem Kapitel 4.2.6 zu entnehmen. Zur besseren Orientierung ist auf der kommenden Seite ein Übersichtsbild dargestellt, indem die einzelnen Anlagenbereiche und deren Kapitelnummer ersichtlich sind.

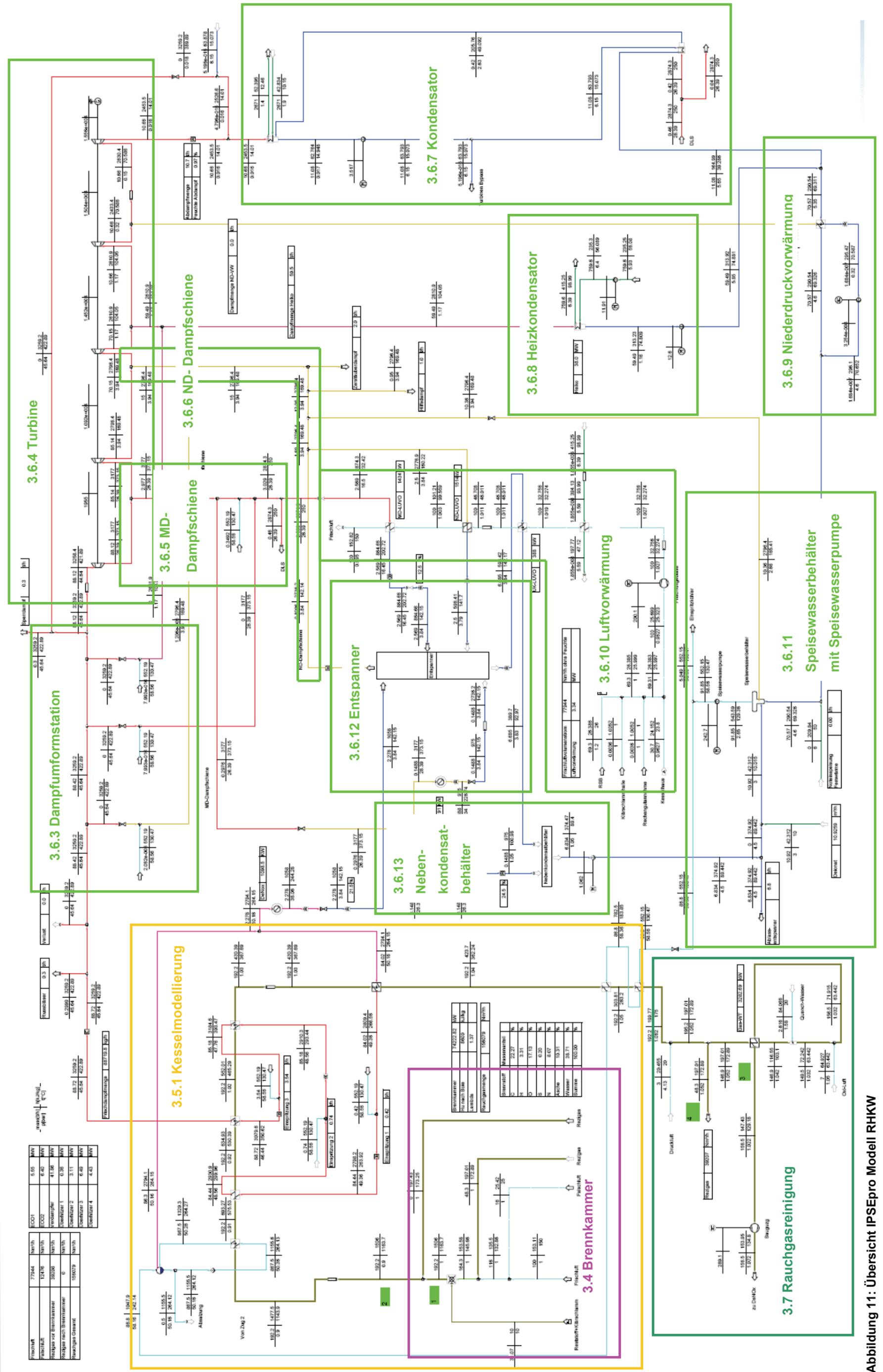


Abbildung 11: Übersicht IPSEpro Modell RHKW

## 3.4 Brennkammer

### 3.4.1 IPSEpro Modell Brennkammer

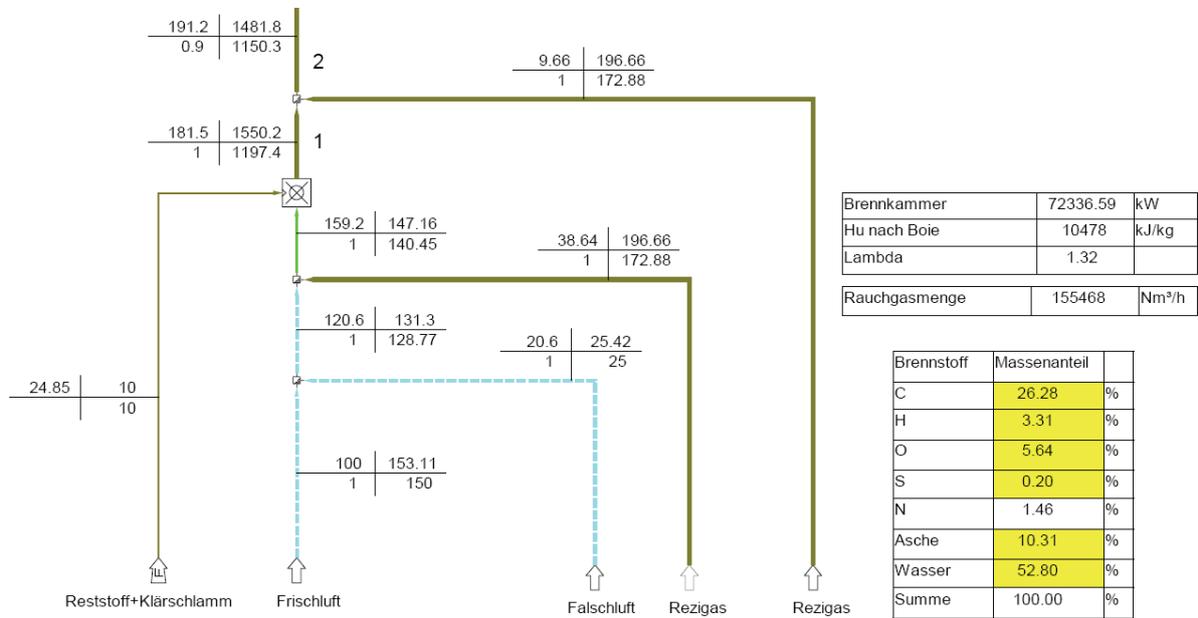


Abbildung 12: Brennkammermodell IPSEpro

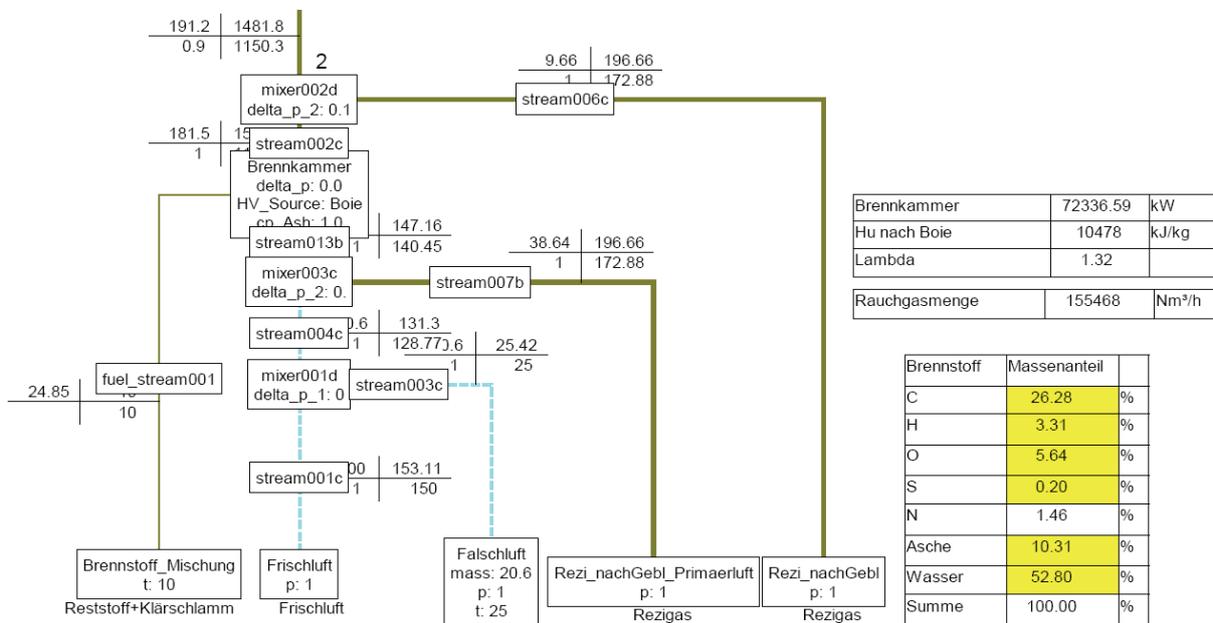


Abbildung 13: Brennkammermodell mit Settings und Bezeichnungen

---

### **3.4.2 Vereinfachungen / Annahmen**

Im Realfall erfolgt die Verbrennung, wie schon erwähnt, mittels gestufter Verbrennung über eine Sekundär- und Tertiärluftebene. Dies bedeutet, dass ein großer Teil des Verbrennungsprozesses in den Nachbrennkammern stattfindet und somit die Feuerraumtemperaturen auf den einzelnen Ebenen niedrig gehalten werden. Die Brennkammer ist, wie schon beschrieben, von Flossenrohrwänden umgeben, welche Wärme aus dem Feuerraum abführen. Aufgrund dieser Tatsachen kann im IPSEpro nur die theoretische adiabate Feuerraumtemperatur berechnet werden.

In Wirklichkeit ist die Feuerraumtemperatur deutlich niedriger zwischen 800 – 1000 °C. Die Modellierung eignet sich jedoch gut für die Bestimmung des Rauchgasmassenstroms und einer Abschätzung der Feuerraumtemperatur.

Die Falschlufft ist jene Luft, welche durch Undichtigkeiten in den Brennraum gelangt und kann über den „Stream“ Falschluff eingestellt werden. In den berechneten Lastpunkten wird immer von einer Falschlufftemperatur von 25 °C und einem Druck von 1 bar ausgegangen. Für die Brennstofftemperatur wurde immer eine Temperatur von 10 °C gewählt. Für die Verluste in den Mixern, wurde standardmäßig 0.1 bar angenommen, diese können als Rohrverluste interpretiert werden.

Für das Biomassekraftwerk, welches sich ebenfalls am Standort Linz – Mitte befindet, wurde für die Anlagensimulation ein eigenes Brennkammermodell von der Linz Strom GmbH programmiert. Im Zuge der Diplomarbeit sollte überprüft werden, ob dieses Modell auch für das RHKW Linz eingesetzt werden soll. Es zeigte sich jedoch, dass das entwickelte Brennkammermodell für das RHKW (siehe Abbildung 12) ausreichend war und somit das Modell der Biomasseanlage nicht zum Einsatz kam.

### **3.4.3 Primärluft, Falschluff, Rezirkulationsgas**

Wie schon im Kapitel 2 beschrieben ist die Feuerung als stationäre Wirbelschicht ausgeführt. Die Betttemperaturregelung in der Brennkammer erfolgt über den zur Verfügung stehenden Sauerstoff, welcher über das Luft/ Rezirkulationsgasverhältnis variiert werden kann. Die vorgewärmte Frischluft (siehe Kapitel 3.6.9) wird mit dem Rezirkulationsgas vorgemischt und im Boostergebläse, welches nicht dargestellt ist, zusätzlich verdichtet. Somit werden der Frischluft-, Falschluff- und Rezirkulationsgasmassenstrom vorgegeben.

```
#####Rezirkulationsgas#####  
eq130: Rezigas_vorGebL.t = Rezi_nachGebL_Primaerluft.t;  
eq131: Rezigas_vorGebL.t = Rezi_nachGebL.t;  
eq132: Rezi_nachGebL_Primaerluft.mass = Rezigas_vorGebL.mass*0.8;  
eq133: Rezi_nachGebL.mass = Rezigas_vorGebL.mass*0.2;  
#####Verbrennungsluft#####  
eq140: Verbrennungsluft.mass = Frischluft.mass;  
eq141: Verbrennungsluft.t = Frischluft.t;
```

**Abbildung 14: Free Equations für die Brennkammer**

Im Modell wurde eine Aufteilung des Rezirkulationsgases von 80 % vor der Brennkammer und 20 % nach der Brennkammer getroffen (siehe Abbildung 14: eq132, eq133). Für das Gemisch Frischluft-, Falschlufft und Rezirkulationsgas wurde ein eigener „Composition Stream“ angelegt (in Abbildung 12 grün vor Brennkammer). Mit eq130, eq131 wurde eingestellt, dass die Rezirkulationsgastemperatur bei der Brennkammer gleich der Temperatur bei der Rezirkulationsgasentnahme ist. Weiters wurden die Parameter der Verbrennungsluft über eq140 und eq141 gleich den Parametern der Luft nach der Luftvorwärmung gesetzt.

#### **3.4.4 Brennstoff**

Da die Heizwertbestimmung von Reststoffen sehr schwierig ist, hat man sich darauf geeinigt die Zusammensetzung des Reststoff- Klärschlammgemisch mittels Elementaranalyse vorzugeben. Dafür wird eine „fuel\_composition“ unter den „Global Objects“ definiert. Dort können die einzelnen Massenanteile der Elemente vorgegeben werden. Da die Elementaranalyse jedoch nicht gegeben war, wurden nicht alle Elemente definiert (siehe Abbildung 15). In den verschiedenen Lastfällen wurden jeweils die Massenanteile von H, N, S und die der Asche vorgegeben. Mittels der Vorgabe des Heizwerts bei der Brennkammer und des Brennstoffmassenstroms ergibt sich die Zusammensetzung der restlichen Elemente des Brennstoffs. Dies entspricht zwar nicht ganz der Realität, da die Zusammensetzung des Brennstoffs in verschiedensten Kombinationen möglich ist, um auf den gewünschten Heizwert zu kommen, aber es ist eine elegante Möglichkeit, mit dem tatsächlichen Heizwert bzw. Brennstoffmassenstrom zu rechnen. Bei dem Apparat Brennkammer wurden noch die spezifische Wärmekapazität der Asche und ein Druckverlust eingestellt.

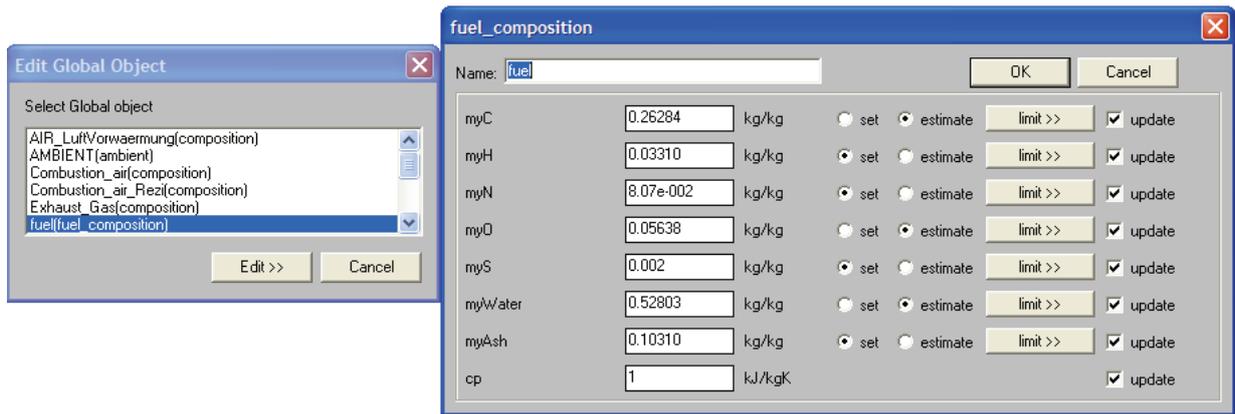


Abbildung 15: Composition - Vorgabe des Brennstoffes mittels Elementaranalyse

Eine weitere Möglichkeit die Brennkammer zu regeln besteht darin, den Sauerstoffanteil im Brennstoff vorzugeben und den Falschluffmassenstrom als Parameter freizugeben (siehe Abbildung 16). Somit errechnet sich das Modell den Falschluffmassenstrom der bei gegebener Primärluftmenge nötig ist, um auf den Vorgabewert von 3,5 % Restsauerstoffgehalt im Rauchgas zu kommen.

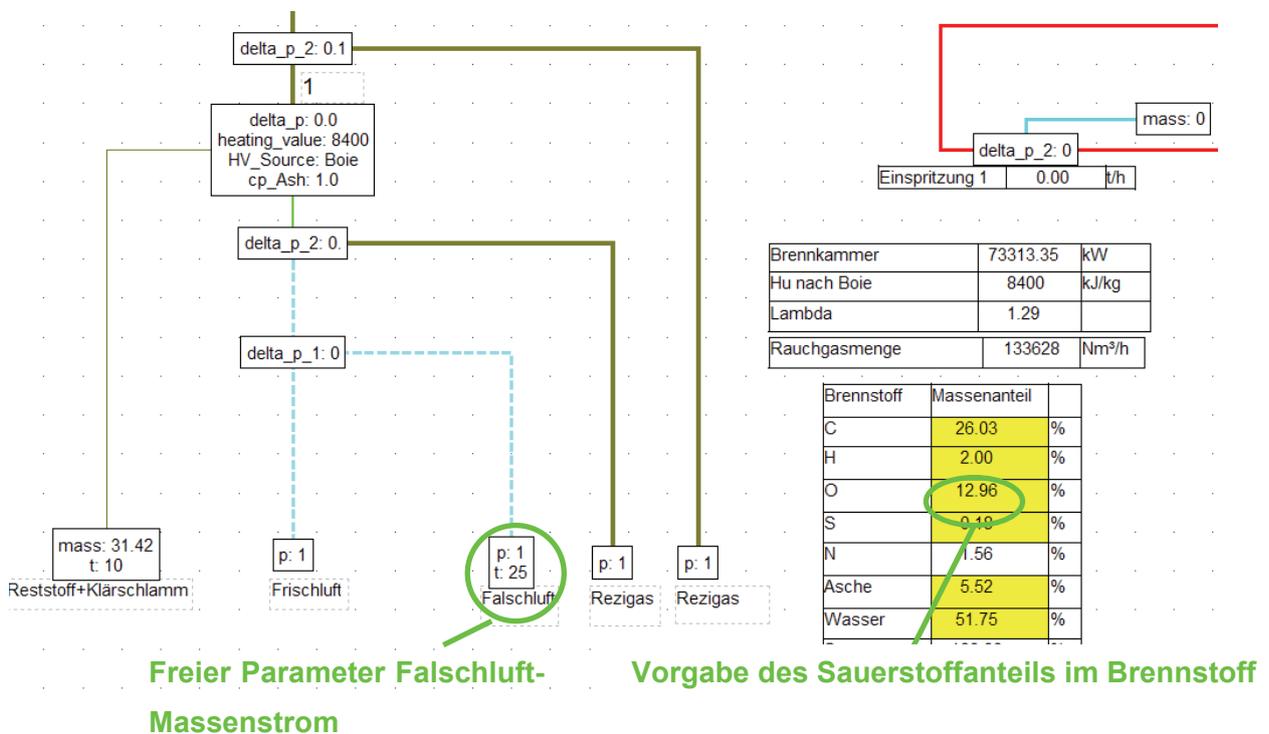


Abbildung 16: Weitere Einstellmöglichkeit für die Brennkammer

### 3.4.5 Rauchgas

Wie schon unter 3.4.4 beschrieben, wird eine Vorgabe eines gewissen Sauerstoffgehalts im Rauchgas gemacht. Dafür wurde wiederum ein „Composition\_Stream“ vorgegeben, in dem alle Anteile bis auf das O<sub>2</sub> auf „estimate“ gesetzt wurden.

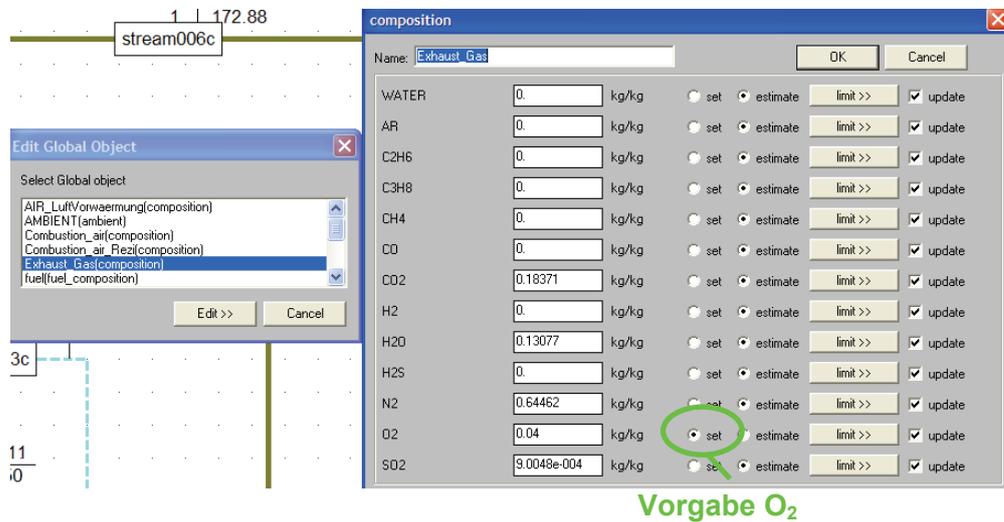


Abbildung 17: Vorgabe des O<sub>2</sub> Gehalts im Rauchgas

Um den zweiten Rezirkulationsgaszweig zu realisieren, der nach der Brennkammer eingebunden ist, wurde ein weitere „Composition Stream“ angelegt. Hierbei werden alle Bestandteile auf „estimate“ gesetzt, da sich die Zusammensetzung aus dem Rezirkulationsgas und dem Rauchgas aus der Brennkammer ergibt.

## 3.5 Kesselmodellierung

### 3.5.1 IPSEpro Modell – Kessel

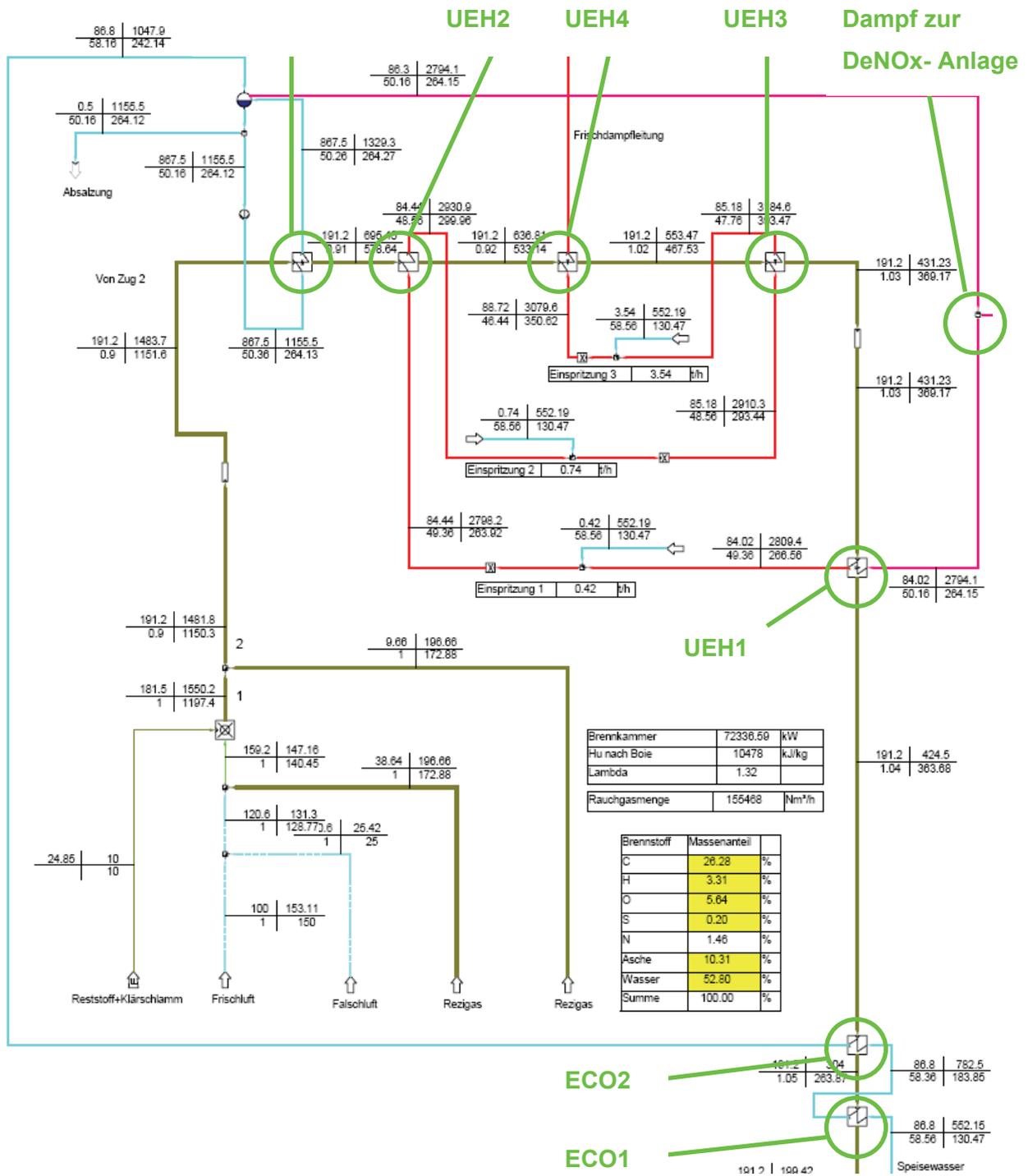


Abbildung 18: Verdampfer - Überhitzerschaltung IPSEpro

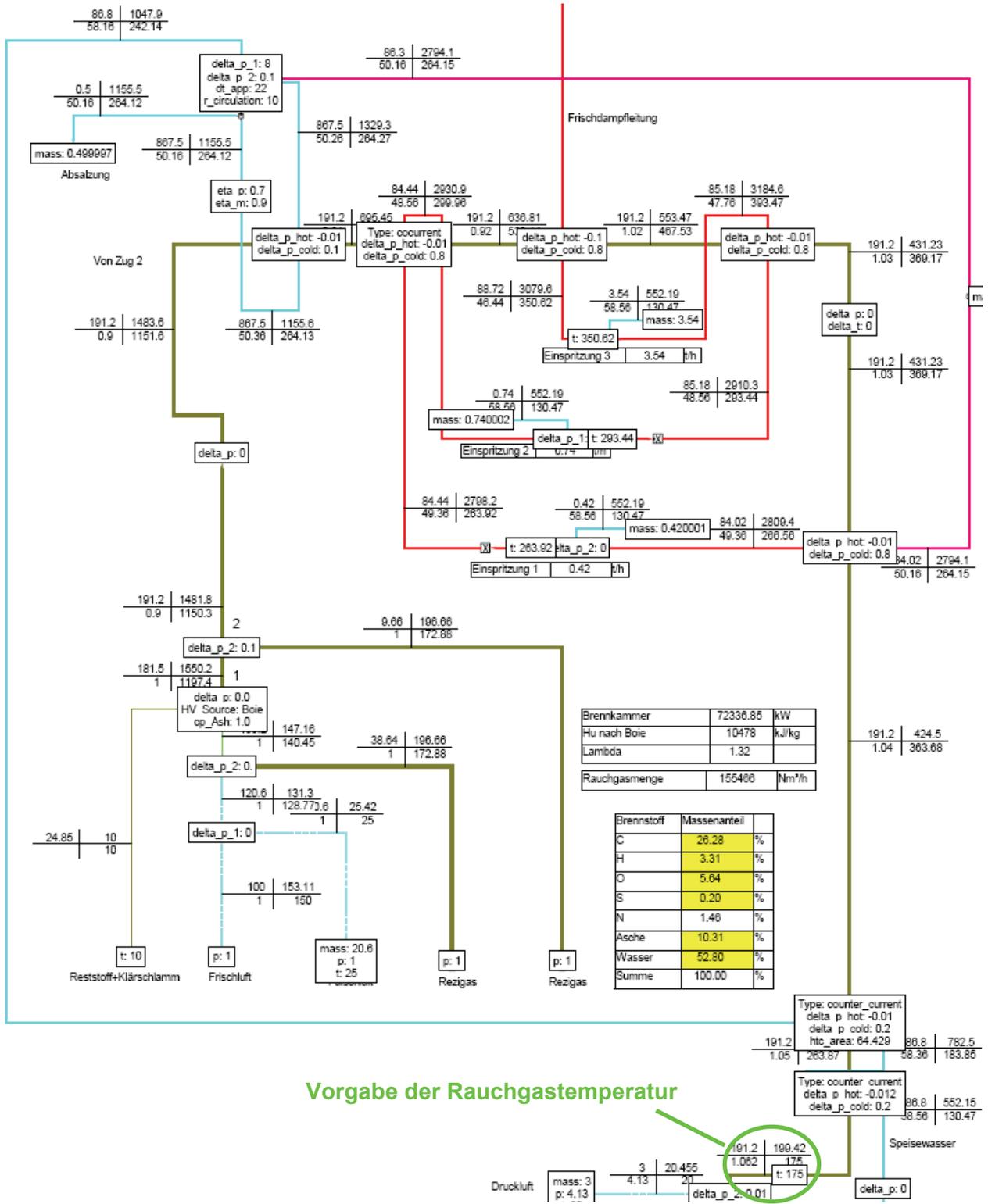


Abbildung 19: Verdampfer - Überhitzerschaltung mit Settings

---

### 3.5.2 Vereinfachungen / Annahmen

Prinzipiell wurde das Verdampfer - Überhitzer- Modell über die Wasser - Dampfparameter eingestellt. Dies war nötig, da die gemessenen Rauchgastemperaturen sehr stark schwanken und somit nur bedingt zum Vergleich herangezogen werden konnten. Die Dampfparameter können jedoch sehr gut und genau gemessen werden.

Das Reststoffheizkraftwerk wurde, wie schon in Kapitel 2.3.2 beschreiben, mit einem Naturumlaufkessel ausgeführt. Dabei sind die Brennkammer, Zug 2 und der Horizontalzug als Flossenrohrwände ausgeführt, welche als Verdampferfläche dienen. Somit wird kontinuierlich dem Rauchgas über den Kessel Wärme entzogen. Da dies jedoch sehr schwer zu modellieren ist, wurde ein Wärmetauscher stellvertretend für die gesamte Verdampferfläche im Naturumlau dargestellt (siehe Abbildung 18). Im IPSEpro ist aufgrund eines zu definierenden Druckverlustes kein reiner Naturumlau darstellbar. Darum muss eine Pumpe mit eingebaut werden, welche in Wirklichkeit jedoch nicht vorhanden ist (siehe Kapitel 2.3.2)

Während der Diplomarbeit wurde der ehemalige Überhitzer 1 zu einem Economiser 2 umgebaut (siehe Abbildung 18 ECO2). Es wurde für beide Varianten ein Modell angefertigt und gerechnet.

### 3.5.3 Dampftrommel – Verdampfer

Bei der Dampftrommel wurde die Zirkulationszahl, welche das Verhältnis von zirkulierendem Wasser in den Fall- und Steigrohren und dem abgezogenen Sattedampf darstellt, definiert. Bei Naturumlaukessel kann man von einer Zirkulationszahl von ungefähr 10 ausgehen. Weiters wurde wie in Abbildung 19 ersichtlich eine „dt\_app“ vorgegeben. Darunter versteht man die Temperaturdifferenz, mit der das Speisewasser unterhalb der Siedewassertemperatur in die Dampftrommel eintritt. Weiters werden ein Druckverlust im Naturumlau (siehe Abbildung 19, delta\_p2) und ein Druckverlust zwischen Speisewassereintritt und Sattedampfaustritt (siehe Abbildung 19, delta\_p1) vorgeben. Im Wert „delta\_p1“ sind die zu überwindende Höhendifferenz zwischen Speisewasserpumpe und Dampftrommel von 38 Metern und Armaturverluste zusammengefasst. Es ergibt sich eine berechnete Rauchgastemperatur welche nötig ist um die geforderten Parameter einzuhalten. Weiters muss noch ein Druckverlust des Wärmetauschers sowohl rauchgasseitig als auch wasserseitig vorgegeben werden. Die Absalzung wird als Siedewasser aus dem Naturumlau entnommen, wobei nur der Massenstrom vorgegeben werden muss (siehe Abbildung 19). Der Dampf – Gas Wärmetauscher der DeNOx- Anlage wird mit Sattedampf gespeist, welcher

---

aus der Sattedampfleitung vor dem Überhitzer 1 entnommen wird (siehe Abbildung 18 und 21). Vorgabewert ist dabei nur der entnommene Massenstrom.

### **3.5.4 Economiser ( ECO )**

Beim Economiser 1 sind die Eintrittswerte des Speisewassers über die Temperaturen im Speisewasserbehälter und dem Druck nach der Speisewasserpumpe vorgegeben. Die Austrittstemperatur des Speisewassers beim Economiser 2 ist über die „dt\_app“ Temperatur der Dampftrömmel vorgegeben. Die Rauchgastemperaturen werden durch zwei Vorgaben definiert. Vorgabe eins ist der „htc\_area“ Parameter beim ECO 2. Unter „htc\_area“ versteht man eine Wärmetauscherleistungskennzahl, welche sich aus dem Produkt des Wärmeübertragungskoeffizienten und der Wärmetauscherfläche zusammensetzt. Mit diesem Koeffizienten können eventuelle Verschmutzungen sehr gut berücksichtigt werden. Vorgabe zwei ist die Rauchgastemperatur nach dem ECO 1.

### **3.5.5 Überhitzer**

Das Reststoffheizkraftwerk besitzt vier Überhitzer, welche alle als Konvektionsüberhitzer ausgeführt sind. Dabei wird der Sattedampf aus der Dampftrömmel abgezogen und in den ersten Überhitzer geleitet. Überhitzer 1 befindet sich vor dem Economiser 2 und wird im Gegenstrom vom Dampf durchströmt. Anschließend wird der Dampf auf eine vorgegebene Temperatur mit Hilfe des Einspritzkühlers 1, in dem Speisewasser mit ca. 45 bar und 130 °C in den Dampfstrom eingebracht wird, gekühlt (siehe Abbildung 19). Der Dampf kommt in den Überhitzer 2, welcher im Gleichstrom durchströmt wird. Die Gleichstromschaltung dient dazu, die Wandtemperaturen niedrig zu halten, da dieser Überhitzer im Bereich hoher Rauchgastemperaturen von ca. 600 °C hängt. Der Einspritzkühler 2 stellt erneut eine vorgegebene Temperatur ein, bevor der Dampf in den Überhitzer 3 gelangt, welcher wieder als Gegenstromwärmetauscher geschaltet ist. Einspritzkühler 3 regelt erneut die Temperatur. Überhitzer 4, wiederum ein Gegenstromwärmetauscher, stellt die Frischdampf Temperatur ein, welche konstant bei 420 °C und 45 bar liegt. Die Dampf Temperatur nach dem jeweiligen Einspritzkühler, sowie die Frischdampfparameter sind Vorgabewerte und Ausgangssituation jeder Simulation. Eingespritzt wird Speisewasser mit dem Speisewasserdruck und der Speisewassertemperatur welche wiederum über „Free Equations“ (siehe Abbildung 20) definiert sind. Der „Injector\_Wasser\_Austritt“ ist der Strang, aus dem das Speisewasser für die Einspritzkühler entnommen wird (siehe Abbildung 41). Nun muss nur noch die Einspritzmenge vorgegeben werden, welche durch Einspritzmengenmessungen sehr gut erfasst werden kann. Möchte man die Einspritzmenge jedoch errechnen beziehungsweise eventuelle Verschmutzungen des Wärmetauschers mit einbeziehen, muss man die Einspritzmenge als Parameter freigeben und entweder

---

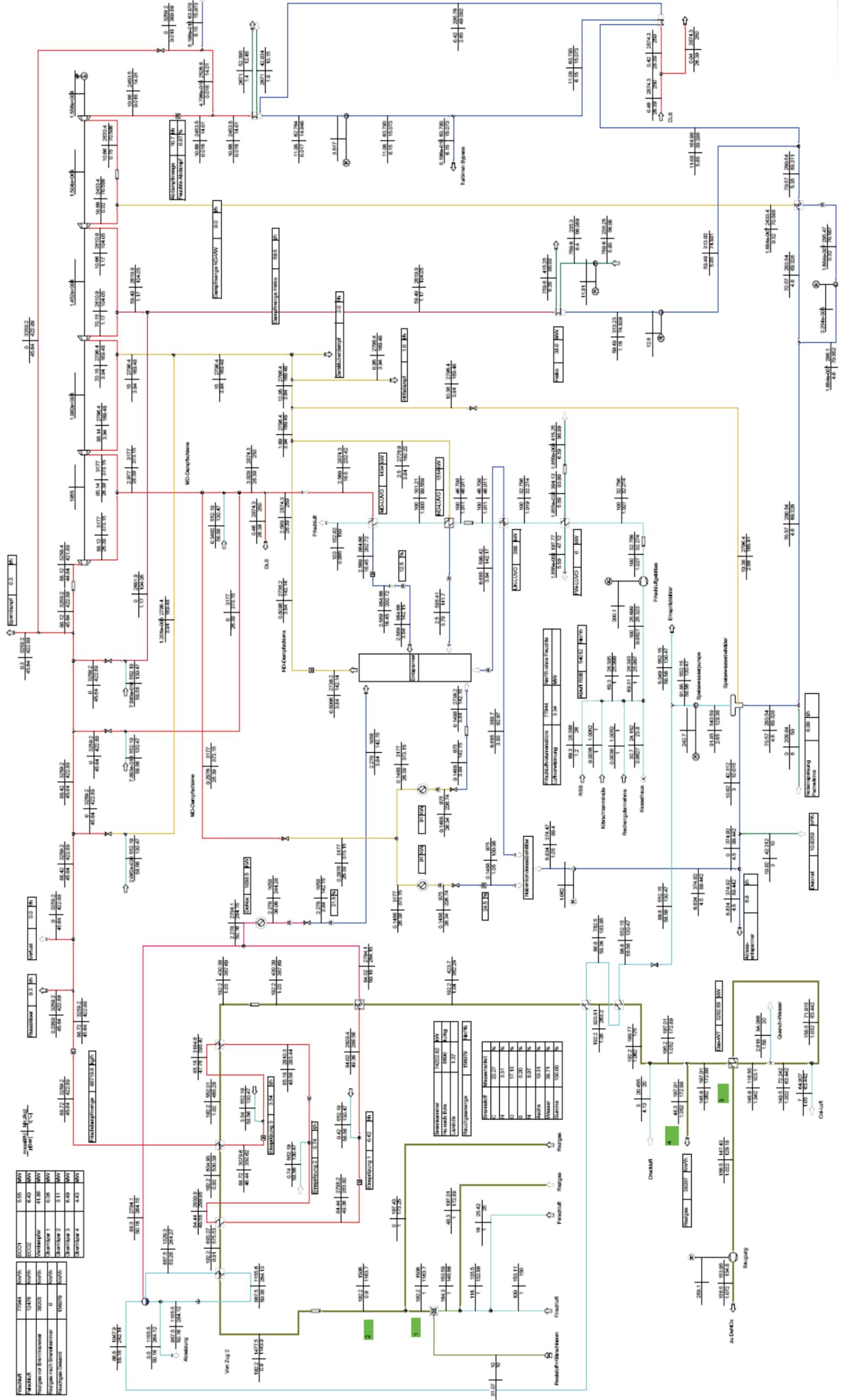
„htc\_area“, eine übertragbare Wärmeleistung, oder eine Grädigkeit des Wärmetauschers vorgeben.

```
#####Einspritzkühler Überhitzer#####  
eq110: Injector_Wasser_Austritt.p = Einspritz1.p;  
eq111: Injector_Wasser_Austritt.p = Einspritz2.p;  
eq112: Injector_Wasser_Austritt.p = Einspritz3.p;  
eq113: Injector_Wasser_Austritt.t = Einspritz1.t;  
eq114: Injector_Wasser_Austritt.t = Einspritz2.t;  
eq115: Injector_Wasser_Austritt.t = Einspritz3.t;
```

**Abbildung 20: Free Equations der Einspritzkühler**

## 3.6 Wasser - Dampfkreislauf

### 3.6.1 IPSEpro Modell Wasser-Dampfkreislauf





---

nicht benötigt. Dann sind die Massenströme der einzelnen Stränge zu den Drosseln auf null gesetzt. Die Einspritzung erfolgt mit Speisewasser, dessen Zustand ist über die „free Equations“ (siehe Abbildung 24, eq72, eq73, eq81, eq82, eq92, eq93) definiert. Ebenfalls über die „free Equations“ sind Druck und Temperatur nach der jeweiligen Drossel definiert (siehe Abbildung 24, eq70, eq71, eq80, eq81, eq82, eq90, eq91). Diese sind gleichgesetzt dem Anzapfdruck bzw. der Anzapf Temperatur der jeweiligen Dampfschiene, auf die gedrosselt werden soll.

```
#####DUS HD - MD#####  
eq70: stream011.t = stream100.t;      #Temperatur der Anzapfung MD-Dampf  
eq71: stream011.p = stream100.p;      #Druck der Anzapfung MD-Dampf  
eq72: Injector_Wasser_Austritt.p = DUSHDMD.p;  
eq73: Injector_Wasser_Austritt.t = DUSHDMD.t;  
  
#####DUS HD - ND#####  
eq80: stream004.t = stream106.t;      #Temperatur nach Einspritzung ND-Dampf  
eq81: Injector_Wasser_Austritt.p = DUSHDND.p;  
eq82: Injector_Wasser_Austritt.t = DUSHDND.t;  
  
#####DUS HD - Entnahme#####  
eq90: stream019.p = stream111.p;      #Druck der Entnahme  
eq91: stream019.t = stream111.t;      #Temperatur der Entnahme  
eq92: Injector_Wasser_Austritt.p = DUSHDND2.p;  
eq93: Injector_Wasser_Austritt.t = DUSHDND2.t;
```

**Abbildung 24: Free Equations der Dampfumformstationen**



---

Die Turbine wurde entsprechend den Anzapfungen und der Entnahme in mehrere Stufen aufgeteilt. Vorgegeben werden standardmäßig die mechanischen Wirkungsgrade. Sind die isentropen Wirkungsgrade der einzelnen Stufen bekannt, können diese ebenfalls vorgegeben werden. Da diese Wirkungsgrade jedoch sehr schwer festzustellen sind, können durch die Vorgaben der Anzapf- bzw. der Entnahmetemperaturen und Drücke die isentropen Wirkungsgrade auf „estimate“ gesetzt und somit berechnet werden. Mit dem Befehl „Import Estimates“ werden wiederum die ausgerechneten Werte für die Wirkungsgrade übernommen und somit mit „set“ vorgegeben. Selbstverständlich muss dann zumindest ein Parameter, Druck oder Temperatur, der jeweiligen Anzapfung wieder auf „estimate“ gesetzt werden, um eine Überbestimmung des Systems zu vermeiden. Mittels eines „Rohr“ – Moduls vor der Turbine können Temperatur-, Wärme- bzw. Druckverluste vorgegeben werden (siehe Abbildung 25). Wie in Abbildung 25 ersichtlich, wird ein Teil des Frischdampfes als Sperrdampf für die Turbine verwendet. Ebenfalls dargestellt ist der Turbinen-Bypass. Dieser dient dazu, um bei einem Schnellschluss der Turbine den Dampf an der Turbine vorbei zu leiten. Die Drossel mit der Einspritzung funktioniert wie die im Kapitel 3.6.2 beschriebene Dampfumformstation.

#### *3.6.3.1 Vereinfachungen / Annahmen*

Aus der Erfahrung der verschiedenen Simulationen bietet es sich an, die Anzapf-, Entnahme- und Abdampfdrücke vorzugeben, da dies ein stabiles Rechnen mit dem Modell ermöglicht. Weiters werden die Druckverluste durch die Regelventile der Turbine im Wirkungsgrad der ersten Turbinenstufe mit berücksichtigt. Da die Turbine einen gewissen Mindestdampfdurchsatz zur Kühlung benötigt, ist darauf zu achten, dass der Abdampfmassenstrom im Entnahme– Kondensationsbetrieb bei mindestens 7992 kg/h liegt. Dies ist besonders im Teillastbetrieb bei geringerem Frischdampfmassenstrom wichtig und muss in diesem Fall als Mindestmassenstrom im Abdampfstrang vor dem Hauptkondensator vorgegeben werden. In den Lastfällen der Diplomarbeit war dies jedoch nicht nötig.

```

#####TurbinenBypass#####
eq60: Turbinenbypass_E.mass = Turbinenbypass_A.mass;
      eq61: Turbinenbypass_A.t = Turbinenbypass_E.t;
      eq62: Turbinenbypass_A.p = Turbinenbypass_E.p;
      eq63: stream010.p = stream091.p; #Kondensatordruck
      eq64: stream010.t = stream091.t; p; #Kondensatortemperatur

#####Dampfluftstrahler#####
eq40: DLS_Geblaese_Austritt.mass = DLS_Geblaese_Eintritt.mass;
eq41: DLS_Geblaese_Austritt.t = DLS_Geblaese_Eintritt.t; #Temperatur MD-
      Dampf
eq42: DLS_Geblaese_Austritt.p = DLS_Geblaese_Eintritt.p; #Druck MD-Dampf

```

**Abbildung 26: Free Equations Turbinen-Bypass und Dampfluftstrahler**

Zur Kühlung des Dampfes bei geöffnetem Turbinen-Bypass wird Hauptkondensat entnommen und in den Dampfstrom eingebracht. In Abbildung 26 wurden mittels eq60, eq61, eq62 festgelegt, dass das Einspritzwasser den Druck und die Temperatur des Hauptkondensates besitzt. Eq63 und eq64 definiert, dass auf den Kondensatordruck und dazugehörige Sattdampf Temperatur gedrosselt werden soll. Eq40, eq41, eq42 definieren, dass die Dampfparameter für den Dampfstrahler gleich der MD-Dampfschiene sind (siehe Kapitel 3.6.4 Abbildung 27, bzw. Kapitel 3.6.6, Abbildung 31).

### 3.6.4 MD-Dampfschiene

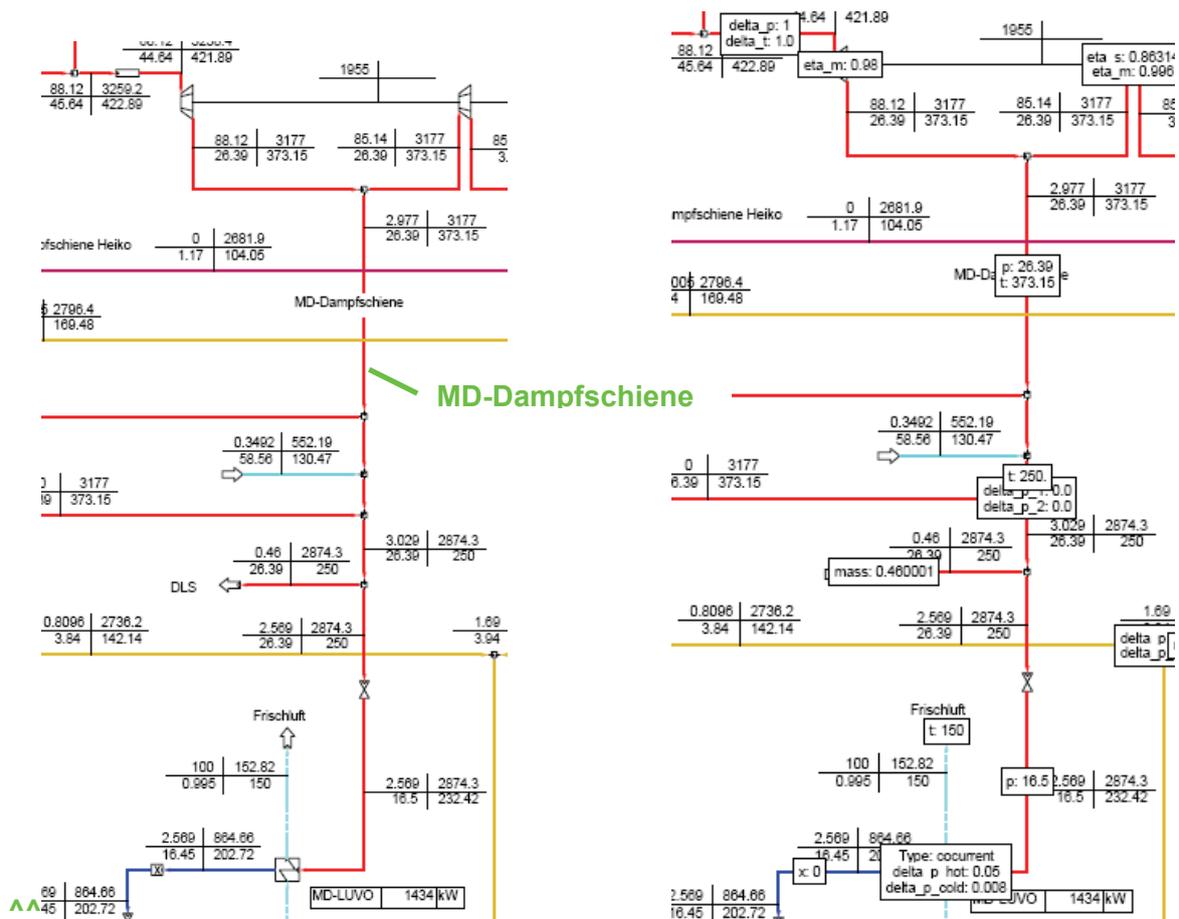


Abbildung 27: MD-Dampfschiene IPSEpro Modell (links), MD-Dampfschiene mit Settings (rechts)

Die Mitteldruckdampfschiene dient primär zur Versorgung der MD – Luftvorwärmstufe. Der Anzapfdampf wird dazu mittels Einspritzkühler auf 250 °C (Vorgabewert im IPSEpro Modell) gekühlt. Das Einspritzwasser ist Speisewasser, somit sind die Parameter über „free Equations“ definiert. Der Dampf wird vor dem MD-LUVO auf ein vorgegebenes Druckniveau entspannt. Weiters wird aus der MD-Dampfschiene ein definierter Massenstrom entnommen, der zur Versorgung der Dampfluftstrahler dient (siehe Abbildung 27). Diese sind nötig, um ein gewisses Vakuum im Hauptkondensator zu garantieren. Ebenfalls aus der MD-Dampfschiene werden die Verbraucher der

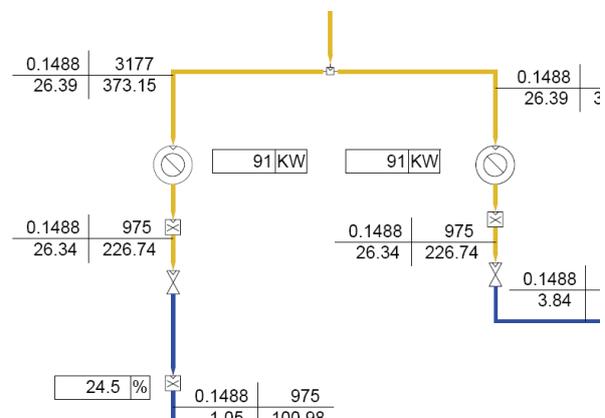


Abbildung 28: Verbraucher Rauchgasreinigung und Abwasserbehandlung

Rauchgasreinigung und der Abwasserbehandlung mit Wärme versorgt (siehe Abbildung 28). Dafür wird der Dampf auf einen vorgegebenen Druck gedrosselt. Die diversen Verbraucher sind durch 2 Wärmesenken dargestellt. IPSEpro- Vorgabewert für die Senken waren jeweils konstant 91 kW Wärmeleistung. Wie in Kapitel 3.6.11 Abbildung 45 bzw. 3.6.12 Abbildung 47 ersichtlich, wird das Kondensat in den Entspanner und in den Nebenkondensatbehälter geleitet.

### 3.6.5 ND-Dampfschiene

Die Niederdruckdampfschiene bedient mehrere Verbraucher mit Niederdruckdampf. Einer der Verbraucher ist der Speisewasserbehälter (siehe Kapitel 3.6.10). Dabei wird über eine Drossel ND-Dampf auf den gewünschten Speisewasserbehälterdruck gedrosselt. Im IPSEpro Modell müssen dafür keine Einstellungen getroffen werden.

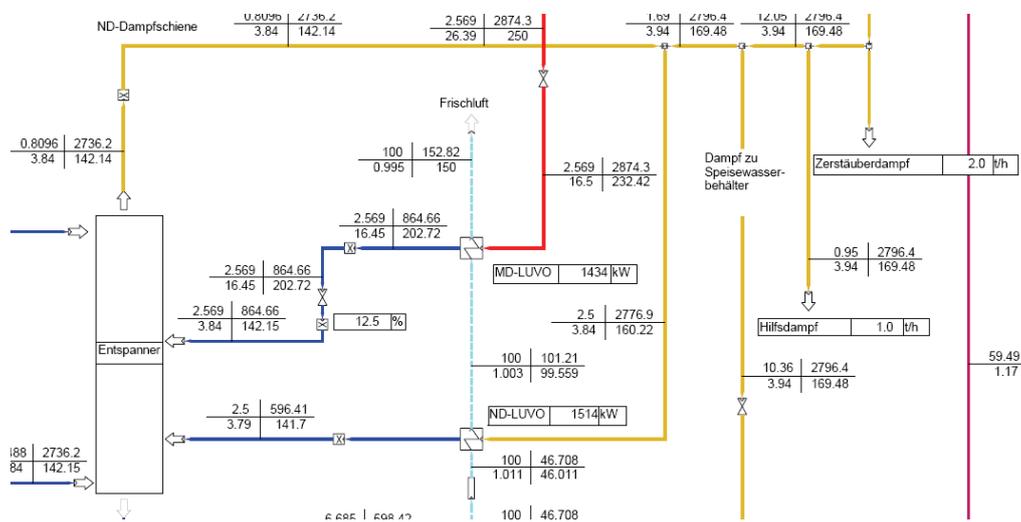


Abbildung 29: ND-Dampfschiene IPSEpro Modell

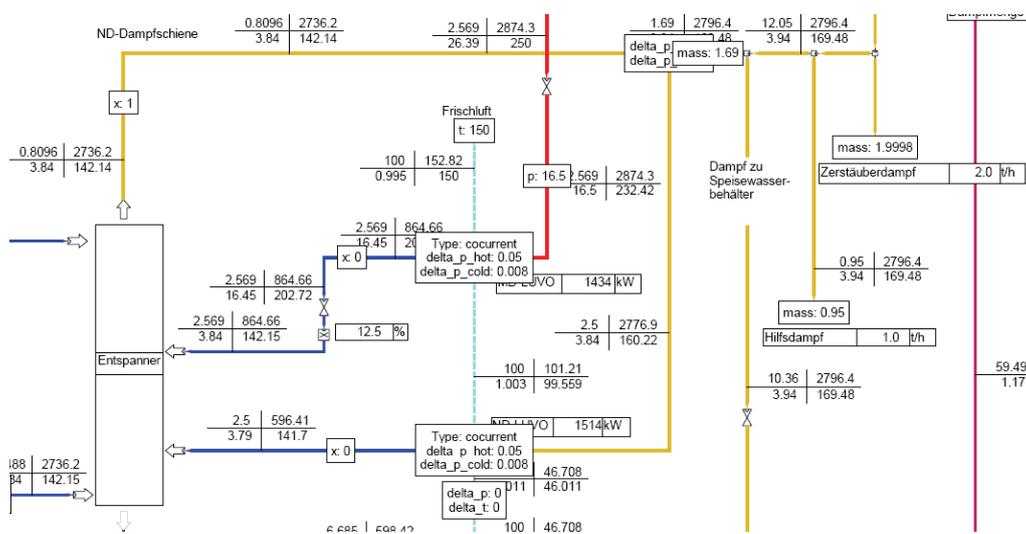


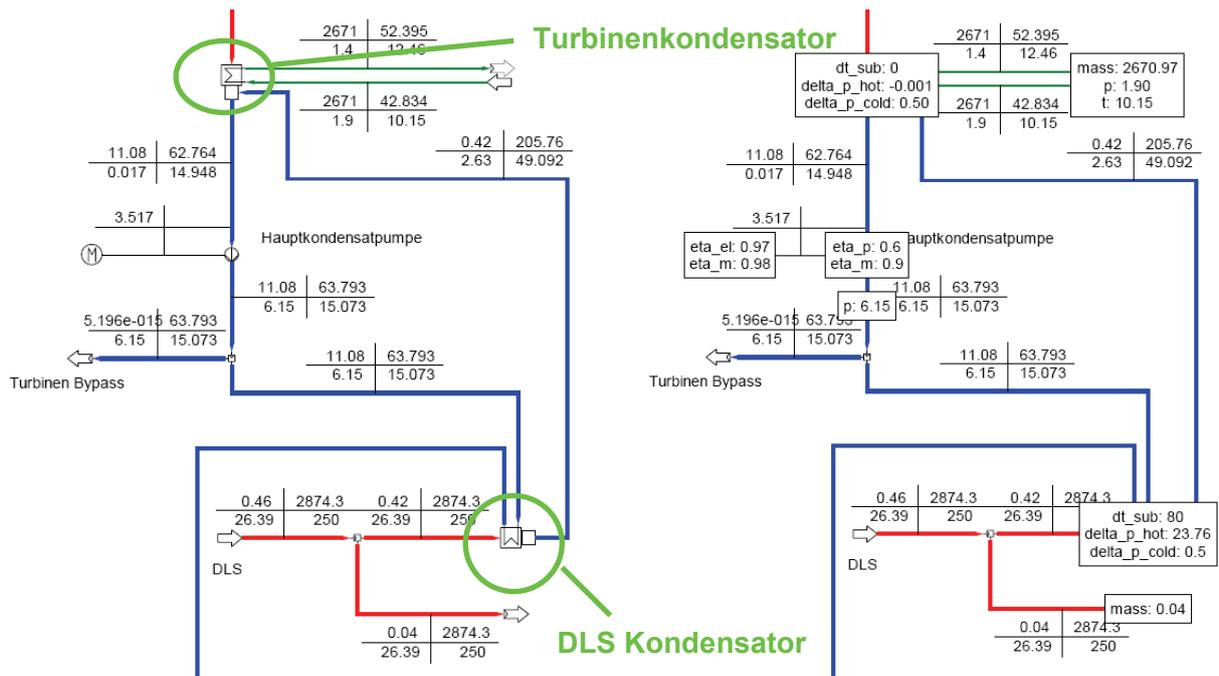
Abbildung 30: ND-Dampfschiene mit Settings

---

Zum Einblasen des eingebrachten Klärschlammes in den Brennraum wird ND-Dampf verwendet, welcher mit einem konstanten Massenstrom von 2 t/h angenommen wird (Zerstäuberdampf in Abbildung 30). Die Niederdruckdampfschiene ist mit dem Bestand des RHKW Linz verbunden. Dies dient dazu, die Spitzenkessel, welche ebenfalls am Standort Linz-Mitte installiert sind, beim Anfahren mit Dampf zu versorgen. In den betrachteten Lastpunkten ist dieser Hilfsdampfmassenstrom konstant auf 0 t/h gesetzt. Der vom Entspanner (siehe Kapitel 3.6.11) abgezogene Sattedampf wird wieder in die ND-Dampfschiene eingespeist. Dabei stellt sich eine Mischtemperatur aus der Sattedampftemperatur und der Anzapftemperatur ein. Diese Mischung wird über den ND-LUVO geleitet. Dabei wurde der Massenstrom des ND-Dampfs in der Zuleitung zum ND-LUVO vorgegeben, da dieser über eine Messung erfasst wird (siehe Abbildung 30).

### **3.6.6 Kondensator, DLS Wärmetauscher**

Der Kondensator dient zum Niederschlagen des Abdampfes der Turbine und wird mit Donauwasser gekühlt. Dabei wird wasserseitig die Kühlwassermenge, Vorlauftemperatur und der Druck vorgegebenen (siehe Abbildung 31). Diese sind über Messungen sehr gut erfassbar. Eine weitere Möglichkeit, den Turbinenkondensator vollständig zu bestimmen, wäre, eine abzuführende Wärmemenge, eine Grädigkeit am Ein- bzw. Austritt des Kondensators, oder wiederum einen „htc\_area“ Parameter vorzugeben. Jedoch muss darauf geachtet werden, eine Überbestimmtheit des Apparats zu vermeiden.

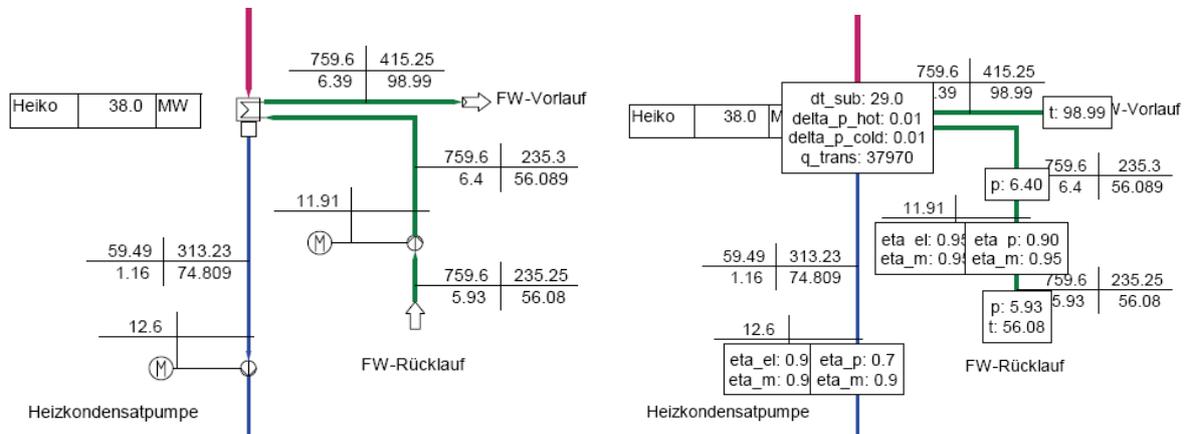


**Abbildung 31: Kondensator und DLS Wärmetauscher IPSEpro Modell (links), Kondensator und DLS Wärmetauscher mit Settings (rechts)**

Beim Kondensator wird zusätzlich eine Unterkühlung des Kondensats vorgeben, welche mit dem Lastfall variiert. Zusätzlich wird im Hotwell des Kondensators das Kondensat des Dampfstrahlwärmetauschers beigemischt. Somit ist der Kondensator vollständig definiert. Der Dampfstrahlluftsauger kurz DLS dient, wie schon beschrieben, zum Aufrechterhalten des Unterdrucks im Kondensator und zum Schutz gegen das Eindringen von Falschluff. Nach dem DLS wird der Dampf über einen Kondensator geführt, welcher das Hauptkondensat wieder erwärmt. Dabei werden eine Unterkühlung und die jeweiligen Druckverluste auf der Dampf und der Hauptkondensatseite vorgegeben. Der Teil des Dampfes der nicht niedergeschlagen wird, wird als Verlust abgeführt. Diese Menge wird als konstant mit 0,04 t/h angenommen. Weiters wird der Druck nach den Hauptkondensatpumpen vorgegeben (siehe Abbildung 31).

### 3.6.7 Heizkondensator

Der Heizkondensator kurz HEIKO hat die Aufgabe, das Fernwärmewasser aufzuheizen. Dafür wird der Turbine bei der Entnahme Dampf entnommen und über den Kondensator geführt.

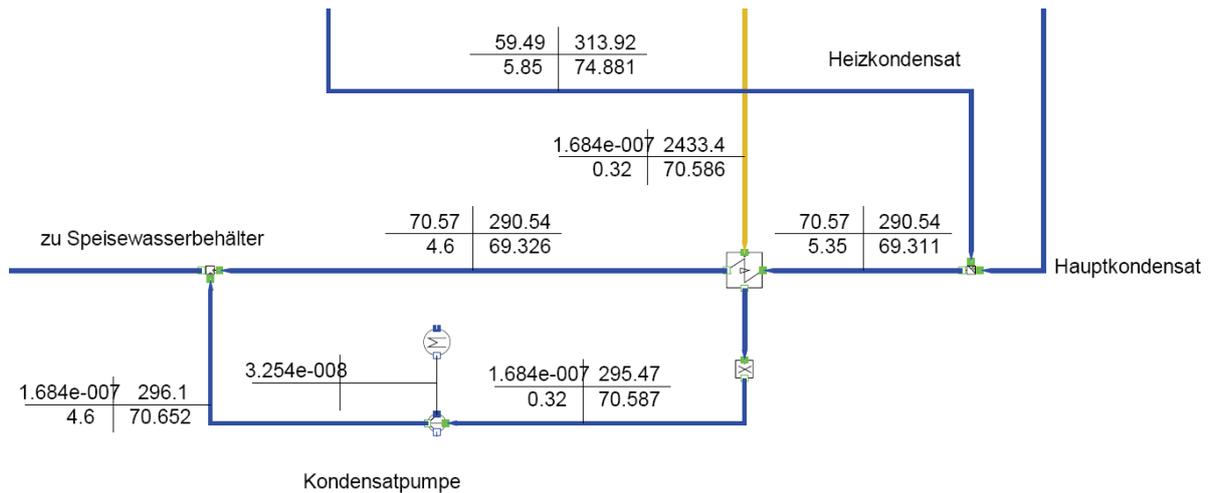


**Abbildung 32: Heizkondensator IPSEpro Modell (links), Heizkondensator mit Settings (rechts)**

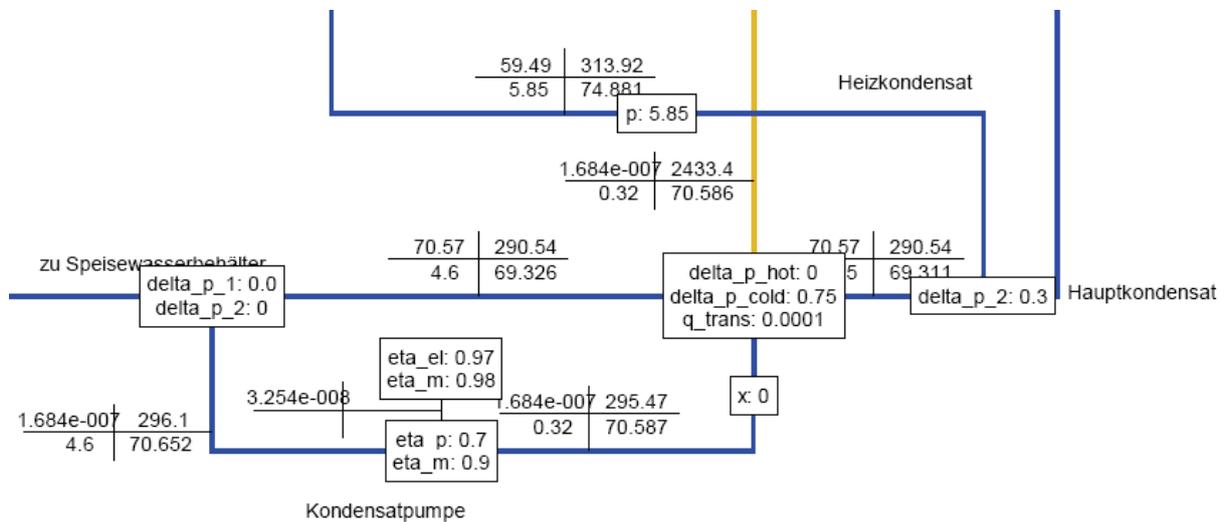
Im IPSEpro gibt es nun verschiedene Varianten, diesen Heizkondensator zu definieren. Es kann, wie in Abbildung 32, die Fernwärmeverlauftemperatur, sowie der Rücklaufdruck und Rücklauftemperatur vorgegeben werden. Zusätzlich muss noch die zu übertragene Wärmeleistung, Druckverluste auf der Dampf und Wasserseite und eine Unterkühlung des Kondensats vorgegeben werden. Um den Kondensator vollständig zu definieren, wird noch der Entnahmedruck eingestellt. Somit stellt sich eine gewisse Fernwärmemenge ein, die mit diesen Parametern aufgeheizt werden kann. Andere Möglichkeiten wären unter anderem, statt der zu übertragenden Leistung einen Fernwärmemassenstrom, eine Grädigkeit, oder den „htc\_area“ Parameter des Wärmetauschers vorzugeben. Ebenfalls definiert wird der Druck nach der Heizkondensatpumpe.

### 3.6.8 Niederdruckvorwärmung

Die Niederdruckvorwärmung kommt hauptsächlich im Kondensationsbetrieb zum Einsatz. Bei allen anderen Betriebsweisen überträgt der Niederdruckvorwärmer jedoch keine Leistung. Dabei wird die Turbine bei einem vorgegebenen Druck angezapft und über den Kondensator geführt. Erwärmt werden dabei das Hauptkondensat und das Heizkondensat vom Heizkondensator, welche zuvor mit Hilfe eines Mixer-Apparats gemischt werden. Für diesen Mixer wird ein konstanter Druckverlust von 0,3 bar eingestellt (siehe Abbildung 34).



**Abbildung 33: Niederdruckvorwärmer IPSEpro Modell**



**Abbildung 34: Niederdruckvorwärmer mit Settings**

Das Kondensat wird mittels Kondensatpumpe vorwärtsgepumpt und in das Hauptkondensat eingespeist. Für diesen Mixer sind die Druckverluste auf Null gesetzt worden. Falls der Wärmetauscher nicht im Betrieb ist, muss dennoch eine sehr geringe zu übertragende Wärmeleistung vorgegeben werden, da sonst ein Error entsteht (siehe Abbildung 34). Es ist im Modell darauf zu achten, dass der Anzapfdruck auch bei ausgeschaltetem Wärmetauscher entsprechend hoch gewählt wird, da sonst die Anzapftemperatur unter der Kondensattemperatur fällt und somit ebenfalls ein Error bei der Berechnung entsteht. Der Apparat „xprescription“ welcher einen Dampfgehalt vorgeben kann, wurde auf Null gesetzt. Der Wärmetauscher dient somit als Kondensator (siehe Abbildung 34).

### 3.6.9 Luftvorwärmung

Die Luftmengenregelung erfolgt im Normalbetrieb durch Regelung des Restsauerstoffgehalts im Rauchgas. Die Frischluft wird durch das Frischluftgebläse aus dem Kesselhaus angesaugt. Zudem werden der Frischluft die abgesaugte Luft der Klärschlammhalle sowie die der Reststoffaufbereitung und Rechengutannahme vor dem Gebläse beigemischt. Durch Variieren der einzelnen Luftquellen kann man sich einen beliebigen Mix der Frischluft einstellen. Das Gebläse erzeugt eine Druckerhöhung von  $\sim 40$  mbar, welche im Strang nach dem Gebläse eingestellt wird (siehe Abbildung 37). Im IPSEpro Modell wurde für die Luftquelle aus dem Kesselhaus eine „Ambient Source“ gewählt. Dafür wird ein „Global Object“ mit „Ambient“ definiert, in dem der vorherrschende Luftdruck, Luftfeuchte, Temperatur usw. festgelegt sind.

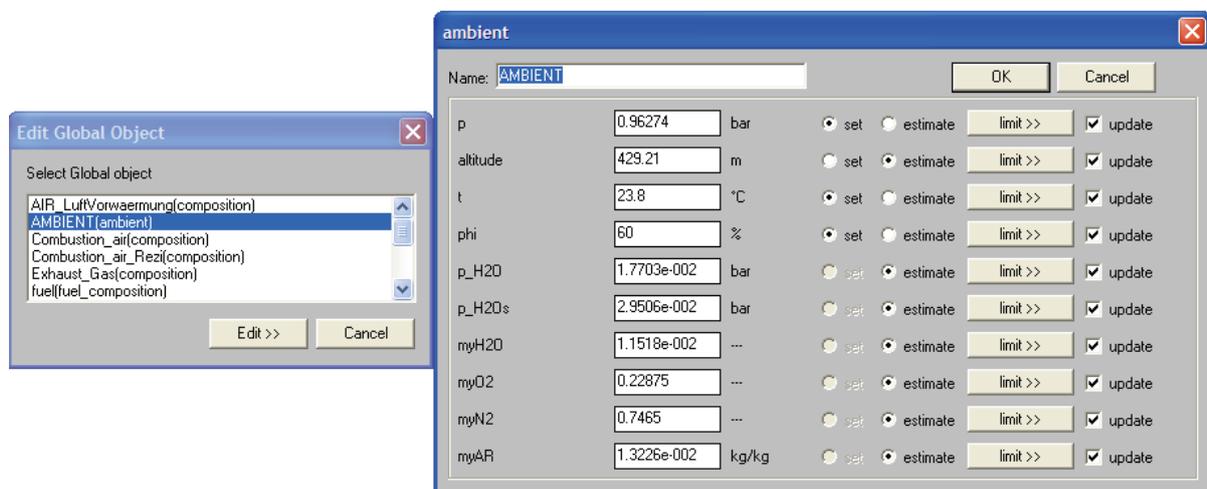
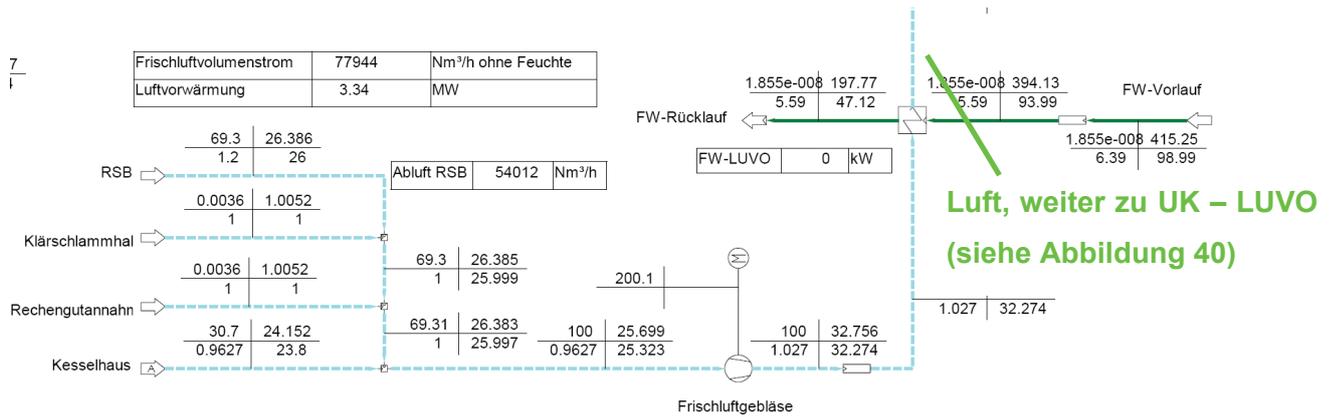
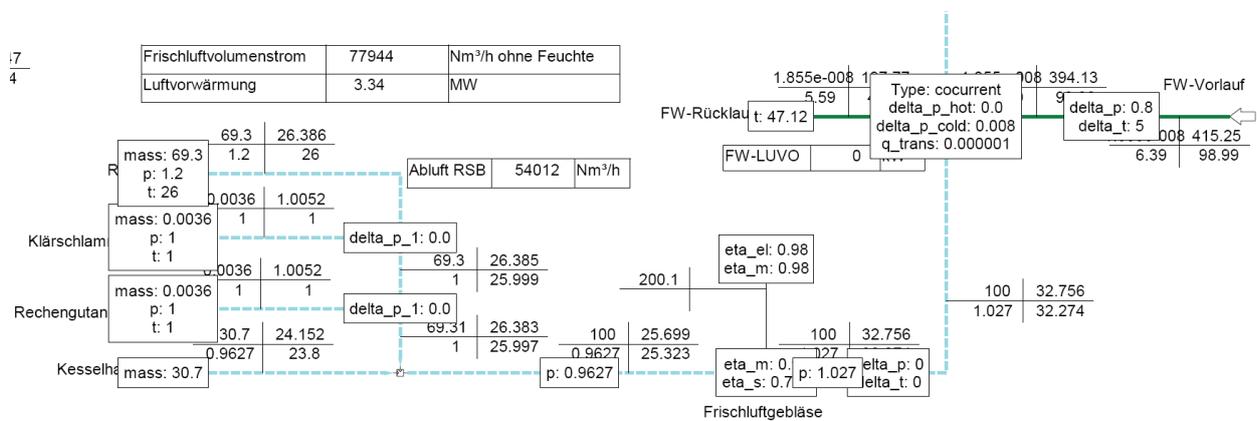


Abbildung 35: Definition des "Global Object" Ambient

Die Druckverluste der jeweiligen Mixer wurden dabei auf Null gesetzt. Somit stellt sich eine Mischtemperatur im Ansaugstrang des Frischluftgebläses ein. Nach dem Gebläse wird die Frischluft über einen vierstufigen, teils dampfbetriebenen Luftvorwärmer auf  $150$  °C vorgewärmt. Dieser Wert ist, gleich wie die Frischdampfparameter und Heizkondensatorleistung, ein Hauptvorgabewert und Ausgangspunkt jeder Simulation. Dabei durchläuft die Verbrennungsluft eine Aufwärmung mit Fernwärmewasser, UK-Kondensat, ND-Dampf und MD-Dampf (siehe Abbildung 36 und 39).



**Abbildung 36: Zusammensetzung der Frischluft und FW - LUVO**



**Abbildung 37: Zusammensetzung der Frischluft und FW – LUVO mit Settings**

Als erste Aufheizstufe dient, wie schon erwähnt, ein mit Fernwärme – Vorlaufwasser durchströmter Wärmetauscher. Je nach Vorlauf- und Lufteintrittstemperatur wird die Luft hiermit auf ca. 50°C vorgewärmt. Vorgeben werden dabei die Temperatur und der Druck des Fernwärmenetz-Vorlaufes über „free Equations“ (Abbildung 38 eq50, eq51). Zusätzlich können Verluste im Vorlauf bezüglich Temperatur und Druck eingestellt werden (siehe Abbildung 37). Weiters wird die Rücklauftemperatur eingestellt, da diese Parameter des Wärmetauschers gut gemessen werden. Zum vollständigen Definieren des Wärmetauschers wird entweder eine Grädigkeit am Ausgang oder eine zu übertragende Wärmeleistung des Wärmetauschers vorgegeben. Eine weitere Möglichkeit würde darin bestehen, die Luftseite des Wärmetauschers als Vorgabe zu verwenden. Hierbei müsste z.B.: eine Luftaustrittstemperatur aus dem Wärmetauscher vorgegeben werden. Diese Daten sind jedoch über keine Messungen erfasst und somit schwer zu überprüfen.

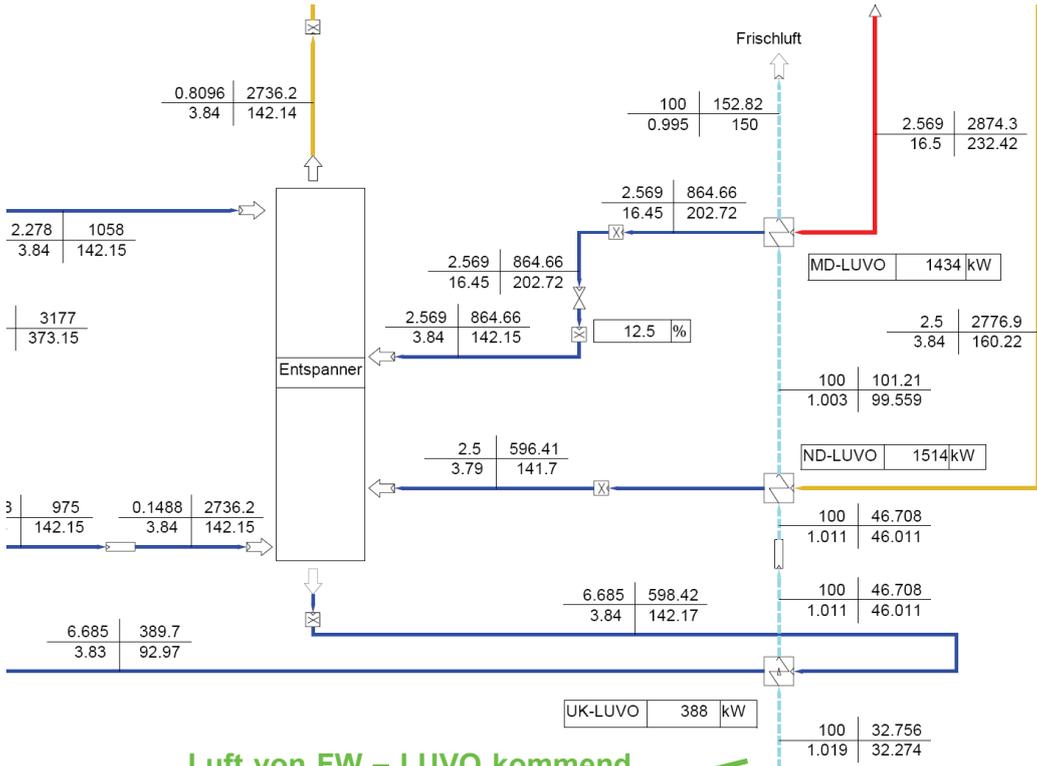
```

#####Fernwärme LUVO#####
eq50: FW_Vorlauf.p = FW_LUVO_E.p;
eq51: FW_Vorlauf.t = FW_LUVO_E.t;

```

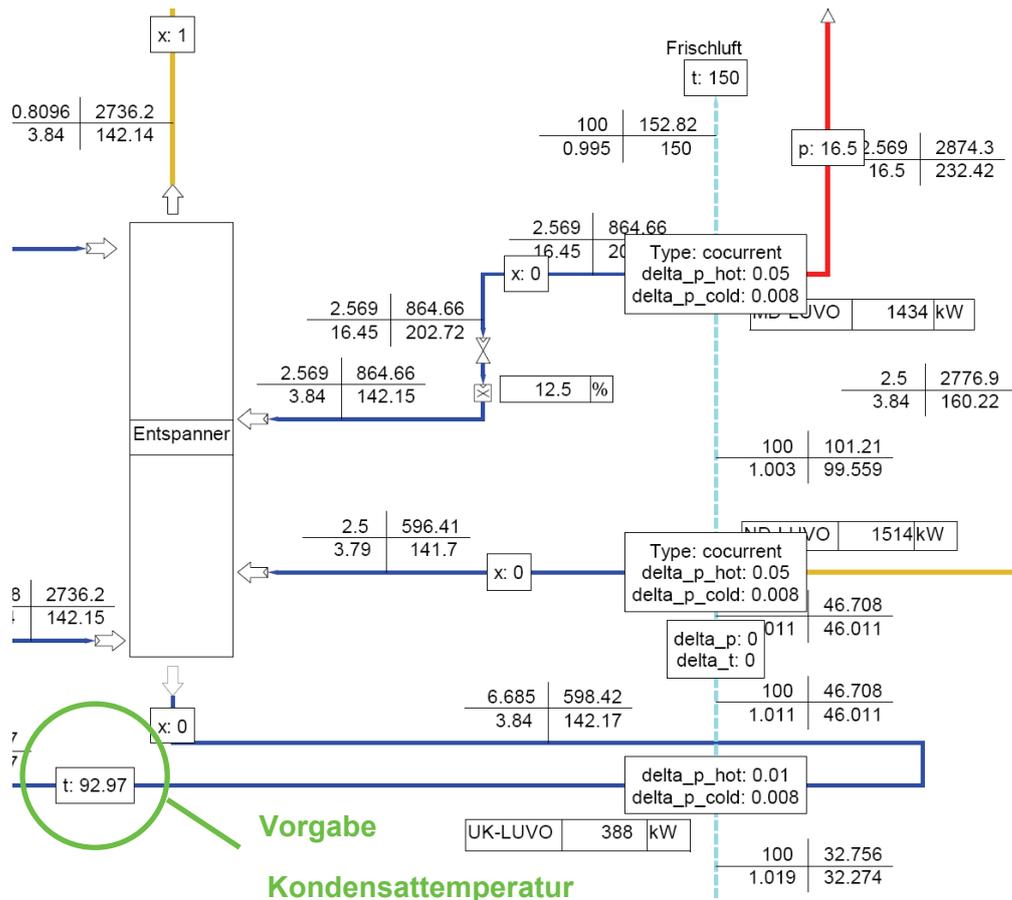
**Abbildung 38: Free Equations des Fernwärme - LUVOs**

Als nächste Stufe dient ein Kondensatkühler. Dabei werden die Kondensate aus dem Entspanner (siehe 3.6.12) unterkühlt. Vorgabewert ist hier nur die Rücklauftemperatur des Kondensates vom UK – LUVO (siehe Abbildung 40), da Masse, Temperatur und Druck des Vorlaufs über den Entspanner vorgeben sind. Luftseitig ist der Wärmetauscher über die Fernwärme- LUVO Austrittstemperatur bestimmt. Im Anschluss an die UK – Stufe wird die Luft über eine ND-Kondensationsstufe und eine MD-Kondensationsstufe geleitet, um die gewünschte Lufttemperatur zu erzielen (siehe Abbildung 39).



Luft von FW – LUVO kommt  
(siehe Abbildung 37)

**Abbildung 39: UK-, ND-, MD-LUVO IPSEpro Modell**



**Abbildung 40: UK-, ND-, MD-LUVO mit Settings**

Der ND-Wärmetauscher wird von der Niederdruckdampfschiene gespeist, wobei in unserem Modell entweder der Druck oder die Temperatur der ND-Anzapfung eingestellt werden kann. Die Kondensatstufe und die ND-Kondensationsstufe werden nicht geregelt und geben die maximale Wärmemenge an die Luft ab. Die Frischlufttemperatur wird letztendlich über den Dampfdruck in der MD-Stufe eingestellt (siehe Abbildung 40). Dabei wird von der Mitteldruckdampfschiene Dampf auf einen eingestellten Druck entspannt. Der MD-LUVO ist durch die Parameter der vorgegebenen Frischlufttemperatur von 150 °C, der sich einstellenden Temperatur nach dem ND-LUVO und dem vorgegebenen Druck auf der Dampfseite vollständig beschrieben. Da das Kondensat aus dem MD-LUVO ebenfalls in den Entspanner geführt werden muss, wird dieses auf den Entspannerdruck von ungefähr 2.9 bar gedrosselt.

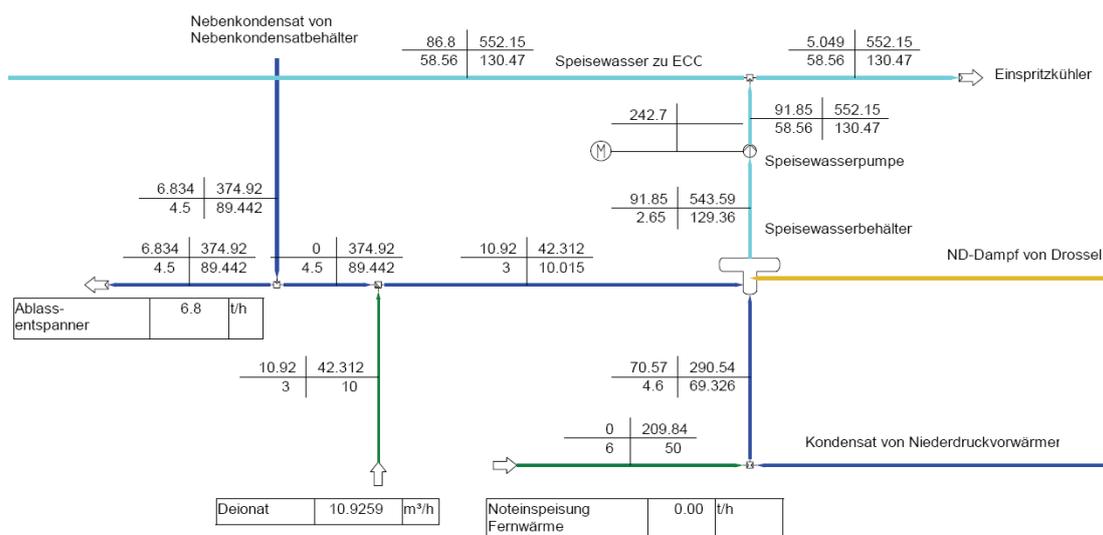
### 3.6.10 Speisewasserbehälter mit Speisewasserpumpe

Das Speisewasser wird im Speisewasserbehälter entgast und vorgewärmt. Aus dem Speisewasserbehälter wird das Speisewasser abgezogen und über die Speisewasserpumpen auf ca. 60 bar Betriebsdruck verdichtet. Über das Speisewassersystem wird der Kessel gespeist. Weiters wird im Speisewasserbehälter bis zu

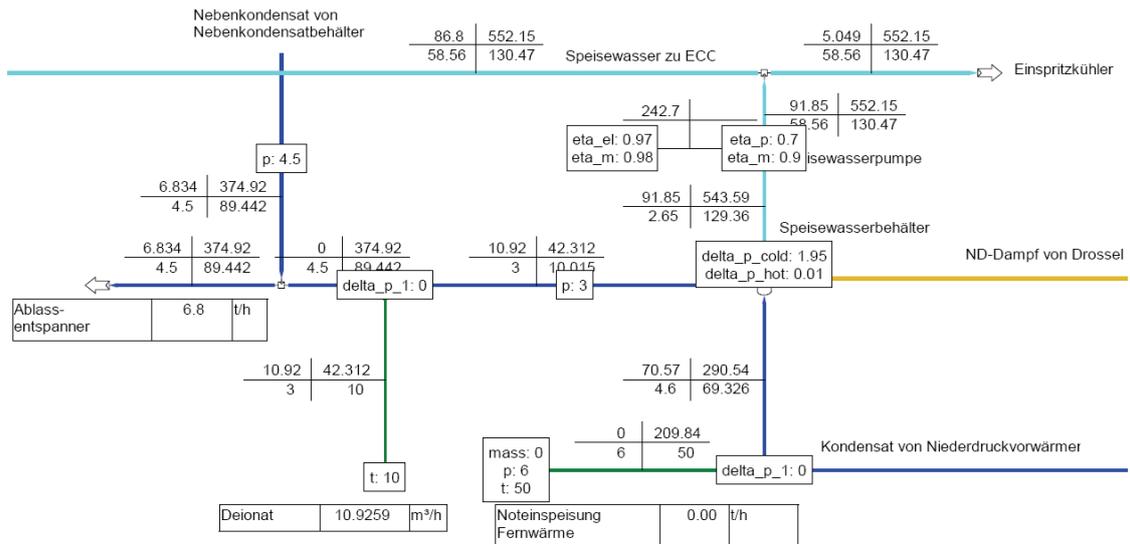
12 t/h Deionat über die Deionatpumpen (im IPSEpro Modell nicht dargestellt) beigemischt (siehe Abbildung 41). Das Deionat dient zur Kompensation von folgenden „Verlusten“ (siehe Abbildung 43, eq30):

- Dampf für die Russbläser
- Sperrdampf für die Turbine
- Zerstäuberdampf für die Klärschlammlanzen
- Hilfsdampf zum Anfahren für die Spitzenkessel
- Brühdampf aus dem Dampfstrahlwärmetauscher
- Verworfenes Kondensat, welches in den Ablassentspanner geleitet wird
- Absalzung aus der Dampftrommel
- Diverse sonstige Verluste

Müssen mehr als 12 t/h nachgespeist werden, kann eine Noteinspeisung mittels Fernwärmewasser erfolgen. Die Parameter des Fernwärmewassers sind durch den Fernwärmeverlauf definiert. Die Vorwärmung des Speisewassers im Behälter erfolgt mittels ND-Dampf. Dabei richten sich die Dampfmenge und der Drosseldruck nach der benötigten Wärmemenge im Speisewasserbehälter, bzw. dem Speisewasserbehälterdruck, welcher normal 2,7 bar beträgt. Somit werden bei der Drossel im IPSEpro Modell keine Einstellungen getroffen.



**Abbildung 41: Speisewasserbehälter mit Speisewasserpumpe, Deionat- und Fernwärme Nachspeisung IPSEpro Modell**



**Abbildung 42: Speisewasserbehälter mit Speisewasserpumpe, Deionat- und Fernwärme  
Nachspeisung IPSEpro Pro mit Settings**

```

#####Deionatmenge#####

eq30: Sperrdampf_Turbine.mass + Verluste.mass + Absalzung.mass + Zerstaueberlanze_KS.mass +
Ablassenstpanner.mass + Brueden.mass + Russblaeser.mass + Hilfsdampf.mass = Deionat.mass;

#####Einspritzkühler Entnahme aus Speisewasser#####

eq20: Injector_Wasser_Austritt.mass = Injector_Wasser_Eintritt.mass + DUSHDMD.mass +
DUSHDND.mass + DUSHDND2.mass + Einspritz1.mass + Einspritz2.mass + Einspritz3.mass;

eq21: Injector_Wasser_Austritt.t = Injector_Wasser_Eintritt.t; #Einspritztemperatur

eq22: Injector_Wasser_Austritt.p = Injector_Wasser_Eintritt.p; #Einspritzdruck

#####Verworfenes Nebenkondensat#####

eq100: stream049.mass = Ablassenstpanner.mass; #Masse aus Nebenkondensatbehälter

```

**Abbildung 43: Free Equations Deionat, Entnahme Speisewasser, Verworfenes  
Nebenkondensat**

### 3.6.11 Entspanner

Im Entspanner werden folgende Kondensate zusammengeführt:

- HD-Kondensat des Dampf-Gas Wärmetauschers der DeNOx Anlage
- ND-Kondensat von diversen Verbrauchern aus der Abwasseraufbereitung und Rauchgasreinigung
- MD-LUVO Kondensat
- ND- LUVO Kondensat

Dabei wird nach dem Dampf-Gas Wärmetauscher der DeNOx Anlage das Kondensat von ca. 55 bar auf den Druck der ND-Dampfschiene von ca. 2.9 bar in das Nassdampfgebiet entspannt. Das MD-LUVO Kondensat wird ebenfalls von ca. 15 bar auf den ND-Dampfschienendruck entspannt (siehe Abbildung 45), wiederum in das Nassdampfgebiet. Der so entstehende Dampf im Entspanner wird abgezogen und der ND-Dampfschiene wieder zugeführt. Das Kondensat aus dem Entspanner wird über den UK-LUVO in den Nebenkondensatbehälter geleitet. Das Kondensat von den Verbrauchern aus der Abwasseraufbereitung wird direkt in den Entspanner geleitet. Um eine bessere Übersicht zu gewährleisten, wurde der Entspanner grafisch über eine Tabelle dargestellt und die Funktion über „free Equations“ programmiert.

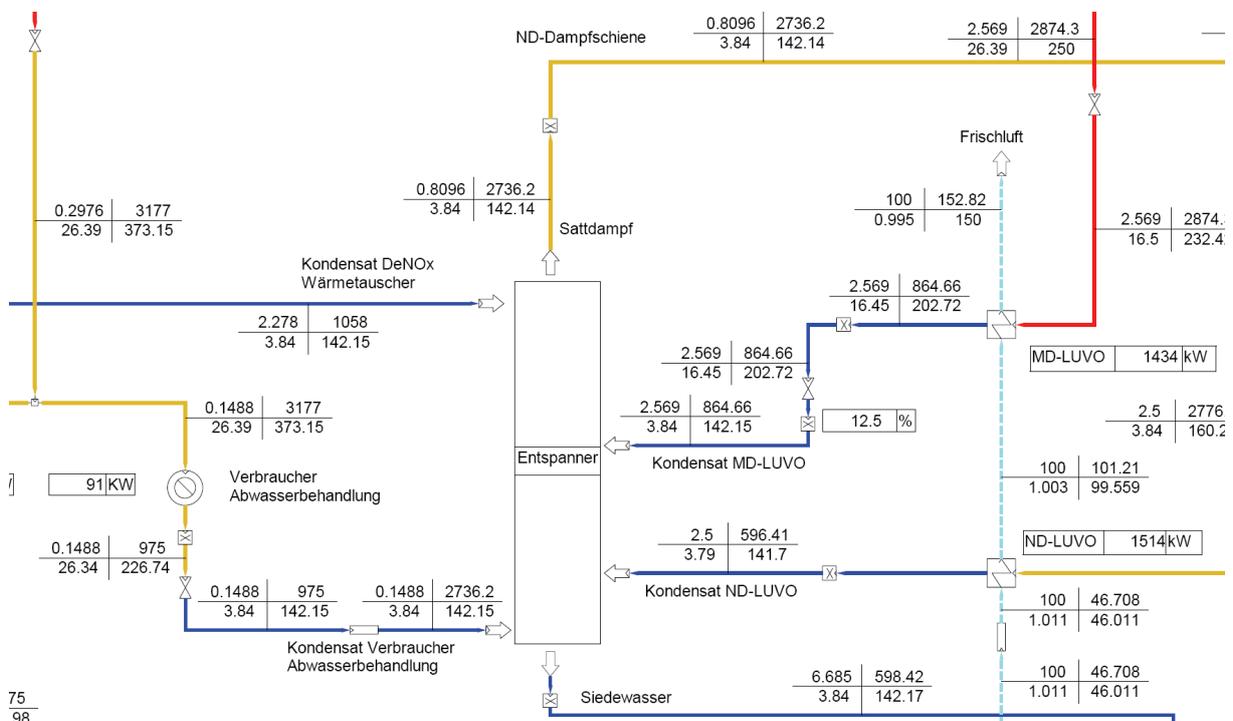


Abbildung 44: Entspanner IPSEpro Modell

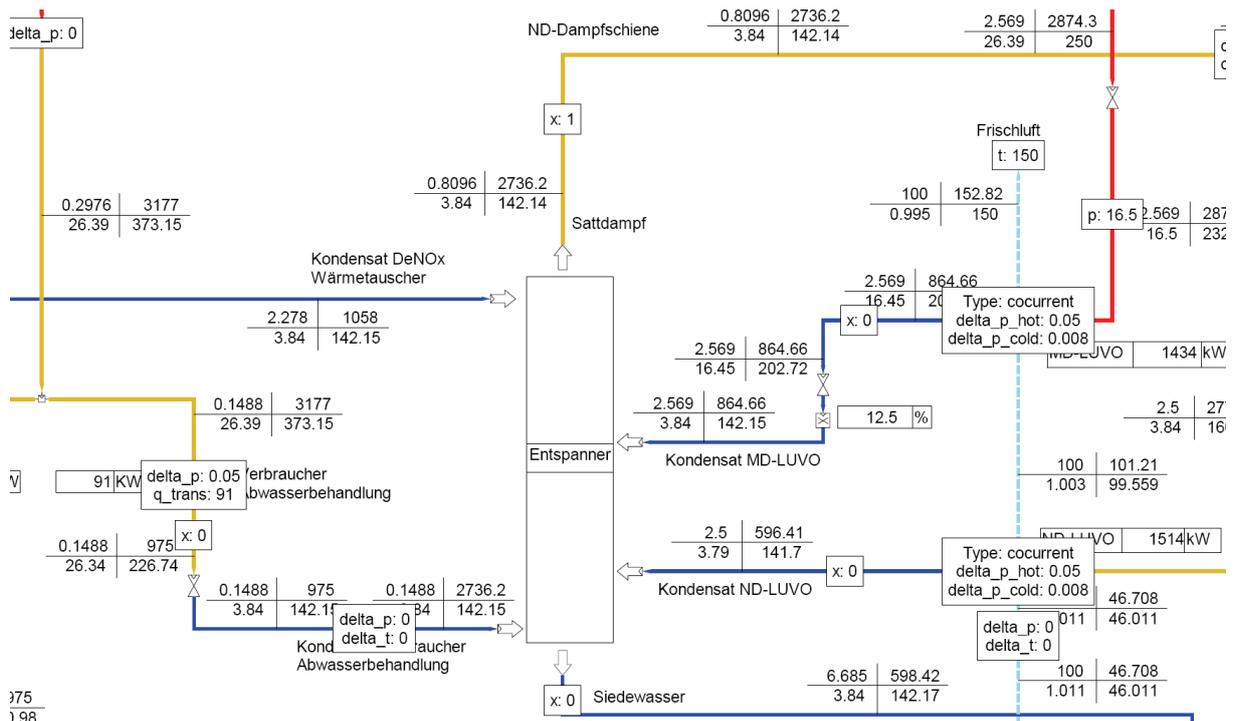


Abbildung 45: Entspanner mit Settings

```

#####Entspanner Bilanz#####
eq1: Entspanner_DeNox.mass*xprescription001.x+Entspanner_MD_LUVO.mass*xprescription004.x =
      Entspanner_Sattdampf.mass;

eq2: Entspanner_DeNox.mass + Entspanner_MD_LUVO.mass + Entspanner_ND_LUVO.mass +
      Entspanner_Verbraucher_Los2.mass - Entspanner_Sattdampf.mass = Entspanner_Siedewasser.mass;

eq3: Entspanner_MD_LUVO.p = Entspanner_DeNox.p;

eq4: Entspanner_Siedewasser.p = Entspanner_DeNox.p;

eq5: Entspanner_Verbraucher_Los2.p = Entspanner_DeNox.p; #Verbraucher Abwasserbehandlung

eq6: Entspanner_Sattdampf.p = Entspanner_Siedewasser.p;

```

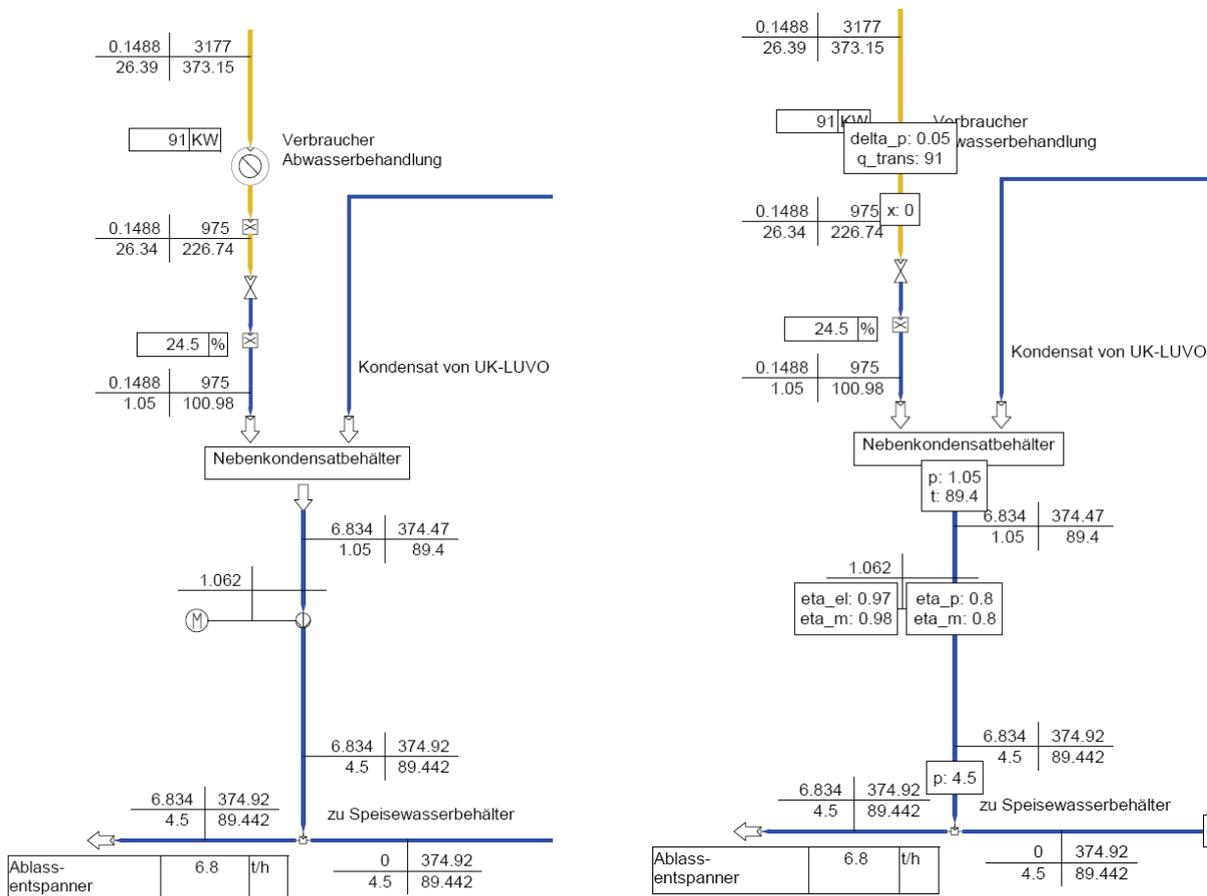
Abbildung 46: Free Equations Entspanner

In Abbildung 46 wird mittels eq1 die entstehende Sattdampfmenge und mit eq2 die Siedewassermenge berechnet. Eq3-eq6 stellen jeweils den Druck im Entspanner ein.

### 3.6.12 Nebenkondensatbehälter

Im Nebenkondensatbehälter werden die Kondensate der diversen Verbraucher der Rauchgasreinigungsanlage, der Abwasserbehandlung sowie des Entspanners zusammengeführt.

Der Nebenkondensatbehälter ist drucklos und mit einer CO<sub>2</sub>-Patrone mit der Umgebung verbunden. Das Verbraucherkondensat aus der Rauchgasreinigungsanlage bzw. Abwasserbehandlung werden auf diesen Umgebungsdruck gedrosselt. Dabei wird wieder in das Nassdampfgebiet entspannt. Vorgabewert ist hier der Umgebungsdruck von 1.05 bar absolut. Im Regelfall wird das Nebenkondensat mit Hilfe der Nebenkondensatpumpen auf ca. 3,5 bar verdichtet und zurück in den Speisewasserbehälter gepumpt. Ist dies nicht möglich, kann das Nebenkondensat direkt in den Ablassentspanner geführt werden und wird somit verworfen. Während der Diplomarbeit wurde die CO<sub>2</sub>-Patrone des Nebenkondensatbehälters beschädigt, dass ein Zurückführen des Nebenkondensates in den Speisewasserbehälter nicht möglich war. Darum musste das Nebenkondensat automatisch verworfen werden. Dieses Verwerfen ist modelliert über „free Equations“ in Abbildung 43 (eq100), wobei definiert ist, dass der gesamte vom Nebenkondensatbehälter kommende Massenstrom in der Senke des Ablassentspanners verschwindet.



**Abbildung 47: Nebenkondensatbehälter mit Nebenkondensatpumpe IPSEpro Modell (links), Nebenkondensatbehälter mit Nebenkondensatpumpe mit Settings (rechts)**

---

```
#####Nebenkondensatbehälter#####
```

```
eq10: Nekosabe_Los2.mass+Nekosabe_UK_Luvo.mass = Nekosabe.mass; #Nebenkondensatmenge
```

```
eq11: Nekosabe.p = Nekosabe_Los2.p;
```

**Abbildung 48: Free Equations Nebenkondensatbehälter**

In Abbildung 48 wurde die entstehende Nebenkondensatmasse über eq10 berechnet.

## 3.7 Rauchgasreinigung

### 3.7.1 IPSEpro Modell Rauchgasreinigung

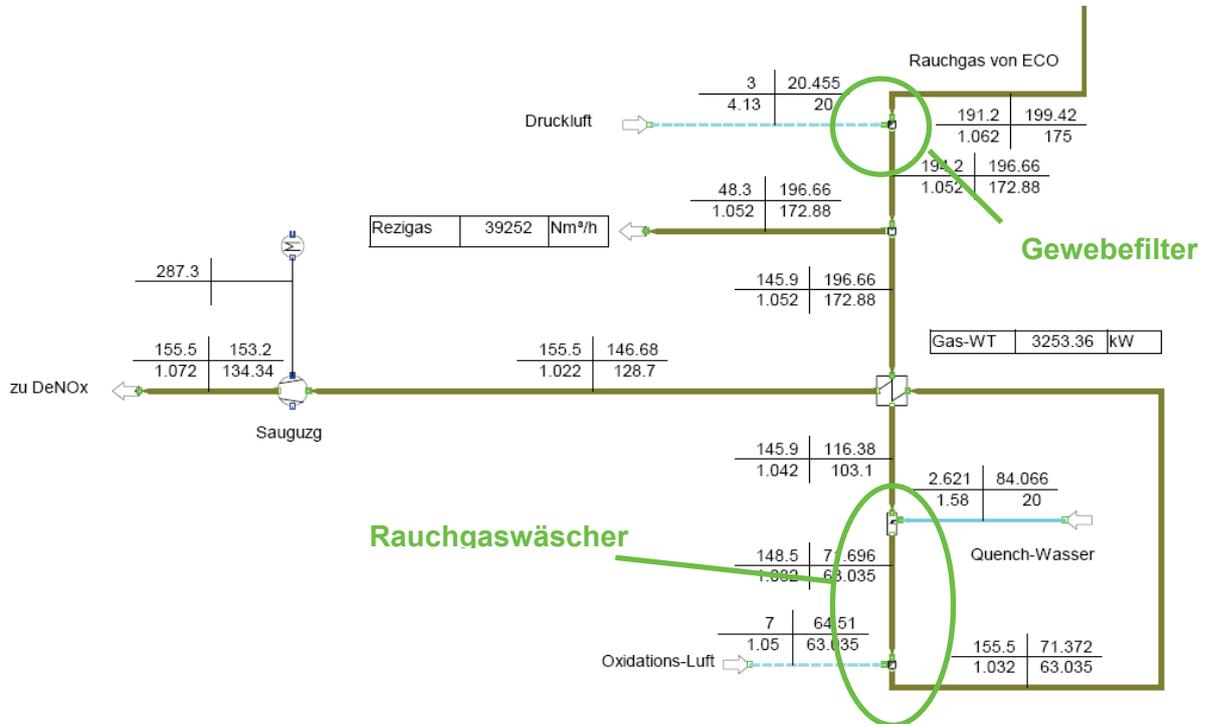


Abbildung 49: Rauchgasreinigung IPSEpro Modell

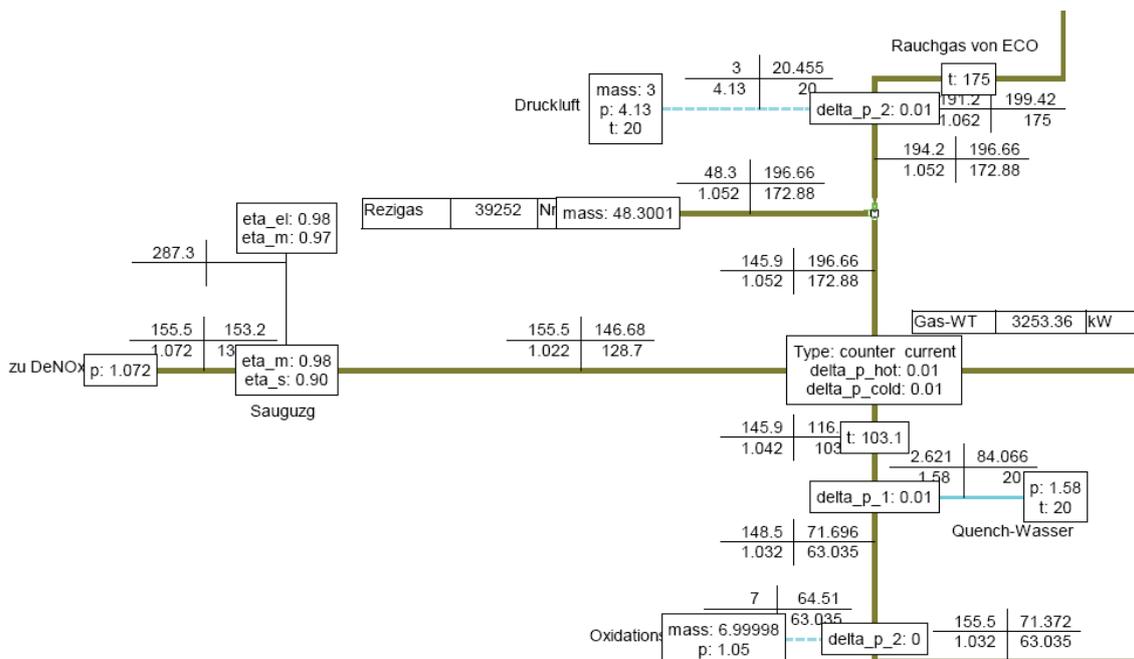


Abbildung 50: Rauchgasreinigung mit Settings

---

### 3.7.2 Vereinfachungen / Annahmen

Aufgrund der Tatsache, dass in dieser Diplomarbeit nur mit der IPSEpro App\_Lib gearbeitet wurde, mussten sehr starke Vereinfachungen für die Rauchgasreinigung getroffen werden. Beim Gewebefilter wurde angenommen, dass während des jeweiligen Lastfalls gerade eine Reinigung stattfand und somit ein konstanter Luftstrom zugeführt wurde. Diese Annahme wurde getroffen, um den Einfluss dieser Luftmenge auf die Zusammensetzung und Temperatur des Rauchgases zu beurteilen. Bei den Rauchgaswäschern wurde angenommen, dass immer mit Betriebswasser gewaschen wird und eine konstante Menge Oxidationsluft dem Rauchgas beigemischt wird. In Wirklichkeit würde diese Oxidationsluft, wie in Kapitel 2 beschrieben, im Wäschersumpf eingebracht werden.

### 3.7.3 Gewebefilter

Der Gewebefilter wird im Modell als einfacher Mixer mit einem Druckverlust dargestellt (siehe Abbildung 49). Dabei wird wie schon angesprochen ein Luftgemisch in den Rauchgasstrom eingebracht. Um die Auswirkungen dieses Beimengens zu beurteilen, wurde ein „Composition Stream“ erstellt. Die Einstellungen wurden alle auf „estimate“ gesetzt, da sich das Gemisch aus der Luft und dem Rauchgas am Austritt des ECOs zusammensetzt. Am Gewebefilteraustritt wird das Rezirkulationsgas entnommen, welches zur Temperaturregelung der Brennkammer (siehe Kapitel 3.4) verwendet wird.

### 3.7.4 Rauchgaswäscher

Das Rauchgas tritt nach dem Gewebefilter in den Gas– Gas Wärmetauscher ein, indem, wie in Kapitel 2 schon beschrieben, das Rauchgas auf die gewünschte Wäschereintrittstemperatur von ca. 102 °C gekühlt wird. Diese und der Druckverlust des Wärmetauschers wurden auch als Parameter festgelegt (siehe Abbildung 50). Die Rauchgaswäsche wurde simuliert durch einen „Injector“ Apparat. Dabei wird 100 % flüssiges Wasser vollständig in Dampf umgewandelt. Ziel dieses Injektors ist, dass das Rauchgas gesättigt wird. Für dieses gesättigte Rauchgas legt man nun einen erneuten „Composition Stream“ an. Den Wäscher kann man nun auf zwei Arten regeln. Eine Möglichkeit ist, man gibt die Massenanteile des im Rauchgas vorkommenden H<sub>2</sub>O an und lässt den Massenstrom für die Quenche als variablen Parameter frei. Man variiert nun solange den H<sub>2</sub>O Massenanteil des Rauchgases, bis man auf die gewünschte Sättigungstemperatur kommt (siehe Abbildung 51). Dies ist nötig, da kein „Sättiger“ als Apparat in der „App\_Lib“ vorhanden ist. In Wirklichkeit stellt sich diese Sättigungstemperatur automatisch ein, da zu einem gegebenen H<sub>2</sub>O Massenanteil eine zugeordnete Sättigungstemperatur existiert. Eine zweite Möglichkeit besteht darin, die Sättigungstemperatur im Rauchgasstrang vorzugeben

und sich die Massenanteile des H<sub>2</sub>O im Rauchgas ausrechnen zu lassen, indem man alle Parameter des gesättigten Rauchgases auf „estimate“ setzt (siehe Abbildung 52).

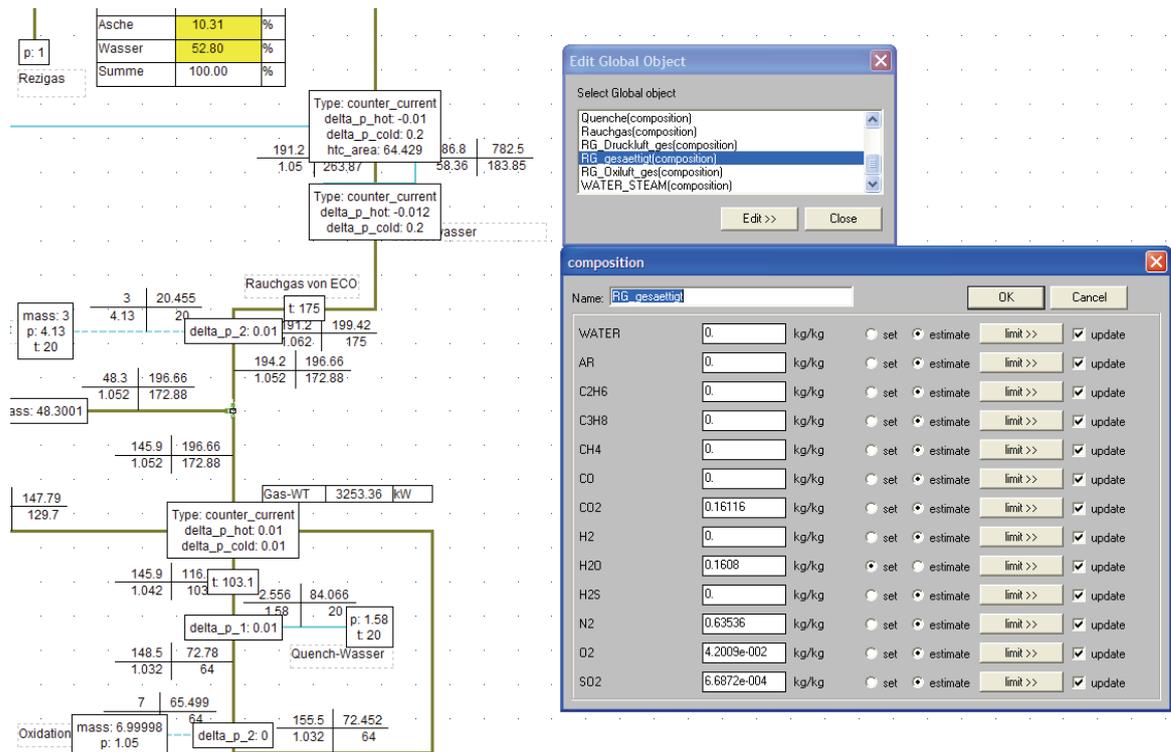


Abbildung 51: Variante 1, Vorgabe des H<sub>2</sub>O Anteils im Rauchgas

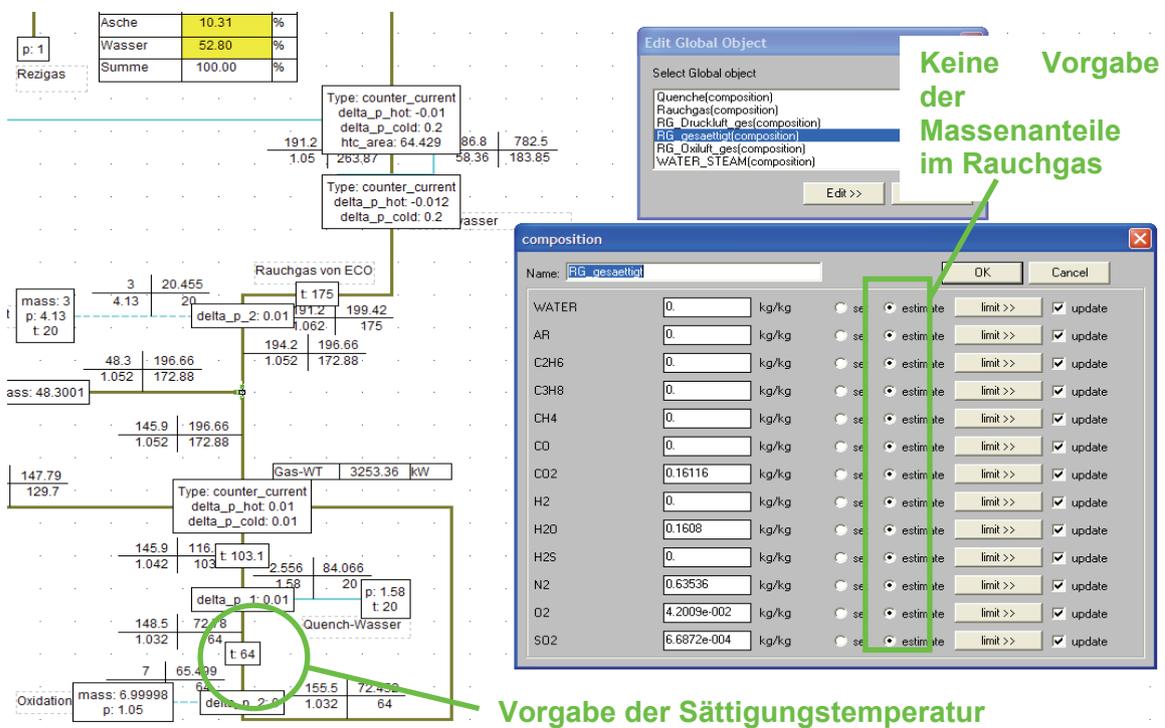


Abbildung 52: Variante 2, Vorgabe der Sättigungstemperatur, variable Rauchgaszusammensetzung

---

Um die Oxidationsluft, welche für die Reaktion im Rauchgaswäscher benötigt wird, im Rauchgas zu berücksichtigen, wurde wiederum ein „Composition Stream“ angelegt, wobei die Parameter alle auf „estimate“ gesetzt wurden, da sich die Zusammensetzung aus gesättigtem Rauchgas und Luft zusammensetzt. Nach der Beimischung der Oxidationsluft gelangt der Rauchgasstrom wieder in den Gas-Gas Wärmetauscher, wobei das gesättigte Rauchgas wieder auf ca. 120 – 130 °C aufgewärmt wird. Anschließend gelangt das Rauchgas in das Saugzuggebläse, von wo aus es in die DeNOx-Anlage geleitet wird (siehe Abbildung 49).

### 3.8 Feuerungskontrollrechnung

Im Zuge dieser Arbeit wurde ein „Excel Sheet“ erstellt, in dem das Rauchgas von der Brennkammer bis zum Kamin bilanziert wurde. Dies dient vor allem als Kontrolle und zum Vergleich mit dem IPSEpro Modell, da im IPSEpro nicht alle Bestandteile im Brennstoff und somit auch im Rauchgas vorgegeben werden konnten. Vor allem kann in diesem „Excel Sheet“ das, wenn auch nur in sehr geringen Mengen, in Reststoffen sehr häufig auftretende Chlor berücksichtigt werden.

Zunächst wird, ähnlich wie im IPSEpro Modell, ein Brennstoffmix aus Reststoff und Klärschlamm mittels Elementaranalyse vorgegeben (siehe Tabelle 1). In den nachstehenden Tabellen sind die Eingabewerte gelb markiert.

**Tabelle 1: Brennstoff Zusammensetzung**

		Reststoff				Klärschlamm			
Massenstrom	kg/h	20200				6580			
BWL	MW	65,425275				2,315428889			
Temperatur	°C	10							
Hu nach Boie	MJ/kg	11,8472				1,2668			
Hu nach Verbandsformel	MJ/kg	11,65995				1,331025			
Hu, tr	MJ/kg	16,60878				9,91964			
	Molare Masse kg/kmol	Massenanteil %	trocken %	Masse kg/h	Stoffmenge kmol/h	Massenanteil %	trocken %	Masse kg/h	Stoffmenge kmol/h
C	12,011	31,00%	41,33%	6262	521,36	6,00%	20,00%	394,8	32,87
H	1,0079	3,30%	4,40%	666,6	661,38	1,40%	4,67%	92,12	91,40
O	15,999	15,00%	20,00%	3030	189,39	4,90%	16,33%	322,42	20,15
S	32,065	0,20%	0,27%	40,4	1,26	0,20%	0,67%	13,16	0,41
N	14,007	1,50%	2,00%	303	21,63	1,00%	3,33%	65,8	4,70
Cl	35,453	0,30%	0,40%	60,6	1,71	0,00%	0,00%	0	0,00
Asche		23,70%	31,60%	4787,4		16,50%	55,00%	1085,7	
H <sub>2</sub> O (l)	18	25,00%		5050	280,56	70,00%		4606	255,89
Summe		100,00%	100,00%	20200	1677,27	100,00%	100,00%	6580	405,42

		Mischung			
Massenstrom	kg/h	26780			
BWL	MW	67,74070389			
Temperatur	°C				
Hu nach Boie	MJ/kg	9,247534877			
Hu nach Verbandsformel	MJ/kg	9,12207373			
Hu, tr	MJ/kg				
	Molare Masse kg/kmol	Massenanteil %	Masse kg/h	Stoffmenge kmol/h	
C	12,011	24,857%	6656,8	554,23	
H	1,0079	2,833%	758,72	752,77	
O	15,999	12,518%	3352,42	209,54	
S	32,065	0,200%	53,56	1,67	
N	14,007	1,377%	368,8	26,33	
Cl	35,453	0,226%	60,6	1,71	
Asche		21,931%	5873,1		
H <sub>2</sub> O (l)	18	36,057%	9656	536,44	
Summe		100,00%	26780	2082,69	

Zunächst werden eine Reststoffmenge und eine Klärschlammmenge vorgegeben. Weiters wird, wenn bekannt, eine Brennstofftemperatur vorgegeben. Für die Berechnung der

---

Heizwerte von festen Brennstoffen gibt es zwei Möglichkeiten. Einmal die Berechnung des Heizwertes über die Formel von Boie, und die davon abgeleitete Verbandsformel [9].

**Verbandsformel:**

$$H_U = 33914 * c + 119742 * (h - \frac{o}{8}) + 10467 * s - 2512 * w \quad (1)$$

$H_U$  ..... Heizwert [kJ/kg]

$c$  ..... Massenanteil Kohlenstoff [kg/kg]

$h$  ..... Massenanteil Wasserstoff [kg/kg]

$o$  ..... Massenanteil Sauerstoff [kg/kg]

$s$  ..... Massenanteil Schwefel [kg/kg]

$w$  ..... Massenanteil Wasser [kg/kg]

**Formel nach W. Boie:**

$$H_U = 34835 * c + 93870 * h + 6280 * n + 10465 * s - 10800 * o - 2440 * w \quad (2)$$

$H_U$  ..... Heizwert [kJ/kg]

$c$  ..... Massenanteil Kohlenstoff [kg/kg]

$h$  ..... Massenanteil Wasserstoff [kg/kg]

$o$  ..... Massenanteil Sauerstoff [kg/kg]

$s$  ..... Massenanteil Schwefel [kg/kg]

$w$  ..... Massenanteil Wasser [kg/kg]

Nach der Bestimmung des jeweiligen Heizwertes werden die Massenanteile der Mischung errechnet, indem die einzelnen Massen der Elemente zusammengezählt und durch die neue Gesamtmasse geteilt werden. Die Umrechnung von Massenanteile auf Volumenanteile erfolgt über die jeweilige molare Masse der Elemente.

**Molare Masse:**

$$M = \frac{m}{n} \quad (3)$$

M ..... molare Masse [kg/kmol]

m ..... Massen [kg]

n ..... Stoffmenge [kmol]

Anschließend wird der Heizwert der so entstehenden Mischung, über die Formel von Boie oder über die Verbandsformel berechnet.

**Tabelle 2: Rauchgasberechnung**

		Frischlufft				Falschlufft				Rauchgas ohne Rezi			
Norm-													
Volumenstrom	Nm³/h	66000,0				19500,0				104402,3			
Volumenstrom	m³/h	103598,6				21566,8				616995,9			
Standarddichte	kg/m³	1,3				1,3				1,3			
Feuchte	g/kg	0,0				0,0				0,0			
Druck	bar	1,0				1,0				1,0			
Temperatur	°C	150,0				25,0				1320,0			
Sättigung °C bei 1 bar		7,0				7,0				60,4			
Normvolumen		22,4											
	Molare Masse kg/kmol	Volumenanteil %	Massenanteil %	Masse kg/h	Stoffmenge kmol/h	Volumenanteil %	Massenanteil %	Masse kg/h	Stoffmenge kmol/h	Volumenanteil %	Massenanteil %	Masse kg/h	Stoffmenge kmol/h
H <sub>2</sub> O	18,015	1,00%	0,63%	530,80	29,46	1,00%	0,63%	156,83	8,71	20,39%	13,10%	17116,88	950,15
CO <sub>2</sub>	44,01	0,00%	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00	11,89%	18,67%	24391,46	554,23
N <sub>2</sub>	28,013	78,00%	76,00%	64379,88	2298,21	78,00%	76,00%	19021,33	679,02	64,16%	64,12%	83769,99	2990,40
O <sub>2</sub>	31,999	21,00%	23,37%	19799,38	618,75	21,00%	23,37%	5849,82	182,81	3,49%	3,98%	5205,19	162,67
SO <sub>2</sub>	64,06									0,04%	0,08%	107,22	1,67
NO <sub>2</sub>	46												
HCl	36,465									0,04%	0,05%	62,33	1,71
H <sub>2</sub> O(l)	18												
Summe		100,00%		84710,06	2946,43	100,00%		25027,97	870,54	100,00%		130653,06	4660,82

Ist nun der Brennstoff vorgegeben, werden die Frischluft und die Falschlufft definiert (siehe Tabelle 2). Dabei wird jeweils die Luftmenge, wie auch schon im IPSEpro Modell vorgegeben. Ebenfalls vorgegeben wird die jeweilige Lufttemperatur. Nun kann daraus die Zusammensetzung des Rauchgases bestimmt werden.

---

Dabei ergeben sich die Mole der einzelnen Bestandteile des Rauchgases wie folgt:

**H<sub>2</sub>O Anteil:**

$$n_{H_2O\_RG} = \frac{n_{H\_Br} - n_{Cl}}{2} + n_{H_2O(l)\_Br} + n_{H_2O\_Frischlufte} + n_{H_2O\_Falschlufte} \quad (4)$$

$n_{H_2O\_RG}$  ..... Stoffmenge Wasserdampf im Rauchgas [kmol]

$n_{H\_Br}$  ..... Stoffmenge Wasserstoff im Brennstoff [kmol]

$n_{Cl}$  ..... Stoffmenge Chlor im Brennstoff [kmol]

$n_{H_2O(l)\_Br}$  ..... Stoffmenge Wasser im Brennstoff [kmol]

$n_{H_2O\_Frischlufte}$  ..... Stoffmenge Wasserdampf in der Frischluft [kmol]

$n_{H_2O\_Falschlufte}$  ..... Stoffmenge Wasserdampf in der Falschlufte [kmol]

**CO<sub>2</sub> Anteil:**

$$n_{CO_2\_RG} = n_{C\_Br} \quad (5)$$

$n_{CO_2\_RG}$  ..... Stoffmenge Kohlendioxid im Rauchgas [kmol]

$n_{C\_Br}$  ..... Stoffmenge Kohlenstoff im Brennstoff [kmol]

**N<sub>2</sub> Anteil:**

$$n_{N_2\_RG} = \frac{n_{N\_Br}}{2} + n_{N_2\_Frischlufte} + n_{N_2\_Falschlufte} \quad (6)$$

$n_{N_2\_RG}$  ..... Stoffmenge Stickstoff im Rauchgas [kmol]

$n_{N\_Frischlufte}$  ..... Stoffmenge elementarer Stickstoff im Brennstoff [kmol]

$n_{N_2\_Frischlufte}$  ..... Stoffmenge Stickstoff in der Frischluft [kmol]

$n_{N_2\_Falschlufte}$  ..... Stoffmenge Stickstoff in der Falschlufte [kmol]

---

**O<sub>2</sub> Anteil:**

$$n_{O_2\_RG} = \frac{n_{O\_Br}}{2} + \frac{n_{H_2O(l)\_Br}}{2} + \frac{n_{H_2O\_Frischluf}}{2} + \frac{n_{H_2O\_Falschluf}}{2} + n_{O_2\_Frischluf} + n_{O_2\_Falschluf} - \left( \frac{n_{H_2O\_RG}}{2} + n_{CO_2\_RG} + n_{SO_2\_RG} \right) \quad (7)$$

- $n_{O_2\_RG}$  ..... Stoffmenge Sauerstoff im Rauchgas [kmol]  
 $n_{O\_Br}$  ..... Stoffmenge Sauerstoff im Brennstoff [kmol]  
 $n_{H_2O(l)\_Br}$  ..... Stoffmenge Wasser im Brennstoff [kmol]  
 $n_{H_2O\_Frischluf}$  ..... Stoffmenge Wasserdampf in der Frischluft [kmol]  
 $n_{H_2O\_Falschluf}$  ..... Stoffmenge Wasserdampf in der Falschluf [kmol]  
 $n_{O_2\_Frischluf}$  ..... Stoffmenge Sauerstoff in der Frischluft [kmol]  
 $n_{O_2\_Falschluf}$  ..... Stoffmenge Sauerstoff in der Falschluf [kmol]  
 $n_{H_2O\_RG}$  ..... Stoffmenge Wasserdampf im Rauchgas [kmol]  
 $n_{CO_2\_RG}$  ..... Stoffmenge Kohlendioxid im Rauchgas [kmol]  
 $n_{SO_2\_RG}$  ..... Stoffmenge Schwefeldioxid im Rauchgas [kmol]

**SO<sub>2</sub> Anteil:**

$$n_{SO_2\_RG} = n_{S\_Br} \quad (8)$$

- $n_{SO_2\_RG}$  ..... Stoffmenge Schwefeldioxid im Rauchgas [kmol]  
 $n_{S\_Br}$  ..... Stoffmenge Schwefel im Brennstoff [kmol]

**HCl Anteil:**

$$n_{HCl\_RG} = n_{Cl\_Br} \quad (9)$$

- $n_{HCl\_RG}$  ..... Stoffmenge Chlorwasserstoff im Rauchgas [kmol]  
 $n_{Cl\_Br}$  ..... Stoffmenge Chlor im Brennstoff [kmol]
-

Das gesamte Rauchgas ergibt sich nun durch das Beimischen des Rezirkulationsgases.

**Tabelle 3: Gesamte Rauchgaszusammensetzung**

		Rezigas				Rauchgas gesamt			
Norm-									
Volumenstrom	Nm³/h	6000,0				110402,3			
Volumenstrom	m³/h	9863,2				598805,2			
Standarddichte	kg/m³	1,3				1,3			
Feuchte	g/kg	0,0				0,0			
Druck	bar	1,0				1,0			
Temperatur	°C	170,0				1189,0			
Sättigung °C bei 1 bar		60,4				60,4			
Normvolumen									
	Molare Masse	Volumenanteil	Massenanteil	Masse	Stoffmenge	Volumenanteil	Massenanteil	Masse	Stoffmenge
	kg/kmol	%	%	kg/h	kmol/h	%	%	kg/h	kmol/h
H <sub>2</sub> O	18,015	20,39%	13,10%	983,71	54,60	20,39%	13,10%	18100,59	1004,75
CO <sub>2</sub>	44,01	11,89%	18,67%	1401,78	31,85	11,89%	18,67%	25793,23	586,08
N <sub>2</sub>	28,013	64,16%	64,12%	4814,26	171,86	64,16%	64,12%	88584,25	3162,26
O <sub>2</sub>	31,999	3,49%	3,98%	299,14	9,35	3,49%	3,98%	5504,33	172,02
SO <sub>2</sub>	64,06	0,04%	0,08%	6,16	0,10	0,04%	0,08%	113,39	1,77
NO <sub>2</sub>	46								
HCl	36,465	0,04%	0,05%	3,58	0,10	0,04%	0,05%	65,91	1,81
H <sub>2</sub> O(l)	18								
Summe		100,00%		7508,63	267,86	100,00%		138161,69	4928,68

Beim Rezirkulationsgas muss die Temperatur und der Volumenstrom in Tabelle 3 vorgegeben werden. In der Kontrollrechnung wurde die Druckluft zur Reinigung des Gewebefilters in Absprache mit der Linz Strom GmbH aufgrund der geringen Beeinflussung vernachlässigt. Da somit das Rauchgas und das Rezirkulationsgas dieselbe Zusammensetzung haben, ändert sich im Rauchgas an den Anteilen der Elemente nichts. Nun kann man durch einfaches Addieren der Volumsströme und mit Hilfe der Volumenanteile die Stoffmengen – und Massenanteile berechnen.

**Tabelle 4: Rauchgas Wäscherbilanz**

		Wäsche RG Kamin				Falschluff				RG Kamin			
Norm-													
Volumenstrom	Nm³/h	109800,6136				3000				112800,6136			
Volumenstrom	m³/h	137420,771				3262,320016				180826,2129			
Standarddichte	kg/m³	1,23				1,28				1,28			
Feuchte	g/kg	0				0				0			
Druck	bar	1				1				1			
Temperatur	°C	64,24				20				159			
Sättigung °C bei 1 bar		64,2				7							
Normvolumen		22,4											
	Molare Masse	Volumenanteil	Massenanteil	Masse	Stoffmenge	Volumenanteil	Massenanteil	Masse	Stoffmenge	Volumenanteil	Massenanteil	Masse	Stoffmenge
	kg/kmol	%	%	kg/h	kmol/h	%	%	kg/h	kmol/h	%	%	kg/h	kmol/h
H <sub>2</sub> O	18,015	24,30%	15,92%	21458,40	1191,14	1,00%	0,63%	24,13	1,34	23,70%	15,49%	21482,52	1192,48
CO <sub>2</sub>	44,01	11,31%	18,09%	24391,46	564,23	0,00%	0,00%	0,00	0,00	11,01%	17,59%	24391,46	564,23
N <sub>2</sub>	28,013	61,01%	62,13%	83769,99	2990,40	78,00%	76,00%	2926,36	104,46	61,50%	62,52%	86696,35	3094,86
O <sub>2</sub>	31,999	3,32%	3,86%	5205,19	162,67	21,00%	23,37%	899,97	28,13	3,79%	4,40%	6105,16	190,79
SO <sub>2</sub>	64,06	0,03%	0,08%	107,22	1,67					0,03%	0,08%	107,22	1,67
NO <sub>2</sub>	46	0,00%	0,00%							0,00%	0,00%	0,00	0,00
HCl	36,465	0,03%	0,05%	62,33	1,71					0,03%	0,04%	62,33	1,71
H <sub>2</sub> O(l)	18												
Summe		100,00%		134825,03	4901,81	100,00%		3850,46	133,93	100,07%		138675,49	5032,36

---

Beim Rauchgaswäscher wurde der Volumenanteil des H<sub>2</sub>O im Rauchgas angegeben (siehe Tabelle 4). Dabei bleiben die Stoffmengen der restlichen Komponenten unverändert. Es ist darauf zu achten, dass vor den Rauchgaswäschern das Rezirkulationsgas entnommen wird und somit mit dem Volumenstrom der Mischung „Rauchgas ohne Rezi“ (siehe Tabelle 2) gerechnet werden muss. Durch eine entsprechende Iteration im Excel bekommt man nun die Stoffmenge H<sub>2</sub>O im Rauchgas. Somit stellt sich auch eine Sättigungstemperatur entsprechend dem Anteil des H<sub>2</sub>O im Rauchgas ein. Die Falschluff in Tabelle 4 entspricht der Oxidationsluft im Modell. Durch einfache Addition der Stoffmengen oder der Massen ergibt sich nun die endgültige Zusammensetzung des Rauchgases, welches in den Kamin geleitet wird.

Aufgrund verschiedenster Berechnungen zeigte sich, dass das Chlor einen sehr geringen Einfluss hat und somit mit dem IPSEpro Modell ebenfalls sehr gute Ergebnisse erzielt werden können.

---

## 4 Vergleich Modell - Messwerte

### 4.1 Allgemeines

Im Zuge dieser Arbeit wurden sechs Lastpunkte betrachtet, wobei drei Lastfälle vor dem Umbau und drei Lastfälle nach dem Umbau des Economisers berechnet wurden. Es wurden folgende Betriebsarten betrachtet:

- Entnahme- Kondensationsbetrieb
- Reiner Kondensationsbetrieb
- Teillastbetrieb

Da sich das Kraftwerk zum Zeitpunkt der Diplomarbeit noch im Probebetrieb befand, standen jeweils nur begrenzte Zeitfenster für die jeweilige Betriebsart zur Verfügung. Für den Vergleich der Simulationen mit den Messwerten wurden anhand der Verfahrensschema bzw. der Leittechnikbilder relevante Messstellen festgelegt (siehe Kapitel 4.3). Diese wurden mit Hilfe der Kraftwerkskennzeichnungsnummer (kurz KKS) identifiziert und deren Werte aus der Betriebsdatenbank in jeweils 15 min. Abständen entnommen. Von diesen Messwerten wurde wiederum der Mittelwert über den betrachteten Zeitraum gebildet, um die teilweise sehr großen Schwankungen der Werte (siehe Abbildungen 54- 59) glätten zu können.

Hauptaugenmerk lag beim Vergleich zwischen Modellwerten und Messwerten auf folgenden Kenndaten:

- Kesselleistung
- Wirkleistung de Generators
- Fernwärmeleistung bzw. Fernwärmemassenstrom
- Luftvorwärmung
- ND-Vorwärmung
- Einhaltung der Frischdampfparameter
- Einhaltung der Eintrittstemperatur in den Gewebefilter

---

Für die betrachteten Lastpunkte ist jeweils ein Diagramm mit den wichtigsten Kennlinien eingefügt (siehe Abbildung 53-58). Diese dienen dazu, einen besseren Überblick über die wichtigsten Parameter der Anlage während des Betriebs im jeweiligen Lastfall, geben zu können. Anbei die Legende für die relevanten Parameter der Diagramme.

	Fernwärmeleistung
	Wirkleistung Generator
	Mengenmessung Frischdampf

## 4.2 Betrachtete Lastpunkte

### 4.2.1 Lastfall 1

Der Zeitraum am 01. Jänner 2012 von 15:00-21:00 Uhr wurde als erster Lastfall festgelegt, da die Anlage, wie in Abbildung 53 ersichtlich, mit relativ konstanter Leistung betrieben wurde. In diesem Zeitraum wurde die Anlage im Entnahme-Kondensationsbetrieb betrieben, also mit Fernwärmeauskopplung. Bei diesem Lastfall waren noch fünf Überhitzer und nur ein Economiser im Einsatz.

Tabelle 5: Überblicksdaten, Lastfall 1

Lastfall 1					
Datum	Zeitraum	Betriebsart	Wichtigste Kenndaten		
01.01.2012	15:00:00 - 21:00:00	Entnahme-Kondensationsbetrieb	Kesselleistung	MW	70,83
			Dampfmenge	t/h	88,09
			Wirkleistung Generator	MW	13,93
			Fernwärmeleistung	MW	33,53
			Luftvorwärmung	MW	3,82
			ND-Vorwärmung	MW	0

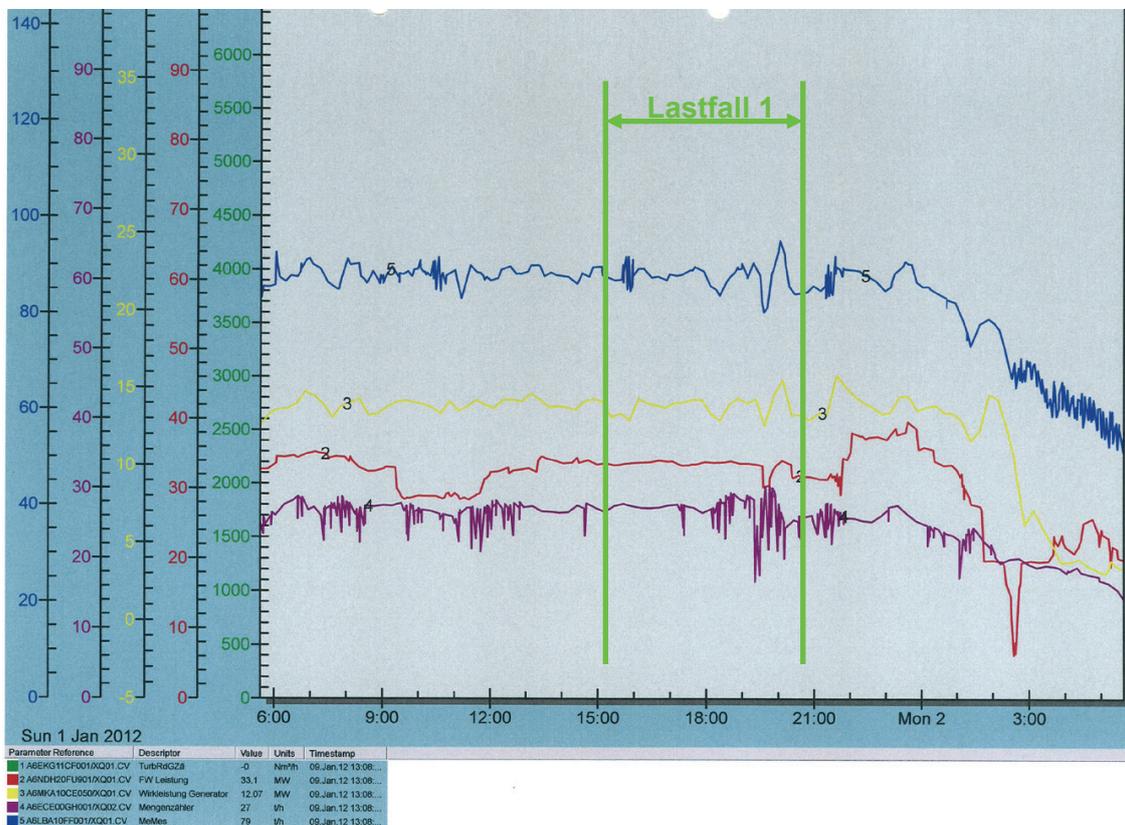


Abbildung 53: Hauptdaten, Lastfall 1

## 4.2.2 Lastfall 2

Beim Lastfall 2 wurde wieder ein Entnahme– Kondensationsbetrieb gewählt. Wiederum wurde ein Messraum gesucht, in welchem die Anlage mit relativ konstanten Parametern betrieben wurde. Dabei bot sich der 27.Jänner 2012 von 15:00 – 21:00 Uhr an. Wiederum waren fünf Überhitzer und nur ein Economiser im Einsatz.

Tabelle 6: Überblicksdaten, Lastfall 2

Lastfall 2				
Datum	Zeitraum	Betriebsart	Wichtigste Kenndaten	
27.01.2012	15:00:00 - 21:00:00	Entnahme- Kondensationsbetrieb	Kesselleistung MW	71,89
			Dampfmenge t/h	87,80
			Wirkleistung Generator MW	15,06
			Fernwärmeleistung MW	36,83
			Luftvorwärmung MW	3,76
			ND-Vorwärmung MW	0

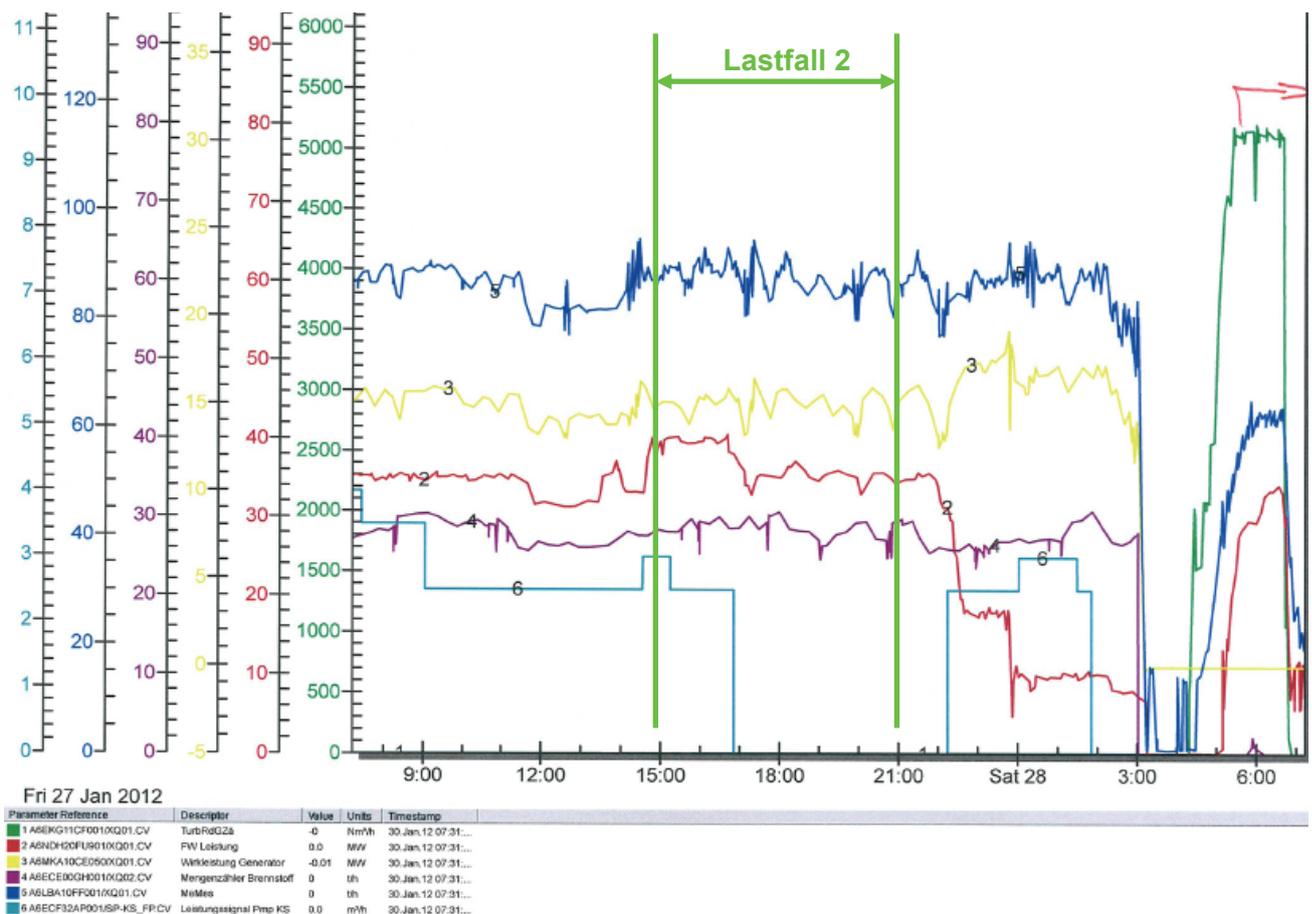


Abbildung 54: Hauptdaten, Lastfall 2

### 4.2.3 Lastfall 3

Beim dritten Lastfall wurde ein Teillastbetrieb herangezogen. Am 30.März.2012 von 14:00 – 19:00 Uhr wurde die Anlage konstant im Teillastbereich betrieben. Wiederum war dies im Zeitraum vor dem Umbau, sodass fünf Überhitzer und eine Economiserstufe in Betrieb waren. Die Anlage wurde wieder im Entnahme- Kondensationsbetrieb betrieben.

Tabelle 7: Überblicksdaten, Lastfall 3

Lastfall 3				
Datum	Zeitraum	Betriebsart	Wichtigste Kenndaten	
30.03.2012	14:00:00 - 19:00:00	Teillastbetrieb Entnahme- Kondensationsbetrieb	Kesselleistung MW	51,39
			Dampfmenge t/h	62,87
			Wirkleistung Generator MW	9,19
			Fernwärmeleistung MW	26,27
			Luftvorwärmung MW	2,27
			ND-Vorwärmung MW	0

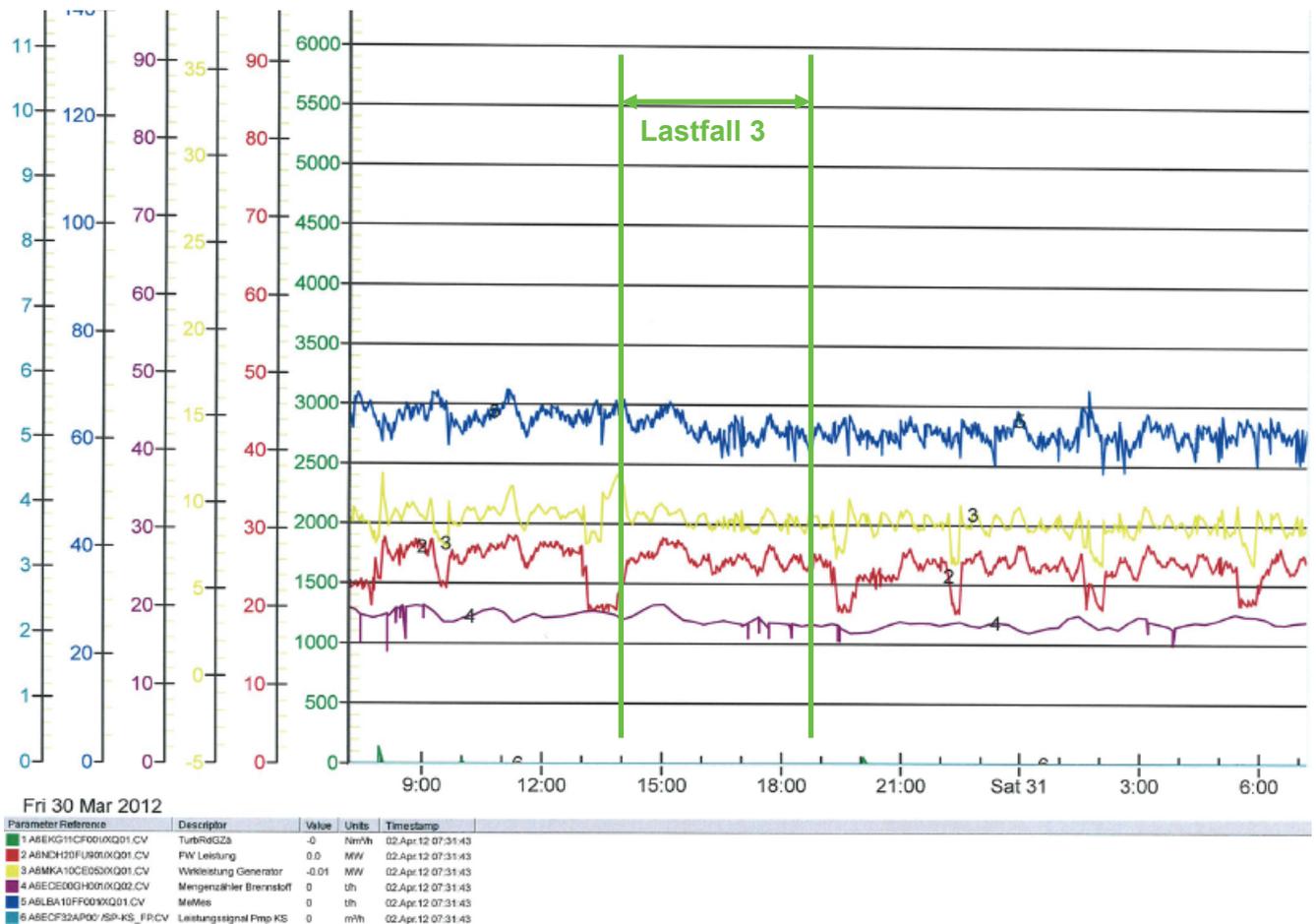


Abbildung 55: Hauptdaten, Lastfall 3

#### 4.2.4 Lastfall 4

Der vierte Lastfall ist der Erste nach dem Umbau des Überhitzers zu einer weiteren Economiser Stufe. Für den Lastfall 4 wurde der Zeitraum am 11. April 2012 von 14:00 – 19:00 Uhr gewählt. In dieser Zeit wurde die Anlage im reinen Kondensationsbetrieb gefahren, sprich die gesamte Dampfmenge wurde über die Turbine geleitet und kein Dampf aus der Entnahme für die Fernwärmeauskopplung entnommen.

Tabelle 8: Überblicksdaten, Lastfall 4

Lastfall 4					
Datum	Zeitraum	Betriebsart	Wichtigste Kenndaten		
11.04.2012	14:00:00 - 19:00:00	Kondensationsbetrieb	Kesselleistung	MW	69,97
			Dampfmenge	t/h	88,41
			Wirkleistung Generator	MW	19,81
			Fernwärmeleistung	MW	0,35
			Luftvorwärmung	MW	3,26
			ND-Vorwärmung	MW	4,2

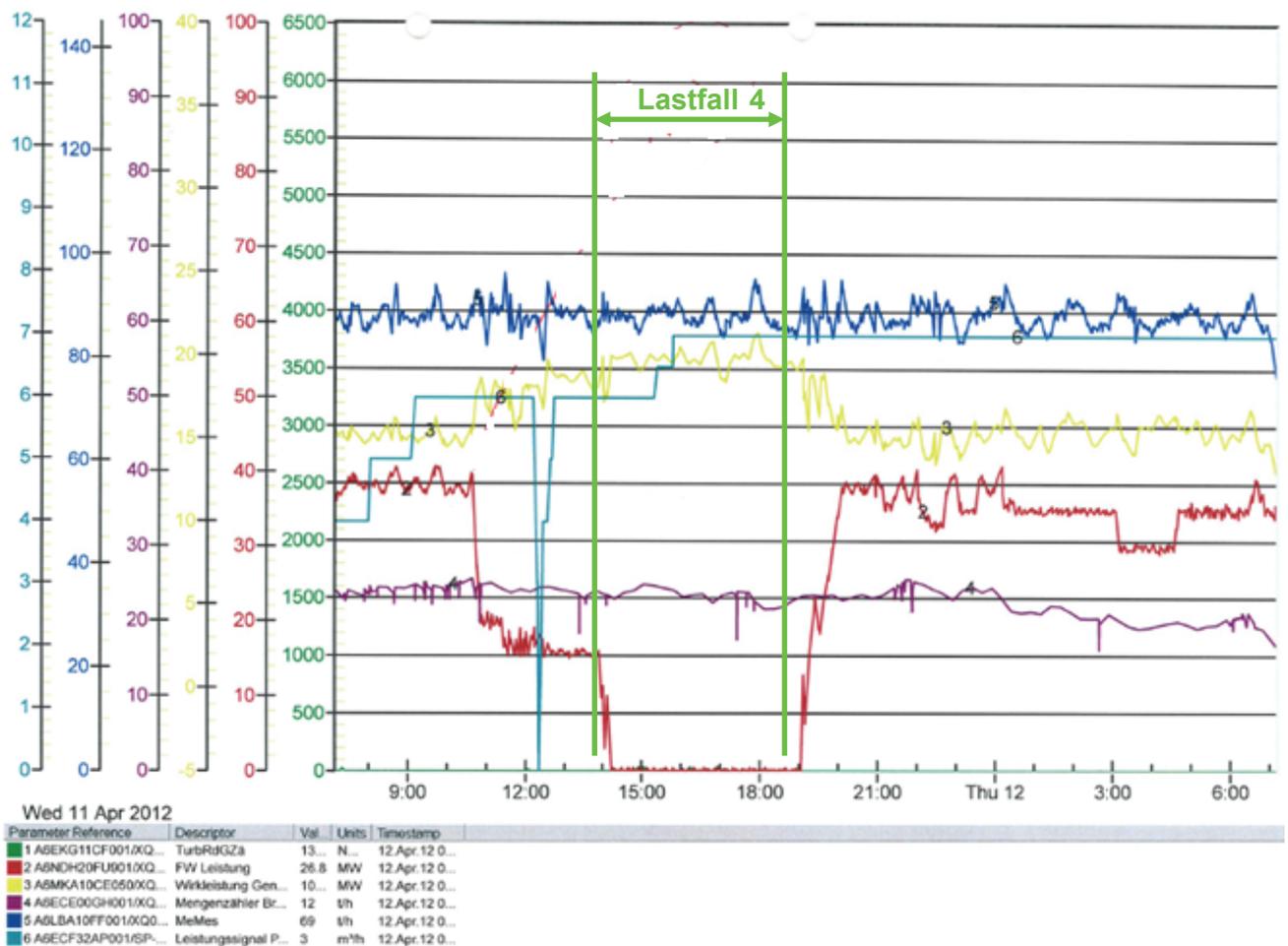


Abbildung 56: Hauptdaten, Lastfall 4

## 4.2.5 Lastfall 5

Der Lastfall 5 ist ident mit Lastfall 4, jedoch wurden die Messwerte am 10. April 2012 von 19:00 – 00:00 Uhr aufgenommen. Die Anlage wurde wieder im reinen Kondensationsbetrieb betrieben.

Tabelle 9: Überblicksdaten, Lastfall 5

Lastfall 5					
Datum	Zeitraum	Betriebsart	Wichtigste Kenndaten		
10.04.2012	19:00:00 - 00:00:00	Kondensationsbetrieb	Kesselleistung	MW	70,46
			Dampfmenge	t/h	88,19
			Wirkleistung Generator	MW	19,78
			Fernwärmeleistung	MW	0
			Luftvorwärmung	MW	3,16
			ND-Vorwärmung	MW	4,2

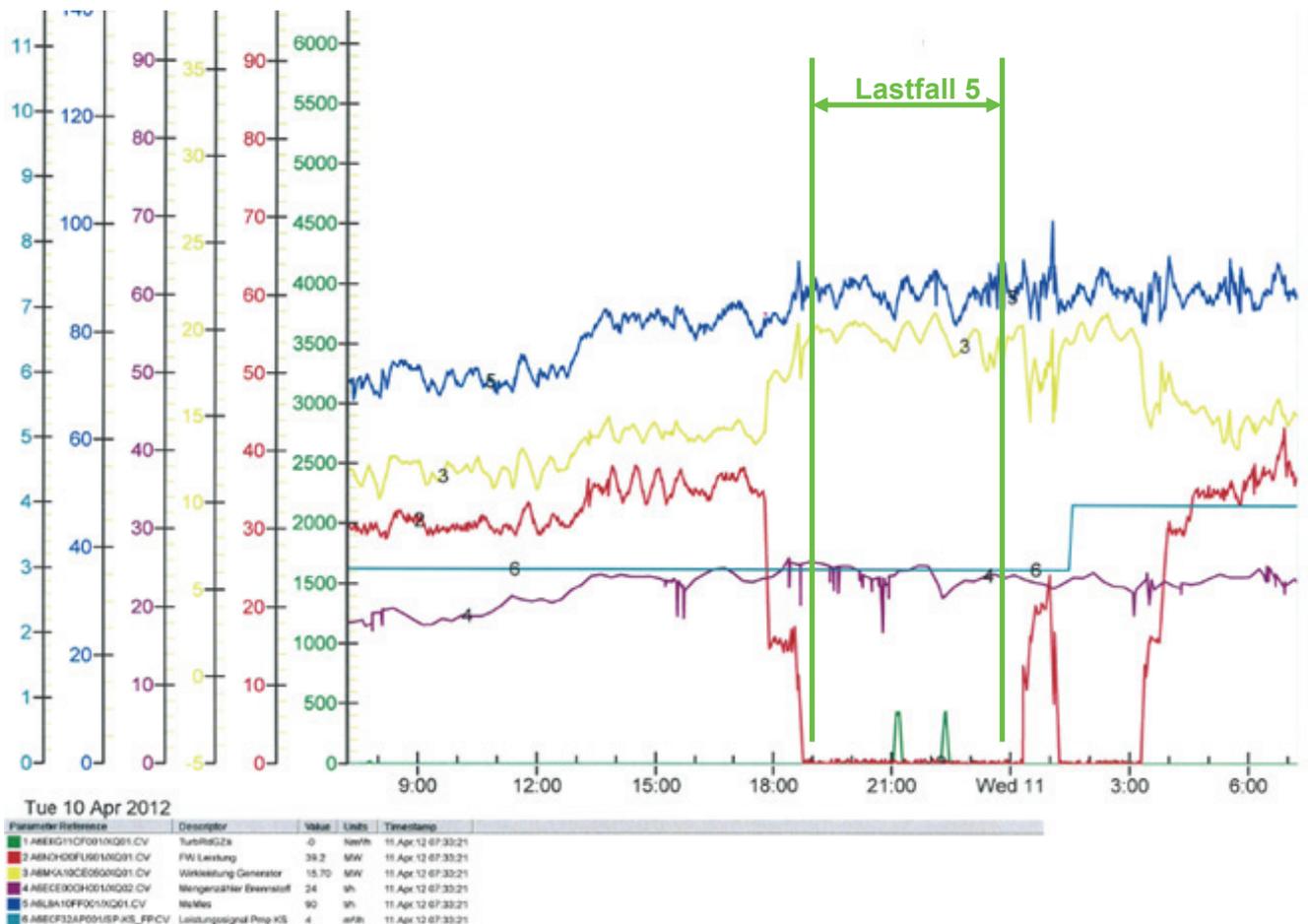


Abbildung 57: Hauptdaten, Lastfall 5

## 4.2.6 Lastfall 6

Beim Lastfall 6 wurde wieder ein Entnahme- Kondensationsbetrieb gewählt, dieses Mal jedoch nach dem Umbau. Dafür wurde am 15. April 2012 der Zeitraum von 23:00 – 03:00 Uhr gewählt.

Tabelle 10: Überblicksdaten, Lastfall 6

Lastfall 6					
Datum	Zeitraum	Betriebsart	Wichtigste Kenndaten		
15.04.2012	23:00:00 - 03:00:00	Entnahme- Kondensationsbetrieb	Kesselleistung	MW	70,59
			Dampfmenge	t/h	88,72
			Wirkleistung Generator	MW	15,19
			Fernwärmeleistung	MW	37,97
			Luftvorwärmung	MW	3,34
			ND-Vorwärmung	MW	0

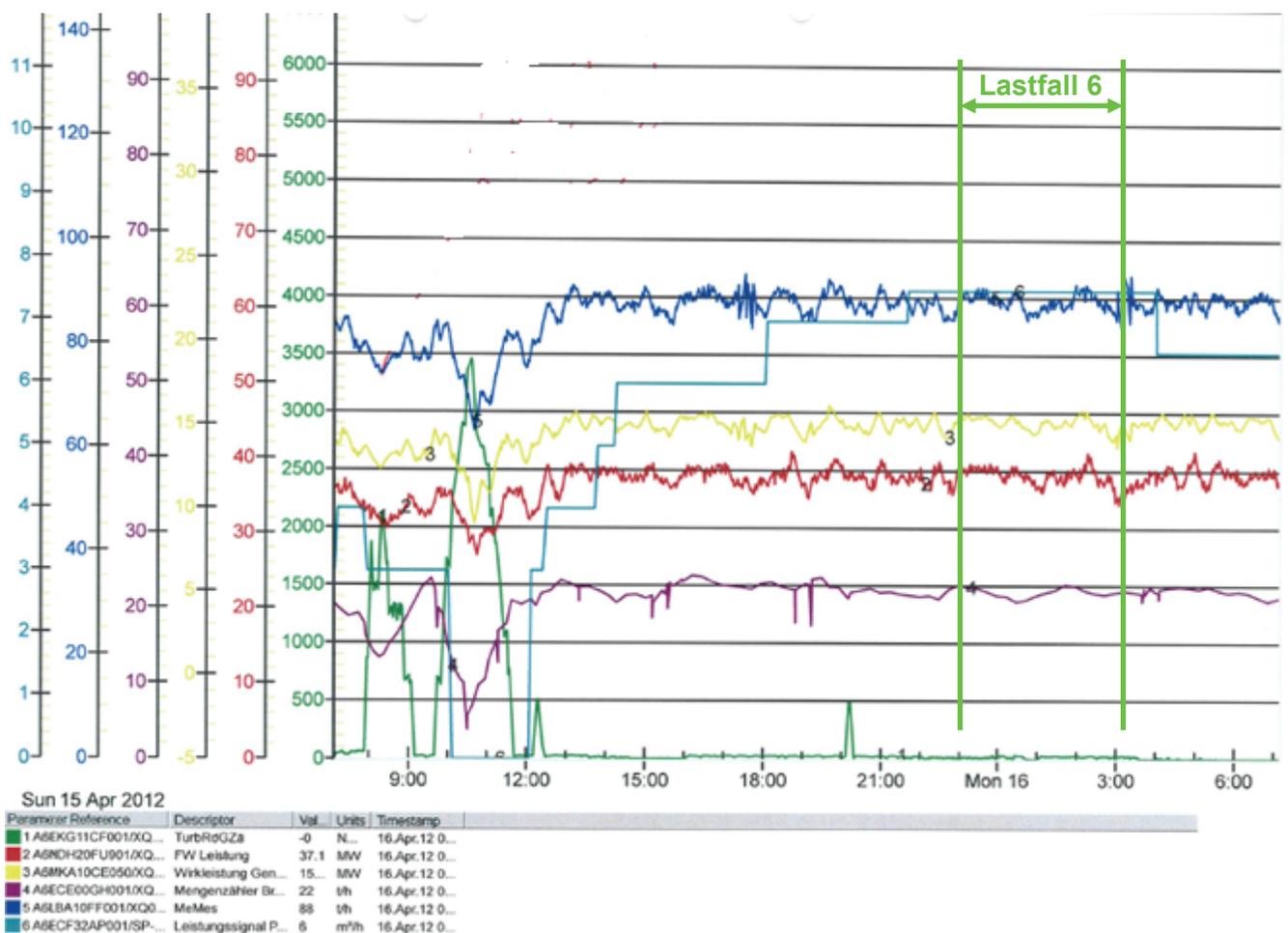


Abbildung 58: Hauptdaten, Lastfall 6

---

### 4.3 Festlegung von relevanten Messstellen

Die relevanten Messwerte wurden anhand der Leittechnikbilder und der P&IDs ausgewählt. Dabei wurde darauf geachtet möglichst Messstellen zu wählen, bei denen eine gute Messung angenommen werden kann. Messungen können von diversen Parametern beeinflusst werden. So ist zum Beispiel wichtig, wie die Messstrecke aussieht, wo die Messung liegt, ob eventuell heiße oder kalte Ströme Messungen beeinflussen können, ob die Messung verdeckt wird, usw.. Zur besseren Übersicht befinden sich im Anhang die Leittechnikbilder, in denen die gewählten Messstellen rot markiert wurden.

#### 4.4 Vergleich Berechnung IPSEpro / Messwerte

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Messwerte in Anlagenbereiche, wie z.B. Kessel, Turbine, Brennkammer usw. aufgeteilt. Diese Aufteilung dient auch dazu, eine gewisse Reihenfolge bei der Eingabe der Vorgabewerte einzuhalten um ein stabiles rechnen zu ermöglichen. Anhand des Lastfalls 1, wird nachfolgend veranschaulicht, wie die Rechnung an die Messwerte angepasst, bzw. die Werte mit der Rechnung verglichen wurden. Wie schon beschrieben, wurden die Messwerte jeweils in Abständen von 15 Minuten aufgezeichnet und diese über die Dauer des Zeitraums gemittelt. Gelb markierte Werte sind Vorgabewerte für das IPSEpro Modell und wurden in Absprache mit der Linz Strom GmbH und dem jeweiligen Anlagenteillieferanten getroffen. Druckangaben verstehen sich, wenn nicht anders angegeben, als relative Druckangaben zur Umgebung. Um den Absolutdruck zu erhalten muss 1 bar addiert werden.

**Tabelle 11: Messwerte Lastfall 1, Kessel**

		Kessel		
Zeitraum	Bezeichnung	Frischdampfmenge	Frischdampfparameter	Frischdampfparameter
01.01.2012 15:00	KKS:	A6LBA10FF001	A6LBA10CT901	A6LBA10CP901
01.01.2012 21:00	Art der Messung:	Durchfluss	Temp.	Druck
	Einheit:	t/h	°C	barg
01.01.12 15:15:00		89,52	418,18	44,59
01.01.12 15:30:00		87,01	417,58	44,61
01.01.12 15:45:00		87,61	421,20	44,67
01.01.12 16:00:00		89,32	420,85	44,59
01.01.12 16:15:00		89,54	421,21	44,72
01.01.12 16:30:00		88,77	419,62	44,58
01.01.12 16:45:00		88,12	419,86	44,64
01.01.12 17:00:00		87,68	419,78	44,65
01.01.12 17:15:00		88,41	421,13	44,68
01.01.12 17:30:00		88,67	421,61	44,69
01.01.12 17:45:00		89,69	421,22	44,73
01.01.12 18:00:00		89,50	418,53	44,61
01.01.12 18:15:00		86,85	417,43	44,59
01.01.12 18:30:00		85,18	418,05	44,61
01.01.12 18:45:00		87,81	422,50	44,71
01.01.12 19:00:00		89,88	421,29	44,74
01.01.12 19:15:00		89,53	417,93	44,64
01.01.12 19:30:00		90,10	417,28	44,68
01.01.12 19:45:00		82,59	413,71	44,55
01.01.12 20:00:00		89,82	429,56	44,77
01.01.12 20:15:00		93,52	421,96	44,69
01.01.12 20:30:00		85,13	415,72	44,55
01.01.12 20:45:00		84,66	419,94	44,64
01.01.12 21:00:00		85,21	417,53	44,57
	Mittelwerte	88,09	419,74	44,65
	Werte aus IPSE Modell	88,09	419,74	44,65

Als Vorgabewerte für den Lastfall 1 wurden die Frischdampfmenge, die Frischdampftemperatur und der Frischdampfdruck in der Frischdampfleitung vorgegeben.

**Tabelle 12: Messwerte Lastfall 1, Brennkammer**

		Brennkammer					
Zeitraum	Bezeichnung	Mischheizwert Brennstoff	Heizwert Reststoff	Reststoffmenge ges.	Klärschlammmenge gerechnet	O2 Messung nach Dackel	Rezigasmenge
01.01.2012 15:00	KKS:	A6ECY00FU901	A6ECY00EU001		A6HBK70CQ901	A6HBK70CQ901	A6HNF60FF001
01.01.2012 21:00	Art der Messung:	-	-	Durchfluss	Durchfluss	O2 Messung	Durchfluss
	Einheit:	kJ/kg	kJ/kg	t/h	t/h	%	Nm³/h
01.01.12 15:15:00		7986,96	9368,89	27,03	4,91	3,58	10733,02
01.01.12 15:30:00		8046,88	9371,80	27,44	4,64	3,47	4345,75
01.01.12 15:45:00		8069,71	9378,52	27,74	4,64	3,44	4009,57
01.01.12 16:00:00		8049,52	9354,31	27,66	4,78	3,56	9503,41
01.01.12 16:15:00		7997,60	9294,70	27,53	4,50	3,47	15489,34
01.01.12 16:30:00		8026,41	9301,62	27,30	4,64	3,50	11009,95
01.01.12 16:45:00		8070,61	9336,96	27,37	4,10	3,51	4031,83
01.01.12 17:00:00		8084,18	9332,64	27,68	4,91	3,44	3374,55
01.01.12 17:15:00		8074,52	9318,16	27,76	4,37	3,54	7180,15
01.01.12 17:30:00		8038,07	9278,46	27,64	4,64	3,54	15585,27
01.01.12 17:45:00		8034,29	9283,15	27,49	4,50	3,49	16281,15
01.01.12 18:00:00		8062,22	9355,30	26,85	4,50	3,51	15002,16
01.01.12 18:15:00		8100,12	9407,09	27,03	4,78	3,58	8538,47
01.01.12 18:30:00		8065,80	9372,37	28,01	4,78	3,46	3157,67
01.01.12 18:45:00		7995,41	9242,00	28,77	4,64	3,49	2669,89
01.01.12 19:00:00		7922,09	9101,47	29,08	4,50	3,44	2210,18
01.01.12 19:15:00		7996,04	9000,64	29,02	3,41	3,65	2535,32
01.01.12 19:30:00		8031,22	9027,59	25,95	3,28	3,38	3729,92
01.01.12 19:45:00		8321,97	9202,12	26,93	2,87	3,47	971,01
01.01.12 20:00:00		8314,58	9136,78	28,56	2,73	3,54	19713,27
01.01.12 20:15:00		8388,79	9340,74	25,77	2,73	3,37	24441,68
01.01.12 20:30:00		8603,56	9575,23	25,35	2,59	3,59	15133,94
01.01.12 20:45:00		8596,17	9556,89	26,10	2,87	3,57	19078,27
01.01.12 21:00:00		8631,73	9752,88	26,29	3,41	3,47	17239,77
	Mittelwerte	8146,19	9320,43	27,35	4,07	3,50	9831,90
	Werte aus IPSE Modell	8400,00	-	27,35	4,07	3,54	9808

Vorgabewerte für die Brennkammer waren unter anderem die Summe aus dem Reststoffmassenstrom und der Klärschlammmenge. Wie in Tabelle 12 ersichtlich, weicht der Heizwert des IPSEpro- Modells von dem gemessenen Heizwert ab. Dies liegt an einer ungenauen Mengenmessung des Reststoffes, die vermutlich zu 10% schwankt. Da der Heizwert abhängig ist vom Verhältnis des Reststoffes zum Klärschlamm kann gesagt werden, dass diese ungenaue Gewichtsmessung auch Schwankungen des Heizwertes zur Folge hat.

**Tabelle 13: Messwerte Lastfall 1, Turbine**

Zeitraum	Bezeichnung	Turbine				
		Wirkleistung Generator	MD-Dampf	MD-Dampf	ND-Dampf	ND-Dampf
		KKS: A6MKA10CE050	A6LBS50CP001	A6LBS50CT001	A6LBS70CP001	A6LBS70CT001
01.01.2012 15:00 01.01.2012 21:00	Art der Messung	Leistung	Druck	Temp.	Druck	Temp.
	Einheit	MW	bar	°C	bar	°C
01.01.12 15:15:00		14,13	25,15	370,13	2,96	170,00
01.01.12 15:30:00		13,26	24,01	369,07	2,84	167,20
01.01.12 15:45:00		13,42	24,17	372,27	2,86	170,00
01.01.12 16:00:00		13,25	23,96	373,20	2,82	169,67
01.01.12 16:15:00		14,30	25,37	371,40	2,97	170,60
01.01.12 16:30:00		14,12	25,13	370,87	2,95	170,80
01.01.12 16:45:00		13,96	24,86	370,40	2,95	170,33
01.01.12 17:00:00		13,89	24,74	370,13	2,95	170,67
01.01.12 17:15:00		14,12	25,00	371,60	2,98	171,87
01.01.12 17:30:00		14,15	25,09	371,73	2,98	171,73
01.01.12 17:45:00		14,38	25,41	372,20	3,00	171,87
01.01.12 18:00:00		14,27	25,32	369,87	2,99	170,13
01.01.12 18:15:00		13,68	24,52	368,60	2,92	169,00
01.01.12 18:30:00		13,23	23,94	370,00	2,84	168,07
01.01.12 18:45:00		13,92	24,81	372,47	2,93	171,40
01.01.12 19:00:00		14,41	25,43	371,67	3,01	171,80
01.01.12 19:15:00		14,33	25,35	370,07	3,02	170,93
01.01.12 19:30:00		14,41	25,49	368,53	3,03	169,60
01.01.12 19:45:00		12,86	23,02	367,13	2,69	162,73
01.01.12 20:00:00		14,62	25,48	377,87	2,95	174,13
01.01.12 20:15:00		15,44	26,68	375,13	3,22	176,07
01.01.12 20:30:00		13,48	23,97	369,00	2,92	169,47
01.01.12 20:45:00		13,49	23,83	372,40	2,82	168,73
01.01.12 21:00:00		13,18	23,50	371,27	2,76	166,67
	Mittelwerte	13,93	24,76	371,13	2,93	170,14
	Werte aus IPSE Modell	14,13	24,76	371,13	2,93	172,61

**Tabelle 14: Messwerte Lastfall 1, Turbine**

Zeitraum	Bezeichnung	Turbine					
		Heizdampf	Heizdampf	Heizdampf	NDVW Dampf	NDVW Dampf	Abdampf
		KKS: A6LBD10CP001	A6LBD10CT001	A6NAB20CF901	A6LBS50CP001	A6LBS50CT001	A6MAG10CF901
01.01.2012 15:00 01.01.2012 21:00	Art der Messung	Druck	Temp.	Durchfluss	Druck	Temp.	Druck
	Einheit	bara	°C	t/h	bara	°C	bar
01.01.12 15:15:00		1,58	113,00	54,93	0,22	63,73	0,018
01.01.12 15:30:00		1,59	113,00	54,82	0,18	59,67	0,017
01.01.12 15:45:00		1,59	113,00	54,92	0,19	59,93	0,017
01.01.12 16:00:00		1,59	113,00	54,66	0,17	58,80	0,017
01.01.12 16:15:00		1,58	113,00	54,83	0,22	63,60	0,018
01.01.12 16:30:00		1,58	113,00	54,74	0,21	63,20	0,018
01.01.12 16:45:00		1,58	113,00	54,88	0,21	62,67	0,018
01.01.12 17:00:00		1,59	113,00	54,84	0,21	62,60	0,018
01.01.12 17:15:00		1,58	113,00	54,64	0,22	63,87	0,018
01.01.12 17:30:00		1,58	113,00	54,92	0,22	63,67	0,018
01.01.12 17:45:00		1,58	113,00	54,78	0,22	64,20	0,018
01.01.12 18:00:00		1,58	113,00	54,94	0,22	64,27	0,018
01.01.12 18:15:00		1,58	113,00	54,70	0,20	61,53	0,017
01.01.12 18:30:00		1,58	113,00	54,88	0,18	59,47	0,017
01.01.12 18:45:00		1,59	113,00	54,95	0,20	61,80	0,017
01.01.12 19:00:00		1,58	113,00	54,91	0,23	64,13	0,018
01.01.12 19:15:00		1,58	113,00	54,84	0,23	64,73	0,018
01.01.12 19:30:00		1,58	113,00	54,90	0,23	64,80	0,018
01.01.12 19:45:00		1,57	112,60	50,97	0,20	62,40	0,017
01.01.12 20:00:00		1,57	112,80	52,90	0,24	65,73	0,018
01.01.12 20:15:00		1,58	113,00	55,15	0,27	68,40	0,019
01.01.12 20:30:00		1,58	113,00	53,72	0,21	63,07	0,018
01.01.12 20:45:00		1,57	112,80	51,50	0,22	63,40	0,018
01.01.12 21:00:00		1,57	112,87	51,62	0,20	62,20	0,017
	Mittelwerte	1,58	112,96	54,29	0,21	62,99	0,018
	Werte aus IPSE Modell	1,58	112,92	52,50	0,35	72,68	0,018

Bei der Turbine sind die Frischdampfparameter, die Drücke der einzelnen Anzapfungen, sowie der Entnahme- und der Kondensatordruck, wie in Tabelle 13 und 14 ersichtlich, vorgegeben. Die Temperaturen an den jeweiligen Anzapfungen stellen sich aufgrund des vorgegebenen Wirkungsgrades der Turbinen ein. Der Anzapfdruck für den Niederdruckvorwärmer ist, wie in Tabelle 18 (Anzapfung 3) ersichtlich, höher als der der Messwert. Der Grund dafür ist, dass der Niederdruckvorwärmer in diesem Lastfall keine Leistung überträgt. Im IPSEpro Modell muss jedoch eine minimale Leistung übertragen werden, um keinen Rechenfehler zu erzeugen. Die Anzapftemperatur muss über der Mischtemperatur des Haupt- und Heizkondensates liegen, um thermodynamisch korrekt eine Leistung zu übertragen. Dies gelingt jedoch nur bei einem höheren Anzapfdruck. Auswirkungen hat diese rechnerische Anzapf- Druckerhöhung nur sehr geringe, da im Entnahme – Kondensationsbetrieb nur eine geringe Menge Dampf über die letzten zwei Turbinenstufen geführt wird. Die Wirkleistung des Generators wurde in diesem Fall mit 14,13 MW sehr gut angenähert.

**Tabelle 15: Messwerte Lastfall 1, Fernwärme**

		Fernwärme				
Zeitraum	Bezeichnung	FW Vorlauf	FW Vorlauf	FW Rücklauf	FW-Rücklauf	FW Vorlauf
<b>01.01.2012 15:00</b>	KKS:	A6NDH20CT901	A6NDH20CP001	A6NDH10CT901	A6NDH10CP001	A6NDH20CF901
<b>01.01.2012 21:00</b>	Art der Messung:	Temp.	Druck.	Temp.	Druck	Durchfluss
	Einheit:	°C	bar	°C	bar	t/h
01.01.12 15:15:00		109,96	6,18	56,08	4,72	540,76
01.01.12 15:30:00		110,01	6,19	56,08	4,73	539,86
01.01.12 15:45:00		110,02	6,19	55,86	4,70	538,89
01.01.12 16:00:00		109,99	6,19	55,68	4,70	537,16
01.01.12 16:15:00		110,00	6,18	55,66	4,71	536,29
01.01.12 16:30:00		109,98	6,18	55,56	4,73	535,23
01.01.12 16:45:00		109,99	6,18	55,60	4,71	535,41
01.01.12 17:00:00		110,05	6,18	55,73	4,71	537,30
01.01.12 17:15:00		109,97	6,17	55,62	4,72	534,96
01.01.12 17:30:00		109,98	6,18	55,67	4,71	537,10
01.01.12 17:45:00		110,01	6,17	55,52	4,71	535,84
01.01.12 18:00:00		109,99	6,18	55,84	4,71	537,03
01.01.12 18:15:00		110,02	6,18	55,61	4,71	534,76
01.01.12 18:30:00		110,00	6,19	55,56	4,69	535,20
01.01.12 18:45:00		110,02	6,19	55,35	4,68	534,57
01.01.12 19:00:00		110,02	6,18	55,23	4,70	532,29
01.01.12 19:15:00		109,97	6,18	55,21	4,70	532,12
01.01.12 19:30:00		109,99	6,18	55,27	4,69	531,87
01.01.12 19:45:00		110,06	6,18	55,30	4,68	492,25
01.01.12 20:00:00		109,97	6,19	55,38	4,68	516,26
01.01.12 20:15:00		109,94	6,19	55,30	4,69	533,55
01.01.12 20:30:00		110,06	6,19	55,28	4,67	518,79
01.01.12 20:45:00		109,99	6,19	55,33	4,69	501,55
01.01.12 21:00:00		110,00	6,18	55,41	4,69	503,55
	Mittelwerte	110,00	6,18	55,55	4,70	529,69
	Werte aus IPSE Modell	110,00	6,18	55,55	4,70	528,00

**Tabelle 16: Messwerte Lastfall 1, Fernwärme**

Fernwärme						
Zeitraum	Bezeichnung:	FW Leistung	Heizkondensat zu Hauptkondensat	Heizkondensat	Heizkondensat nach Pumpen	Heizkondensat nach Pumpen
<b>01.01.2012 15:00</b>	KKS:	A6NDH20FU901	A6NAB20CF901	A6NAB10CT001	A6NAB20CP001	A6NAB20CT001
<b>01.01.2012 21:00</b>	Art der Messung:	Leistungsmessung	Durchfluss	Temp.	Druck	Temp.
	Einheit:	MW	t/h	°C	bar	°C
01.01.12 15:15:00		33,86	54,93	80,25	4,86	80,33
01.01.12 15:30:00		33,84	54,82	80,25	4,86	80,31
01.01.12 15:45:00		33,91	54,92	80,13	4,85	80,25
01.01.12 16:00:00		33,90	54,66	80,08	4,83	80,21
01.01.12 16:15:00		33,87	54,83	80,02	4,84	80,18
01.01.12 16:30:00		33,86	54,74	80,13	4,86	80,21
01.01.12 16:45:00		33,82	54,88	80,28	4,87	80,26
01.01.12 17:00:00		33,93	54,84	80,17	4,88	80,26
01.01.12 17:15:00		33,83	54,64	80,26	4,85	80,29
01.01.12 17:30:00		33,87	54,92	80,23	4,82	80,27
01.01.12 17:45:00		33,94	54,78	80,14	4,83	80,23
01.01.12 18:00:00		33,84	54,94	80,17	4,86	80,26
01.01.12 18:15:00		33,89	54,70	80,15	4,87	80,29
01.01.12 18:30:00		33,89	54,88	80,07	4,84	80,18
01.01.12 18:45:00		33,98	54,95	80,11	4,83	80,19
01.01.12 19:00:00		33,88	54,91	80,04	4,86	80,16
01.01.12 19:15:00		33,86	54,84	79,96	4,86	80,09
01.01.12 19:30:00		33,87	54,90	80,01	4,84	80,12
01.01.12 19:45:00		31,34	50,97	79,94	4,80	80,03
01.01.12 20:00:00		32,77	52,90	79,88	4,86	79,98
01.01.12 20:15:00		33,88	55,15	80,00	4,96	80,10
01.01.12 20:30:00		33,03	53,72	79,97	4,86	80,06
01.01.12 20:45:00		31,84	51,50	79,89	4,72	79,97
01.01.12 21:00:00		31,90	51,62	79,90	4,67	80,00
	Mittelwerte	33,53	54,29	80,08	4,84	80,18
	Werte aus IPSE Modell	33,50	52,53	83,79	4,84	83,79

Bei der Fernwärme gibt es Abweichungen im Bereich des Heizkondensates (siehe Tabelle 16, Heizkondensat zu Hauptkondensat). Hier werden laut Messungen um 2 t/h mehr Heizkondensat bzw. Heizedampf als im IPSEpro Modell berechnet gemessen. Gründe hierfür könnten entweder eine ungenaue Mengenummessung des Heizkondensates oder eine ungenaue Messung der Fernwärmeleistung sein. Ansonsten konnte der Fernwärmemassenstrom sehr gut an die Messwerte angenähert werden.

**Tabelle 17: Messwerte Lastfall 1, Dampfverteilung**

		Dampfverteilung					
Zeitraum	Bezeichnung	Frischdampfparameter	Frischdampfmenge	Anzapfung 1	Anzapfung 1	nach Einspritzung Anzapfung 1	Anzapfung 2
01.01.2012 15:00	KKS:	A6LBA10CT021	A6LBA10FF001	A6LBG50CP001	A6LBG50CT001	A6LBG55CT001	A6LBG70CP001
01.01.2012 21:00	Art der Messung:	Temp.	Durchfluss	Druck	Temp.	Temp.	Druck.
	Einheit	°C	t/h	bar	°C	°C	bar
01.01.12 15:15:00		417,17	89,52	25,15	370,13	249,86	2,96
01.01.12 15:30:00		418,17	87,01	24,01	369,07	250,10	2,84
01.01.12 15:45:00		419,85	87,61	24,17	372,27	250,31	2,86
01.01.12 16:00:00		419,88	89,32	23,96	373,20	250,06	2,82
01.01.12 16:15:00		420,54	89,54	25,37	371,40	249,89	2,97
01.01.12 16:30:00		418,61	88,77	25,13	370,87	249,84	2,95
01.01.12 16:45:00		418,89	88,12	24,86	370,40	250,22	2,95
01.01.12 17:00:00		419,34	87,68	24,74	370,13	250,23	2,95
01.01.12 17:15:00		419,67	88,41	25,00	371,60	249,87	2,98
01.01.12 17:30:00		420,42	88,67	25,09	371,73	249,95	2,98
01.01.12 17:45:00		419,66	89,69	25,41	372,20	249,85	3,00
01.01.12 18:00:00		418,22	89,50	25,32	369,87	250,02	2,99
01.01.12 18:15:00		416,77	86,85	24,52	368,60	250,06	2,92
01.01.12 18:30:00		417,43	85,18	23,94	370,00	250,20	2,84
01.01.12 18:45:00		420,42	87,81	24,81	372,47	250,07	2,93
01.01.12 19:00:00		421,19	89,88	25,43	371,67	250,31	3,01
01.01.12 19:15:00		416,54	89,53	25,35	370,07	249,74	3,02
01.01.12 19:30:00		415,51	90,10	25,49	368,53	249,58	3,03
01.01.12 19:45:00		413,52	82,59	23,02	367,13	250,72	2,69
01.01.12 20:00:00		426,97	89,82	25,48	377,87	249,90	2,95
01.01.12 20:15:00		421,41	93,52	26,68	375,13	249,68	3,22
01.01.12 20:30:00		415,36	85,13	23,97	369,00	249,93	2,92
01.01.12 20:45:00		418,27	84,66	23,83	372,40	249,98	2,82
01.01.12 21:00:00		416,25	85,21	23,50	371,27	250,37	2,76
	Mittelwerte	418,75	88,09	24,76	371,13	250,03	2,93
	Werte aus IPSE Modell	418,75	88,09	24,76	371,13	250,00	2,93

**Tabelle 18: Messwerte Lastfall 1, Dampfverteilung**

		Dampfverteilung						
Zeitraum	Bezeichnung	Anzapfung 2	Heizdampf-Entnahme	Heizdampf-Entnahme	Anzapfung 3	Anzapfung 3	Abdampf	Hilfsdampf
01.01.2012 15:00	KKS:	A6LBG70CT001	A6LBD10CP001	A6LBD10CT001	A6LBS50CT001	A6LBS50CP001	A6MAG10CP901	A6LBG66CF901
01.01.2012 21:00	Art der Messung:	Temp.	Druck	Temp.	Temp.	Druck	Druck.	Durchfluss
	Einheit	°C	bara	°C	°C	bara	bar	t/h
01.01.12 15:15:00		170,00	1,58	113,00	63,73	0,22	0,018	0,00
01.01.12 15:30:00		167,20	1,59	113,00	59,67	0,19	0,017	0,00
01.01.12 15:45:00		170,00	1,59	113,00	59,93	0,19	0,017	0,00
01.01.12 16:00:00		169,67	1,59	113,00	58,80	0,17	0,017	0,00
01.01.12 16:15:00		170,60	1,58	113,00	63,60	0,22	0,018	0,00
01.01.12 16:30:00		170,80	1,58	113,00	63,20	0,21	0,018	0,00
01.01.12 16:45:00		170,33	1,58	113,00	62,67	0,21	0,018	0,00
01.01.12 17:00:00		170,67	1,59	113,00	62,60	0,21	0,018	0,00
01.01.12 17:15:00		171,87	1,58	113,00	63,87	0,22	0,018	0,00
01.01.12 17:30:00		171,73	1,58	113,00	63,67	0,22	0,018	0,00
01.01.12 17:45:00		171,87	1,58	113,00	64,20	0,22	0,018	0,00
01.01.12 18:00:00		170,13	1,58	113,00	64,27	0,22	0,018	0,00
01.01.12 18:15:00		169,00	1,58	113,00	61,53	0,19	0,017	0,00
01.01.12 18:30:00		168,07	1,58	113,00	59,47	0,18	0,017	0,00
01.01.12 18:45:00		171,40	1,59	113,00	61,80	0,21	0,017	0,00
01.01.12 19:00:00		171,80	1,58	113,00	64,13	0,23	0,018	0,00
01.01.12 19:15:00		170,93	1,58	113,00	64,73	0,23	0,018	0,00
01.01.12 19:30:00		169,60	1,58	113,00	64,80	0,24	0,018	0,00
01.01.12 19:45:00		162,73	1,57	112,60	62,40	0,22	0,017	0,00
01.01.12 20:00:00		174,13	1,57	112,80	65,73	0,23	0,018	0,00
01.01.12 20:15:00		176,07	1,58	113,00	68,40	0,26	0,019	0,00
01.01.12 20:30:00		169,47	1,58	113,00	63,07	0,21	0,018	0,00
01.01.12 20:45:00		168,73	1,57	112,80	63,40	0,21	0,018	0,00
01.01.12 21:00:00		166,67	1,57	112,87	62,20	0,20	0,017	0,00
	Mittelwerte	170,14	1,58	112,96	62,99	0,21	0,018	0,00
	Werte aus IPSE Modell	172,61	1,58	112,92	52,50	0,35	0,018	0,00

In den Tabellen 17 und 18 sind die Anzapfdrücke und Temperaturen noch einmal zusammengestellt. Dabei erkennt man, dass in Tabelle 18 die Temperatur der Anzapfung 2 etwas höher ist als die gemessene. Dies bedeutet, dass der angenommene Wirkungsgrad der Turbine etwas zu schlecht war.

**Tabelle 19: Messwerte Lastfall 1, Luftvorwärmung**

Zeitraum	Bezeichnung	Luftvorwärmung							
		Gesamte Frischluftmenge	Abluft RSB	Luft vor Gebläse	Luft vor Gebläse	Luft vor FW- WT	FW LUVU Leistung	Temp. nach FW-WT	ND-Kondensat
		A6HLA20FF001	R6SAB71EE001	A6HLA20CT001	A6HLA20CP001	A6HLC20CP001	A6NDA75FU001	A6HLC20CT001	A6LCN21FF901
01.01.2012 15:00	KKS								
01.01.2012 21:00	Art der Messung:	Durchfluss	Durchfluss	Temp.	Druck	diff Druck	Leistung	Temp. nach FW-WT	Durchfluss
	Einheit:	Nm³/h	Nm³/h	°C	mbara	mbar	kW	°C	kg/s
01.01.12 15:15:00		0,00	43082,29	19,08	983,00	41,61	975,33	61,95	1,57
01.01.12 15:30:00		0,00	39703,42	21,02	983,07	41,28	954,67	63,32	0,98
01.01.12 15:45:00		0,00	42891,21	20,73	983,17	41,85	967,48	63,17	0,96
01.01.12 16:00:00		0,00	43259,53	19,02	983,13	41,52	975,57	62,90	1,84
01.01.12 16:15:00		0,00	41575,28	20,01	983,21	41,40	960,50	63,33	1,48
01.01.12 16:30:00		0,00	39230,48	20,66	983,39	41,48	956,81	63,09	1,20
01.01.12 16:45:00		0,00	42879,10	20,16	983,44	41,81	971,72	63,08	1,02
01.01.12 17:00:00		0,00	44088,68	19,58	983,37	41,45	978,46	62,70	1,32
01.01.12 17:15:00		0,00	43867,35	20,16	983,28	41,70	980,26	62,38	1,34
01.01.12 17:30:00		0,00	43919,22	19,93	983,29	41,74	980,97	63,01	1,32
01.01.12 17:45:00		0,00	41305,53	19,97	983,43	41,61	958,40	63,59	1,55
01.01.12 18:00:00		0,00	41622,84	20,58	983,52	41,14	948,29	63,40	1,70
01.01.12 18:15:00		0,00	39367,09	21,15	983,55	40,72	942,95	63,07	1,17
01.01.12 18:30:00		0,00	40128,80	20,84	983,46	40,99	928,23	63,97	1,28
01.01.12 18:45:00		0,00	41780,19	21,29	983,61	41,85	959,92	62,66	0,88
01.01.12 19:00:00		0,00	45875,82	20,95	983,64	41,99	977,57	61,95	1,31
01.01.12 19:15:00		0,00	42898,99	19,89	983,77	41,95	979,87	62,10	1,23
01.01.12 19:30:00		0,00	39628,20	20,43	984,01	41,12	944,50	63,44	1,44
01.01.12 19:45:00		0,00	37701,00	21,16	983,64	41,11	871,98	63,89	1,69
01.01.12 20:00:00		0,00	39916,11	22,20	983,65	41,80	933,39	61,68	1,25
01.01.12 20:15:00		0,00	40690,79	20,83	984,10	41,25	933,67	62,36	1,03
01.01.12 20:30:00		0,00	39699,96	19,91	984,22	40,66	918,70	63,35	1,23
01.01.12 20:45:00		0,00	39557,30	18,45	984,25	40,36	906,92	63,89	1,78
01.01.12 21:00:00		0,00	39610,04	19,18	984,17	40,36	909,86	63,66	1,51
	Mittelwerte	0,00	41428,30	20,30	983,56	41,36	950,67	63,00	1,34
	Werte aus IPSE Modell	80313,00	41554,00	21,03	962,70	41,36	950,00	58,50	1,56

**Tabelle 20: Messwerte Lastfall 1, Luftvorwärmung**

Zeitraum	Bezeichnung	Luftvorwärmung								
		ND-Kondensat	ND-Dampf	ND-Dampf	ND-Dampf	MD-Dampf	FW vor FW Luvo	FW nach FW Luvo	FW Menge	vorgewärmte Frischluft
		KKS: A6LCN21CT002	A6LBG01CP001	A6LBG01CT001	A6LBG25FF001	A6LBG55CP001	A6NDA75CT001	A6NDB75CT001	A6NDA75CF901	A6HLA25CT001
Art der Messung:	Temp.	Druck	Temp.	Durchfluss	Druck	Temp.	Temp.	Durchfluss	Temp.	
Einheit:	°C	bar	°C	t/h	bar	°C	°C	t/h	°C	
01.01.2012 15:00										
01.01.2012 21:00										
01.01.12 15:15:00		94,56	2,83	168,97	1,81	24,41	97,87	56,50	18,31	149,97
01.01.12 15:30:00		94,32	2,76	166,72	1,73	23,40	97,77	55,37	17,98	149,84
01.01.12 15:45:00		94,07	2,76	167,55	1,73	23,37	97,79	54,86	17,63	149,78
01.01.12 16:00:00		93,89	2,71	168,01	1,65	23,25	97,99	54,69	17,18	149,90
01.01.12 16:15:00		94,48	2,83	168,60	1,75	24,64	97,74	55,72	16,77	150,61
01.01.12 16:30:00		94,83	2,84	168,94	1,79	24,48	97,64	52,35	16,35	150,07
01.01.12 16:45:00		94,37	2,85	168,85	1,87	24,05	97,53	53,68	17,33	149,78
01.01.12 17:00:00		94,23	2,86	168,86	1,83	24,08	97,58	61,05	15,67	149,80
01.01.12 17:15:00		94,63	2,88	169,74	1,83	24,29	97,71	53,08	8,75	150,21
01.01.12 17:30:00		94,64	2,87	170,10	1,81	24,39	97,83	42,21	7,40	150,06
01.01.12 17:45:00		95,07	2,90	170,27	1,79	24,78	97,62	43,22	8,92	150,35
01.01.12 18:00:00		94,73	2,90	169,19	1,80	24,66	97,48	45,57	10,12	149,78
01.01.12 18:15:00		94,80	2,82	167,77	1,71	23,89	97,51	47,14	11,32	149,92
01.01.12 18:30:00		94,12	2,75	166,69	1,61	23,35	97,73	49,32	12,48	149,58
01.01.12 18:45:00		94,34	2,82	168,67	1,88	24,08	97,72	51,83	13,36	150,17
01.01.12 19:00:00		93,92	2,91	170,27	2,12	24,63	96,98	54,01	14,24	149,89
01.01.12 19:15:00		95,16	2,89	169,62	1,89	24,60	97,11	55,65	14,98	150,42
01.01.12 19:30:00		95,79	2,90	168,31	1,97	24,69	97,56	56,75	15,25	150,68
01.01.12 19:45:00		93,10	2,62	164,00	1,65	22,34	97,87	56,89	15,02	147,96
01.01.12 20:00:00		93,15	2,82	168,31	1,90	24,72	97,65	55,24	14,32	151,19
01.01.12 20:15:00		95,54	3,03	173,58	1,76	26,12	97,55	55,19	13,91	150,88
01.01.12 20:30:00		95,52	2,84	170,08	1,58	23,55	97,66	54,37	11,84	149,25
01.01.12 20:45:00		94,94	2,73	167,44	1,52	23,23	97,65	50,03	11,06	150,08
01.01.12 21:00:00		94,21	2,65	165,87	1,53	22,97	97,69	49,48	12,12	149,47
	Mittelwerte	94,52	2,82	168,60	1,77	24,08	97,63	52,68	13,85	149,99
	Werte aus IPSE Modell	94,74	2,93	164,92	1,77	24,76	97,00	59,00	21,46	150,00

Beim Lastfall 1 war die gesamte Luftmengenmessung defekt, sodass ein angenommener Wert herangezogen wurde (siehe Tabelle 19, Gesamte Frischluftmenge). Im Zuge der Diplomarbeit wurde festgestellt, dass bei der Luftvorwärmung zu wenige Messstellen installiert wurden, um eine genaue Bilanzierung besonders der ND- und MD-LUVO Stufe durchführen zu können. So wird z.B. keine MD-Dampfmenge über den MD-LUVO, oder eine Lufttemperatur zwischen der MD- und ND- Stufe gemessen. Aufgrund dieser Tatsache konnte nicht exakt bestimmt werden, welche LUVO Stufe wie viel Leistung überträgt. In Tabelle 19 ist ersichtlich, dass das ND-Kondensat welches über den Kondensatunterkühler der Luftvorwärmstufe geführt wird, niedriger ist, als der vom IPSEpro –Modell gerechnete. Dies lag an einer falsch eingestellten Durchflussmessung des Kondensats. Weiters sind die gemessene Fernwärmerücklaufumtemperatur bzw. der Fernwärmemassenstrom des FW-LUVOs niedriger als die errechneten Werte (siehe Tabelle 20). Ebenfalls niedriger ist die Luftaustrittstemperatur aus dem FW-LUVO. Da laut Linz Strom die Fernwärmeparameter vor dem FW-LUVO präzise gemessen werden, kann man davon ausgehen, dass die gemessene Lufttemperatur am FW-LUVO- Austritt ungenau gemessen wird. Um die gemessenen Parameter einzuhalten müsste eine geringere Leistung übertragen werden.

**Tabelle 21: Messwerte Lastfall 1, Hauptkühlwasser**

		Hauptkühlwasser					
Zeitraum	Bezeichnung	Vorlauf	Rücklauf	Kühlwassermenge	Druck nach Kondensator	Kühlleistung	Druck vor Kondensator
01.01.2012 15:00 01.01.2012 21:00	KKS	A6PAB10CT001	A6PAB20CT001	A6PAB10CF901	A6PAB20CP001	A6PAB20DU901	A6PAB10CP001
	Art der Messung	Temp.	Temp.	Durchfluss	Druck	Leistung HKW	Druck
	Einheit	°C	°C	t/h	bar	MW	bar
01.01.12 15:15:00		4,62	8,96	1981,58	0,44	10,01	0,82
01.01.12 15:30:00		4,61	8,32	1998,42	0,44	8,61	0,81
01.01.12 15:45:00		4,62	8,33	2026,00	0,44	8,74	0,81
01.01.12 16:00:00		4,62	8,17	1988,96	0,44	8,20	0,81
01.01.12 16:15:00		4,61	8,90	2017,83	0,44	10,08	0,81
01.01.12 16:30:00		4,61	8,90	1989,92	0,44	9,93	0,81
01.01.12 16:45:00		4,62	8,82	1985,93	0,44	9,70	0,81
01.01.12 17:00:00		4,61	8,77	1998,69	0,44	9,66	0,81
01.01.12 17:15:00		4,61	8,93	2009,73	0,44	10,10	0,82
01.01.12 17:30:00		4,61	8,91	1988,64	0,44	9,94	0,81
01.01.12 17:45:00		4,62	9,07	1981,58	0,44	10,24	0,81
01.01.12 18:00:00		4,61	9,05	1968,01	0,44	10,16	0,81
01.01.12 18:15:00		4,61	8,64	2000,52	0,44	9,38	0,81
01.01.12 18:30:00		4,61	8,27	1985,00	0,44	8,45	0,81
01.01.12 18:45:00		4,61	8,64	1991,39	0,44	9,34	0,81
01.01.12 19:00:00		4,60	9,01	1964,62	0,44	10,06	0,81
01.01.12 19:15:00		4,60	9,10	1988,06	0,44	10,41	0,81
01.01.12 19:30:00		4,59	9,13	1980,94	0,44	10,47	0,81
01.01.12 19:45:00		4,58	8,61	1947,21	0,44	9,13	0,82
01.01.12 20:00:00		4,58	9,19	2000,13	0,44	10,71	0,81
01.01.12 20:15:00		4,57	9,84	2001,27	0,45	12,30	0,81
01.01.12 20:30:00		4,57	8,82	2001,76	0,44	9,88	0,81
01.01.12 20:45:00		4,56	8,87	1995,91	0,44	10,00	0,81
01.01.12 21:00:00		4,55	8,66	1961,84	0,44	9,35	0,81
	Mittelwerte	4,60	8,83	1989,75	0,44	9,79	0,81
	Werte aus IPSE Modell	4,60	9,25	1990,00	0,44	10,75	1,81

Bei der Kühlleistung in Tabelle 21 zeigt sich, dass um ca. 1 MW mehr Wärmeleistung beim Kondensator im IPSEpro Modell abgeführt wird. Der Grund dafür könnte im niedrigeren Dampfbedarf für den Heizkondensator bei der Entnahme liegen. Dies bedeutet, dass der Hauptkondensator mehr Dampf niederschlagen und somit eine größere Leistung abgeführt werden muss.

**Tabelle 22: Messwerte Lastfall 1, Niederdruckvorwärmer**

		Niederdruckvorwärmer						
Zeitraum	Bezeichnung	vor Spw.behälter	nach	nach				Hauptkondensat
		Hauptkondensat	Hauptkondensat-	Hauptkondensat-	vor ND VW	nach ND VW	nach ND VW	nach NDVW
01.01.2012 15:00	KKS	A6LCA10CT001	A6LCA60CP001	A6LCA60CT001	A6LCA161CT001	A6LCA70CP001	A6LCA70CT001	A6LCA70CF901
01.01.2012 21:00	Art der Messung	Temp.	Druck	Temp.	Temp.	Druck	Temp.	Durchfluss
	Einheit	°C	bar	°C	°C	bar	°C	t/h
01.01.12 15:15:00		67,14	5,16	16,59	74,11	3,75	66,49	71,62
01.01.12 15:30:00		68,36	5,18	16,59	74,39	3,71	67,91	69,45
01.01.12 15:45:00		67,86	5,18	16,38	73,90	3,72	67,63	69,05
01.01.12 16:00:00		67,56	5,12	16,31	73,73	3,71	68,46	68,58
01.01.12 16:15:00		66,41	5,15	16,35	73,88	3,78	66,60	71,62
01.01.12 16:30:00		66,26	5,18	16,30	73,15	3,81	66,51	71,93
01.01.12 16:45:00		66,66	5,20	16,32	73,46	3,75	66,71	71,26
01.01.12 17:00:00		66,96	5,19	16,41	73,35	3,72	66,76	70,96
01.01.12 17:15:00		66,19	5,16	16,36	73,28	3,72	66,59	71,29
01.01.12 17:30:00		66,38	5,11	16,29	73,53	3,70	66,73	71,31
01.01.12 17:45:00		65,92	5,12	16,27	73,95	3,71	66,54	72,29
01.01.12 18:00:00		65,84	5,17	16,44	74,12	3,75	67,06	72,16
01.01.12 18:15:00		66,67	5,19	16,57	74,06	3,73	67,80	70,60
01.01.12 18:30:00		67,70	5,13	16,56	73,95	3,70	67,83	68,97
01.01.12 18:45:00		67,50	5,16	16,29	74,13	3,72	67,15	70,66
01.01.12 19:00:00		65,69	5,14	16,38	73,51	3,75	66,76	72,28
01.01.12 19:15:00		66,30	5,15	16,50	72,85	3,77	66,45	72,72
01.01.12 19:30:00		66,68	5,15	16,39	73,80	3,69	66,62	72,97
01.01.12 19:45:00		66,18	5,12	16,32	73,12	3,65	66,28	66,26
01.01.12 20:00:00		65,01	5,19	16,36	72,61	3,75	65,69	70,69
01.01.12 20:15:00		67,52	5,30	16,21	72,65	3,87	67,53	75,63
01.01.12 20:30:00		66,47	5,19	16,25	73,28	3,72	66,53	70,00
01.01.12 20:45:00		65,97	5,04	16,18	72,95	3,60	65,57	68,52
01.01.12 21:00:00		66,71	4,97	16,19	73,11	3,54	66,51	67,13
	Mittelwerte	66,66	5,15	16,37	73,54	3,72	66,86	70,75
	Werte aus IPSE Modell	69,03	5,16	16,81	71,75	3,65	69,03	69,03

Die Temperatur vor dem Niederdruckvorwärmer ist in Tabelle 22 im berechneten Modell etwas geringer. Die Ursache dafür kann in einer geringeren Unterkühlung des Hauptkondensators oder des Heizkondensators liegen. Ansonsten wurden sehr gute Näherungen erzielt.

**Tabelle 23: Messwerte Lastfall 1, Speisewasserbehälter**

		Speisewasserbehälter						
Zeitraum	Bezeichnung	Speisewasser	Speisewasserbehälter	Speisewasserpumpen	Speisewasserpumpen	Deionat	FW-RL Not einspeisung	Nebenkondensatbehälter
01.01.2012 15:00	KKS	A6LAB15CT002	A6LAA10CP001	A6LAB15CP001	A6LAB15FF001	A6GHC15FF901	A6NDB70FF901	A6LCN10CT001
01.01.2012 21:00	Art der Messung:	Temp.	Druck.	Druck.	Durchfluss	Durchfluss	Durchfluss	Temp.
	Einheit	°C	bar	bar	t/h	m³/h	t/h	°C
01.01.12 15:15:00		130,53	1,65	60,99	97,15	14,06	0,02	91,58
01.01.12 15:30:00		130,65	1,66	60,72	95,08	12,90	0,02	91,66
01.01.12 15:45:00		130,55	1,65	60,87	94,51	13,49	0,02	91,44
01.01.12 16:00:00		130,16	1,63	61,04	95,63	14,95	0,02	91,24
01.01.12 16:15:00		130,35	1,64	61,04	96,76	16,05	0,02	91,26
01.01.12 16:30:00		130,62	1,66	60,96	96,40	14,06	0,02	91,16
01.01.12 16:45:00		131,04	1,69	60,70	95,46	11,47	0,02	91,06
01.01.12 17:00:00		130,90	1,68	60,72	94,64	10,64	0,02	91,21
01.01.12 17:15:00		130,53	1,65	60,88	95,10	11,55	0,02	91,24
01.01.12 17:30:00		130,10	1,62	60,92	95,85	13,14	0,02	91,18
01.01.12 17:45:00		130,24	1,63	61,08	96,84	13,90	0,02	91,24
01.01.12 18:00:00		130,52	1,65	61,00	96,83	12,91	0,02	91,36
01.01.12 18:15:00		130,74	1,67	60,54	94,97	11,95	0,02	91,36
01.01.12 18:30:00		130,42	1,64	60,47	92,53	12,25	0,02	91,39
01.01.12 18:45:00		130,45	1,65	60,72	93,84	12,43	0,02	91,20
01.01.12 19:00:00		130,67	1,67	61,04	96,64	12,12	0,02	91,21
01.01.12 19:15:00		130,50	1,65	61,31	97,70	12,51	0,02	91,12
01.01.12 19:30:00		130,27	1,63	61,07	97,92	13,69	0,02	91,25
01.01.12 19:45:00		133,08	1,59	60,51	91,25	14,25	0,02	91,28
01.01.12 20:00:00		130,78	1,65	61,03	93,95	13,35	0,02	91,02
01.01.12 20:15:00		132,28	1,79	61,52	100,60	9,56	0,02	90,87
01.01.12 20:30:00		130,83	1,66	60,73	96,30	10,24	0,02	90,93
01.01.12 20:45:00		128,92	1,52	60,29	90,84	14,87	0,02	91,23
01.01.12 21:00:00		128,13	1,47	60,35	91,99	15,50	0,02	91,21
	Mittelwerte	130,55	1,64	60,85	95,37	12,99	0,02	91,24
	Werte aus IPSE Modell	130,51	1,65	60,45	90,94	11,86	0,00	89,44

Abweichungen sind bei der Speisewassermenge in Tabelle 23 ersichtlich. Diese werden wahrscheinlich durch eine ungenaue Durchflussmessung des Speisewassers verursacht. Wie im Kapitel 4.5 gezeigt wird, beträgt die Abweichung auch bei den anderen Lastfällen relativ konstant 5 t/h.

**Tabelle 24: Messwerte Lastfall 1, Rauchgas**

Zeitraum	Bezeichnung	Rauchgas						
		Rauchgasmenge	Obere Feuerraumtemp über Brenner	Temp. Zug 2 oben rechts	vor ÜH 3	vor ÜH 5 re	vor ÜH 5 li	vor ÜH 4 re
01.01.2012 15:00 01.01.2012 21:00	KKS:	A6HBK80FF001	A6HBK20CT902	A6HBK50CT001	A6HBK60CT002	A6HBK70CT001	A6HBK70CT002	A6HBK70CT003
	Art der Messung	Durchfluss	Durchfluss	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.
	Einheit	Nm³/h	°C	°C	°C	°C	°C	°C
01.01.12 15:15:00		137082,70	972,64	742,83	467,03	427,38	426,28	394,69
01.01.12 15:30:00		132555,73	942,70	741,58	471,03	424,12	420,89	392,13
01.01.12 15:45:00		134388,36	947,28	740,82	469,53	425,98	419,91	390,53
01.01.12 16:00:00		135719,68	972,06	738,18	462,06	426,27	421,06	389,59
01.01.12 16:15:00		138409,77	982,37	741,00	461,47	424,78	423,36	389,20
01.01.12 16:30:00		134610,51	970,73	742,79	462,62	424,43	422,52	388,38
01.01.12 16:45:00		134462,61	962,21	747,85	466,14	424,49	421,00	389,02
01.01.12 17:00:00		135444,62	956,18	747,89	466,31	424,50	420,38	389,44
01.01.12 17:15:00		138163,02	974,85	745,16	466,03	424,76	422,50	390,16
01.01.12 17:30:00		142976,06	981,63	739,73	464,18	425,01	424,50	390,37
01.01.12 17:45:00		140772,90	980,85	741,89	466,00	426,57	427,07	390,49
01.01.12 18:00:00		137497,34	988,48	747,96	466,33	425,83	425,95	390,74
01.01.12 18:15:00		132239,28	966,05	744,06	467,57	422,81	422,16	390,51
01.01.12 18:30:00		130286,33	921,83	745,49	467,71	420,35	420,01	390,71
01.01.12 18:45:00		135847,02	950,23	759,86	463,87	425,74	422,93	393,46
01.01.12 19:00:00		138945,46	968,33	763,64	463,29	428,34	424,80	394,12
01.01.12 19:15:00		130754,58	987,35	751,94	468,47	428,16	419,69	394,14
01.01.12 19:30:00		120691,93	959,39	762,46	470,54	425,82	414,12	394,09
01.01.12 19:45:00		122142,93	936,41	757,83	466,79	416,95	407,25	391,59
01.01.12 20:00:00		142748,50	983,81	757,42	467,15	427,27	418,40	398,98
01.01.12 20:15:00		141765,78	948,87	757,06	464,73	437,44	428,65	399,78
01.01.12 20:30:00		130152,02	957,12	742,38	471,56	425,86	420,12	395,05
01.01.12 20:45:00		131054,04	968,30	742,67	474,56	422,54	417,75	395,11
01.01.12 21:00:00		131020,84	964,51	744,25	466,47	422,60	417,75	393,07
	Mittelwerte	134572,17	964,34	747,78	466,73	425,33	421,21	392,31
	Werte aus IPSE Modell	133628,00	1295,40	-	588,75	481,24	481,24	400,40

**Tabelle 25: Messwerte Lastfall 1, Rauchgas**

Zeitraum	Bezeichnung	Rauchgas					
		vor ÜH 4 li	nach Dackel re	vor ÜH2 li	vor ÜH1 li	vor ECO re	nach ECO
01.01.2012 15:00 01.01.2012 21:00	KKS:	A6HBK70CT004	A6HBK70CT005	A6HBK80CT002	A6HBK80CT003	A6HBK80CT006	A6HBK90CT901
	Art der Messung	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.
	Einheit	°C	°C	°C	°C	°C	°C
01.01.12 15:15:00		0,00	363,20	0,00	334,17	291,98	166,45
01.01.12 15:30:00		0,00	360,00	0,00	334,84	292,60	165,99
01.01.12 15:45:00		0,00	358,70	0,00	334,43	292,69	165,60
01.01.12 16:00:00		0,00	358,18	0,00	332,74	291,86	166,07
01.01.12 16:15:00		0,00	357,93	0,00	331,61	291,28	165,02
01.01.12 16:30:00		0,00	357,45	0,00	330,49	290,50	164,22
01.01.12 16:45:00		0,00	357,43	0,00	330,34	290,16	163,49
01.01.12 17:00:00		0,00	357,64	0,00	330,00	290,10	163,72
01.01.12 17:15:00		0,00	359,02	0,00	329,91	289,82	164,26
01.01.12 17:30:00		0,00	360,67	0,00	330,01	290,07	164,71
01.01.12 17:45:00		0,00	361,31	0,00	330,81	290,61	165,56
01.01.12 18:00:00		0,00	360,21	0,00	332,10	291,43	165,22
01.01.12 18:15:00		0,00	358,90	0,00	333,12	291,94	164,88
01.01.12 18:30:00		0,00	358,28	0,00	332,74	291,73	164,34
01.01.12 18:45:00		0,00	360,75	0,00	331,57	291,05	164,57
01.01.12 19:00:00		0,00	361,88	0,00	330,71	290,61	165,09
01.01.12 19:15:00		0,00	360,92	0,00	331,93	291,01	165,97
01.01.12 19:30:00		0,00	359,27	0,00	333,12	291,92	164,33
01.01.12 19:45:00		0,00	355,68	0,00	332,10	291,66	161,38
01.01.12 20:00:00		0,00	364,12	0,00	330,26	289,92	164,11
01.01.12 20:15:00		0,00	365,57	0,00	328,62	289,12	167,17
01.01.12 20:30:00		0,00	361,47	0,00	332,38	291,14	166,84
01.01.12 20:45:00		0,00	361,94	0,00	335,21	292,97	165,20
01.01.12 21:00:00		0,00	361,13	0,00	333,84	292,34	164,65
	Mittelwerte	0,00	360,07	0,00	331,96	291,19	164,95
	Werte aus IPSE Modell	400,40	373,86	373,86	356,37	317,10	178,00

Bei den Rauchgasmesswerten in Tabelle 24 und Tabelle 25 zeigt sich, dass insbesondere vor den Überhitzern 3, 4, 5 die Rauchgastemperaturen deutlich höher sein müssten, um auf die geforderten Dampfparameter zu kommen. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Rauchgastemperaturmessungen in den Bereichen von kalten Strähnen befinden, bzw. die Messungen ungünstig im Kessel positioniert sind. Mittlere Rauchgastemperaturen sind im Allgemeinen sehr schwer zu messen, da über einen sehr großen Querschnitt die Temperatur erfasst werden muss. Auffallend ist, dass sich die gemessenen Rauchgastemperaturen immer besser an die gerechneten Werte annähern, je weiter man im Rauchgasweg Richtung ECO geht. Es sind also besonders die Messungen vor dem Überhitzer 5 und 4 von den Abweichungen betroffen. Die Brennkammertemperatur (Feuerraumtemperatur über Brenner) bei den Rechenwerten ist, wie schon beschrieben, als adiabate Feuerraumtemperatur zu verstehen. Während des Lastfalls 1 war die Temperaturmessung vor dem Überhitzer 2 übrigens ausgefallen.

**Tabelle 26: Messwerte Lastfall 1, Verdampfer - Überhitzer**

		Verdampfer / Überhitzer						
Zeitraum	Bezeichnung	Frischdampfparameter	Frischdampfparameter	Frischdampfparameter	nach ECO	vor ECO	Einspritzung UH 1	Temp. nach Einspritzung UH1
01.01.2012 15:00	KKS:	A6LBA10FF001	A6LBA10CT901	A6LBA10CP901	A6HAC10CT001	A6LAB15CT002	A6LAE11FF901	A6HAH15CT002
01.01.2012 21:00	Art der Messung	Durchfluss	Temp.	Druck	Temp.	Temp.	Durchfluss	Temp.
	Einheit	t/h	°C	bar	°C	°C	t/h	°C
01.01.12 15:15:00		89,52	418,18	44,59	195,92	130,53	0,00	292,98
01.01.12 15:30:00		87,01	417,58	44,61	195,07	130,65	0,00	292,16
01.01.12 15:45:00		87,61	421,20	44,67	195,20	130,55	0,00	291,71
01.01.12 16:00:00		89,32	420,85	44,59	196,35	130,16	0,00	291,73
01.01.12 16:15:00		89,54	421,21	44,72	197,08	130,35	0,00	291,90
01.01.12 16:30:00		88,77	419,62	44,58	196,43	130,62	0,00	292,09
01.01.12 16:45:00		88,12	419,86	44,64	195,93	131,04	0,02	291,57
01.01.12 17:00:00		87,68	419,78	44,65	196,22	130,90	0,04	291,41
01.01.12 17:15:00		88,41	421,13	44,68	196,92	130,53	0,00	291,94
01.01.12 17:30:00		88,67	421,61	44,69	197,55	130,10	0,00	292,74
01.01.12 17:45:00		89,69	421,22	44,73	198,17	130,24	0,00	293,36
01.01.12 18:00:00		89,50	418,53	44,61	196,91	130,52	0,02	292,42
01.01.12 18:15:00		86,85	417,43	44,59	195,76	130,74	0,00	291,80
01.01.12 18:30:00		85,18	418,05	44,61	195,23	130,42	0,00	291,32
01.01.12 18:45:00		87,81	422,50	44,71	196,25	130,45	0,00	291,79
01.01.12 19:00:00		89,88	421,29	44,74	196,37	130,67	0,00	291,95
01.01.12 19:15:00		89,53	417,93	44,64	195,31	130,50	0,00	291,81
01.01.12 19:30:00		90,10	417,28	44,68	192,82	130,27	0,01	289,93
01.01.12 19:45:00		82,59	413,71	44,55	189,50	133,08	0,10	288,03
01.01.12 20:00:00		89,82	429,56	44,77	193,38	130,78	0,00	290,99
01.01.12 20:15:00		93,52	421,96	44,69	198,00	132,28	0,05	292,42
01.01.12 20:30:00		85,13	415,72	44,55	194,88	130,83	0,02	292,47
01.01.12 20:45:00		84,66	419,94	44,64	195,54	128,92	0,06	292,43
01.01.12 21:00:00		85,21	417,53	44,57	195,73	128,13	0,00	291,84
	Mittelwerte	88,09	419,74	44,65	195,69	130,55	0,01	291,78
	Werte aus IPSE Modell	88,09	419,74	44,65	205,74	130,51	0,00	291,09

**Tabelle 27: Messwerte Lastfall 1, Verdampfer - Überhitzer**

Zeitraum	Bezeichnung	Verdampfer / Überhitzer							
		Einspritzung-ÜH 2	Temp. nach Einspritzung ÜH 2	Einspritzung ÜH 3	Temp. nach Einspritzung ÜH 3	Einspritzung ÜH 4	Temp. nach Einspritzung ÜH 4	Dampftrommel	Dampftrommel
		KKS: A6LAE12FF901	A6HAH25CT002	A6LAE13FF901	A6HAH35CT001	A6LAE14FF901	A6HAH45CT002	A6HAD10CP001	A6HAD10CT001
Art der Messung	Durchfluss	Temp.	Durchfluss	Temp.	Durchfluss	Temp.	Druck	Temp.	
Einheit	t/h	°C	t/h	°C	t/h	°C	bar	°C	
01.01.12 15:15:00		0,15	305,48	3,60	364,22	3,98	342,75	52,66	264,88
01.01.12 15:30:00		0,11	303,34	3,81	367,24	3,02	348,01	52,43	264,61
01.01.12 15:45:00		0,06	302,33	3,79	366,49	3,26	344,41	52,47	264,54
01.01.12 16:00:00		0,06	303,30	3,81	365,71	3,47	343,35	52,61	264,67
01.01.12 16:15:00		0,22	303,22	3,82	366,19	3,61	342,21	52,67	264,82
01.01.12 16:30:00		0,31	302,59	3,69	365,00	3,65	342,47	52,63	264,84
01.01.12 16:45:00		0,26	301,89	3,62	364,35	3,49	343,07	52,56	264,68
01.01.12 17:00:00		0,33	301,68	3,55	363,68	3,44	343,45	52,41	264,57
01.01.12 17:15:00		0,17	302,29	3,63	364,21	3,81	341,18	52,56	264,68
01.01.12 17:30:00		0,14	303,83	3,71	365,65	4,14	339,72	52,57	264,71
01.01.12 17:45:00		0,03	305,48	3,88	367,22	4,48	337,34	52,67	264,79
01.01.12 18:00:00		0,17	303,86	3,62	363,90	4,00	340,49	52,61	264,87
01.01.12 18:15:00		0,17	302,45	3,33	361,25	3,41	344,19	52,20	264,54
01.01.12 18:30:00		0,16	300,98	3,17	360,20	3,05	346,72	52,05	264,26
01.01.12 18:45:00		0,16	302,43	3,39	362,05	3,89	341,72	52,49	264,49
01.01.12 19:00:00		0,16	303,21	3,53	362,61	4,15	341,08	52,81	264,81
01.01.12 19:15:00		0,13	302,43	3,27	358,77	3,77	343,20	52,91	265,04
01.01.12 19:30:00		0,06	299,51	2,97	355,38	3,24	347,08	52,81	265,08
01.01.12 19:45:00		0,05	292,44	2,35	349,81	1,25	359,00	52,21	264,72
01.01.12 20:00:00		0,14	301,13	3,27	360,15	4,42	340,17	52,86	264,75
01.01.12 20:15:00		0,09	304,38	3,51	360,85	4,96	338,53	53,09	265,49
01.01.12 20:30:00		0,00	302,83	2,98	357,49	3,29	347,41	52,25	264,85
01.01.12 20:45:00		0,04	303,21	2,96	358,48	3,46	346,00	52,02	264,29
01.01.12 21:00:00		0,02	302,19	3,61	366,79	2,91	349,87	52,06	264,22
Mittelwerte		0,13	302,35	3,45	362,40	3,59	343,89	52,53	264,72
Werte aus IPSE Modell		0,15	302,19	3,49	362,70	3,58	343,58	51,45	265,74

Ausgangsposition für die Frischdampfparameter bei diesem Lastfall waren die Werte aus Tabelle 11, wobei sich diese Messtrecke direkt nach dem Kessel in der Frischdampfleitung befindet. Um einen Vergleich zu ermöglichen wurden die Frischdampfparameter kurz vor der Turbine noch einmal gemessen und in der Tabelle 26 dargestellt. Diese waren jedoch laut Linz Strom GmbH ungenauer als jener aus Tabelle 11. Die zwei Messstellen finden sich auch im Anhang 11 bzw. Anhang 12 in den Leittechnikbildern wieder. Auffällig ist, dass in Tabelle 26 die Temperatur nach dem ECO laut Messung etwas niedriger sein müsste. Grund dafür könnten im Modell entweder ein zu hohes „dt\_app“ bei der Dampftrommel, oder eine zu hohe Rauchgastemperatur vor dem ECO sein.

**Tabelle 28: Messwerte Lastfall 1, Gewebefilter**

Zeitraum	Bezeichnung	Gewebefilter			
		Druck Diff.- Gewebefilter	Druckluft	Temp. RG vor Gewebefilter	Temp. RG nach Gewebefilter
01.01.2012 15:00	KKS	A6HDD10CP001	A6HDU10CP001	A6HNA01CT901	A6HNA11CT001
01.01.2012 21:00	Art der Messung	Druck	Druck	Temp.	Temp.
	Einheit	mbar	bar	°C	°C
01.01.12 15:15:00		9,44	4,13	180,14	178,48
01.01.12 15:30:00		9,28	4,17	179,35	178,25
01.01.12 15:45:00		9,46	4,15	179,70	178,09
01.01.12 16:00:00		9,58	4,16	179,68	178,29
01.01.12 16:15:00		9,55	4,16	176,34	176,82
01.01.12 16:30:00		9,37	4,16	176,22	175,85
01.01.12 16:45:00		9,37	4,14	176,33	175,37
01.01.12 17:00:00		9,46	4,15	176,74	175,31
01.01.12 17:15:00		9,52	4,16	177,65	175,70
01.01.12 17:30:00		9,64	4,15	178,62	176,29
01.01.12 17:45:00		9,51	4,17	179,13	176,99
01.01.12 18:00:00		9,51	4,17	178,60	177,10
01.01.12 18:15:00		9,24	4,14	177,83	176,72
01.01.12 18:30:00		9,10	4,15	177,23	176,25
01.01.12 18:45:00		9,43	4,14	178,53	176,46
01.01.12 19:00:00		9,38	4,14	179,44	177,07
01.01.12 19:15:00		9,00	4,15	178,55	177,28
01.01.12 19:30:00		8,41	4,16	176,60	176,58
01.01.12 19:45:00		8,66	4,15	174,42	174,71
01.01.12 20:00:00		9,60	4,15	180,24	176,24
01.01.12 20:15:00		9,26	4,14	181,82	178,45
01.01.12 20:30:00		8,70	4,15	179,45	178,31
01.01.12 20:45:00		8,85	4,15	178,82	177,72
01.01.12 21:00:00		8,94	4,15	178,40	177,41
	Mittelwerte	9,26	4,15	178,33	176,91
	Werte aus IPSE Modell	10,00	4,15	178,00	174,58

Beim Gewebefilter wurden als Parameter der Druckverlust des Gewebefilters und die Parameter der Druckluft vorgegeben, wobei der eingebrachte Druckluftmassenstrom auf ca. 4 t/h geschätzt wurde. Hier wurden ebenfalls sehr gute Näherungen der Messwerte erzielt.

**Tabelle 29: Messwerte Lastfall 1, Wäscher 1, Saugzug**

		Wäscher 1				Saugzug	
Zeitraum	Bezeichnung	Temp. RG Eintritt Wäscher1	Sättigungstemperatur	Zeitraum	Bezeichnung	Druck vor Saugzuggebläse	Temp. vor Saugzuggebläse
01.01.2012 15:00	KKS	A6HTD10CT004	A6HTD10CT901	01.01.2012 15:00	KKS	A6HTB01CP004	A6HNA20CT001
01.01.2012 21:00	Art der Messung	Temp.	Temp.	01.01.2012 21:00	Art der Messung	Druck	Temp.
	Einheit	°C	°C		Einheit	mbar	°C
01.01.12 15:15:00		111,27	64,39	01.01.12 15:15:00		-56,99	127,90
01.01.12 15:30:00		103,91	64,08	01.01.12 15:30:00		-55,59	127,94
01.01.12 15:45:00		103,62	64,39	01.01.12 15:45:00		-56,88	127,81
01.01.12 16:00:00		111,30	65,60	01.01.12 16:00:00		-57,66	128,20
01.01.12 16:15:00		103,46	64,48	01.01.12 16:15:00		-57,27	127,41
01.01.12 16:30:00		109,47	64,37	01.01.12 16:30:00		-55,82	126,69
01.01.12 16:45:00		109,37	64,21	01.01.12 16:45:00		-56,58	126,36
01.01.12 17:00:00		102,14	64,44	01.01.12 17:00:00		-57,13	126,33
01.01.12 17:15:00		102,32	64,12	01.01.12 17:15:00		-57,52	126,31
01.01.12 17:30:00		109,68	64,34	01.01.12 17:30:00		-58,32	126,54
01.01.12 17:45:00		102,58	63,99	01.01.12 17:45:00		-57,40	126,95
01.01.12 18:00:00		110,07	64,29	01.01.12 18:00:00		-56,35	127,04
01.01.12 18:15:00		109,91	64,37	01.01.12 18:15:00		-54,71	127,09
01.01.12 18:30:00		102,37	64,41	01.01.12 18:30:00		-54,67	127,12
01.01.12 18:45:00		105,32	64,57	01.01.12 18:45:00		-57,49	126,68
01.01.12 19:00:00		109,40	64,39	01.01.12 19:00:00		-58,33	126,80
01.01.12 19:15:00		103,25	63,98	01.01.12 19:15:00		-54,98	127,11
01.01.12 19:30:00		103,14	63,61	01.01.12 19:30:00		-50,51	127,14
01.01.12 19:45:00		108,25	63,43	01.01.12 19:45:00		-51,96	126,39
01.01.12 20:00:00		109,51	63,22	01.01.12 20:00:00		-57,45	126,17
01.01.12 20:15:00		110,34	63,32	01.01.12 20:15:00		-55,99	127,51
01.01.12 20:30:00		110,32	63,33	01.01.12 20:30:00		-52,85	127,72
01.01.12 20:45:00		103,31	63,14	01.01.12 20:45:00		-50,77	127,68
01.01.12 21:00:00		109,49	63,32	01.01.12 21:00:00		-51,49	127,43
	Mittelwerte	106,82	64,08		Mittelwerte	-55,61	127,10
	Werte aus IPSE Modell	106,00	64,88		Werte aus IPSE Modell	-	129,62

Vorgegeben wurden bei dem Rauchgaswäscher im IPSEpro Modell die Wäschereintrittstemperatur und die Sättigungstemperatur (siehe Tabelle 29). Wie im Kapitel 3.7.4 beschrieben, wird die Sättigungstemperatur über die Massenanteile des H<sub>2</sub>O im Rauchgas eingestellt. Eine etwas höhere Temperatur vor dem Saugzuggebläse könnte eventuell mit einer Verschmutzung der Gas- Gas - Wärmetauscherheizfläche zusammenhängen.

## 4.5 Auswertung

Im Anschluss werden die restlichen Lastfälle in Tabellen gegenübergestellt. Dabei sind wiederum gelb markierte Felder Eingabewerte im IPSEpro Modell. Prinzipiell kann jedoch die Aussage getroffen werden, dass ähnliche Abweichungen wie im Lastfall 1 bei den anderen Lastfällen auftreten.

**Tabelle 30: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Kessel**

Lastfälle	Kessel			
	Bezeichnung:	Frischdampfmenge	Frischdampfparameter	Frischdampfparameter
	KKS:	A6LBA10FF001	A6LBA10CT901	A6LBA10CP901
	Art der Messung:	Durchfluss	Temp.	Druck
Einheit:	t/h	°C	barg	
Lastfall 2	Mittelwerte	87,80	420,26	44,82
	IPSE Modell	87,80	420,26	44,82
Lastfall 3	Mittelwerte	62,87	419,76	44,26
	IPSE Modell	62,87	419,76	44,26
Lastfall 4	Mittelwerte	88,41	419,64	44,63
	IPSE Modell	88,41	419,64	44,63
Lastfall 5	Mittelwerte	88,19	420,64	44,63
	IPSE Modell	88,19	420,64	44,63
Lastfall 6	Mittelwerte	88,72	422,89	44,64
	IPSE Modell	88,72	422,89	44,64

Die Frischdampfparameter wurden, bei allen Lastfällen als Ausgangsposition gesehen, und wie schon im Lastfall 1 gleich den Messwerten gesetzt.

**Tabelle 31: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Brennkammer**

Lastfälle	Brennkammer						
	Bezeichnung	Mischheizwert Brennstoff	Heizwert Reststoff	Reststoffmenge ges.	Klärschlammmenge gerechnet	O2 Messung nach Dackel	Rezigasmenge
	KKS:	A6ECY00FU901	A6ECY00EU001		A6HBK70CQ901	A6HBK70CQ901	A6HNF60FF001
	Art der Messung:	-	-	Durchfluss	Durchfluss	O2 Messung	Durchfluss
Einheit:	kJ/kg	kJ/kg	t/h	t/h	%	Nm³/h	
Lastfall 2	Mittelwerte	8747,06	8995,02	28,75	1,17	3,50	25286,82
	IPSE Modell	8800,00	-	28,75	1,17	3,56	25175,00
Lastfall 3	Mittelwerte	9973,63	9975,72	18,54	0,00	3,50	34238,89
	IPSE Modell	10300,00	-	18,79	0,00	3,50	33574,00
Lastfall 4	Mittelwerte	8418,10	10763,70	23,41	7,90	3,49	26327,24
	IPSE Modell	8500,00	-	23,41	7,90	3,53	26390,00
Lastfall 5	Mittelwerte	9285,70	10396,66	24,40	3,95	3,50	46265,71
	IPSE Modell	9286,00	-	24,40	3,95	3,49	46990,00
Lastfall 6	Mittelwerte	8596,68	11429,85	22,23	8,84	3,50	39247,55
	IPSE Modell	8600,00	-	22,23	8,84	3,49	39207,00

Abweichungen des Restsauerstoffgehalts im Rauchgas hängen damit zusammen, dass der Restsauerstoffgehalt im IPSEpro- Modell über die Massenanteile eingegeben werden muss, in der Messung wird jedoch der O<sub>2</sub> -Anteil in Volumenanteile angegeben (siehe Tabelle 31). Aus diesem Grund ist es sehr schwer exakt 3,5 % einstellen zu können, man musste sich an den Wert herantasten. Wie schon im Kapitel zuvor beschrieben, hängen die Abweichungen der Heizwerte vermutlich mit einer ungenauen Mengenmessung der Reststoffe zusammen.

**Tabelle 32: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Turbine**

Lastfälle	Turbine					
	Bezeichnung	Wirkleistung Generator	MD-Dampf	MD-Dampf	ND-Dampf	ND-Dampf
	KKS:	A6MKA10CE050	A6LBG50CP001	A6LBG50CT001	A6LBG70CP001	A6LBG70CT001
	Art der Messung:	Leistung	Druck.	Temp.	Druck.	Temp.
Einheit:	MW	bar	°C	bar	°C	
Lastfall 2	Mittelwerte	15,06	24,76	371,03	2,83	166,30
	IPSE Modell	15,20	24,76	371,03	2,83	166,30
Lastfall 3	Mittelwerte	9,19	14,41	297,36	2,00	136,87
	IPSE Modell	9,58	14,41	297,60	2,00	163,24
Lastfall 4	Mittelwerte	19,81	25,32	370,50	3,27	176,76
	IPSE Modell	19,47	25,32	370,50	3,27	176,76
Lastfall 5	Mittelwerte	19,78	25,16	371,78	3,31	178,92
	IPSE Modell	18,24	25,16	371,78	3,31	179,06
Lastfall 6	Mittelwerte	15,19	25,39	373,15	2,94	169,48
	IPSE Modell	15,10	25,39	373,15	2,94	169,48

**Tabelle 33: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Turbine**

Lastfälle	Turbine						
	Bezeichnung	Heizdampf	Heizdampf	Heizdampf	NDVW Dampf	NDVW Dampf	Abdampf
	KKS	A6LBD10CP001	A6LBD10CT001	A6NAB20CF901	A6LBS50CP001	A6LBS50CT001	A6MAG10CP901
	Art der Messung	Druck.	Temp.	Durchfluss	Druck	Temp.	Druck
Einheit	bara	°C	t/h	bara	°C	bar	
Lastfall 2	Mittelwerte	1,13	103,00	58,98	0,14	56,22	0,013
	IPSE Modell	1,13	103,06	58,20	0,35	72,68	0,013
Lastfall 3	Mittelwerte	1,11	102,56	41,00	0,12	54,22	0,015
	IPSE Modell	1,11	102,56	40,10	0,35	72,68	0,015
Lastfall 4	Mittelwerte	1,89	118,33	0,90	0,92	97,64	0,045
	IPSE Modell	1,89	118,43	0,54	0,92	97,29	0,045
Lastfall 5	Mittelwerte	1,90	118,53	0,32	0,93	97,97	0,050
	IPSE Modell	1,90	118,60	0,11	0,93	97,59	0,052
Lastfall 6	Mittelwerte	1,17	103,97	61,49	0,13	53,88	0,015
	IPSE Modell	1,17	104,05	59,49	0,32	70,59	0,016

Abweichungen bei der Turbinenleistung in Tabelle 32 hängen mit den unbekanntem Turbinenwirkungsgraden zusammen. Ein weiterer Grund sind die Leistungen des ND- bzw. MD-LUVOs. Da weder eine Dampfmenge noch eine Lufttemperatur nach der UK- und ND-LUVO Stufe gemessen wird, ist nicht bekannt wie sich die Dampfmengen auf den ND- und MD-LUVO aufteilen. Somit ist es nicht möglich die Leistungen dieser LUVO Stufen festzustellen. Diese haben jedoch direkten Einfluss auf die Turbinenleistung. Wird eine größere Dampfmenge für den LUVO entnommen, sinkt die Turbinenleistung, da der Massenstrom in den restlichen Turbinenstufen geringer wird. Allgemein kann man jedoch sagen, dass die Betriebsdaten sehr gut angenähert werden konnten, ausgenommen ist dabei nur der Lastfall 5, bei dem die Turbinenleistung vom errechneten Wert deutlicher abweicht (siehe Tabelle 32). Da zum Zeitpunkt der Diplomarbeit noch keine Turbinenwirkungsgrade bekannt waren, könnte hier eine falsche Annahme des Wirkungsgrades eine Erklärung sein.

**Tabelle 34: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Fernwärme**

Lastfälle	Fernwärme					
	Bezeichnung	FW Vorlauf	FW Vorlauf	FW Rücklauf	FW-Rücklauf	FW Vorlauf
	KKS	A6NDH20CT901	A6NDH20CP001	A6NDH10CT901	A6NDH10CP001	A6NDH20CF901
	Art der Messung	Temp.	Druck.	Temp.	Druck	Durchfluss
Einheit	°C	bar	°C	bar	t/h	
Lastfall 2	Mittelwerte	98,44	6,34	57,57	4,54	775,60
	IPSE Modell	98,44	6,35	57,57	4,54	773,70
Lastfall 3	Mittelwerte	99,00	6,30	56,12	6,15	526,93
	IPSE Modell	98,44	6,35	57,57	6,36	551,90
Lastfall 4	Mittelwerte	97,38	6,29	57,04	5,93	7,40
	IPSE Modell	97,38	6,29	57,04	5,93	7,45
Lastfall 5	Mittelwerte	91,99	6,38	41,04	6,02	1,23
	IPSE Modell	91,99	6,39	41,01	6,02	1,18
Lastfall 6	Mittelwerte	98,99	6,19	56,08	6,40	760,99
	IPSE Modell	98,99	6,39	56,08	6,40	759,60

**Tabelle 35: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Fernwärme**

Lastfälle	Fernwärme					
	Bezeichnung	FW Leistung	Heizkondensat zu Hauptkondensat	Heizkondensat	Heizkondensat nach Pumpen	Heizkondensat nach Pumpen
	KKS	A6NDH20FU901	A6NAB20CF901	A6NAB10CT001	A6NAB20CP001	A6NAB20CT001
	Art der Messung	Leistungs-messung	Durchfluss	Temp.	Druck	Temp.
Einheit	MW	t/h	°C	bar	°C	
Lastfall 2	Mittelwerte	36,83	58,98	74,72	4,85	74,79
	IPSE Modell	36,80	58,24	74,81	4,86	74,88
Lastfall 3	Mittelwerte	26,27	41,00	72,84	4,85	72,91
	IPSE Modell	26,30	40,11	74,29	4,85	74,37
Lastfall 4	Mittelwerte	0,35	0,90	82,68	2,07	79,17
	IPSE Modell	0,30	0,54	82,66	4,90	82,72
Lastfall 5	Mittelwerte	0,07	0,32	98,63	1,82	95,09
	IPSE Modell	0,10	0,11	98,68	4,90	98,77
Lastfall 6	Mittelwerte	37,97	61,49	74,44	4,85	74,50
	IPSE Modell	38,00	59,49	74,81	4,85	74,88

Abweichungen im Bereich der Fernwärme traten bei den Lastfällen 4 und 5 auf, als die Anlage im reinen Kondensationsbetrieb gefahren wurde. Der Druck nach den Heizkondensatpumpen muss im IPSEpro Modell auf einen annähernd gleichen Wert gebracht werden wie das Hauptkondensat, um einen Rechenfehler zu vermeiden. Ansonsten

würde die Druckdifferenz im Mixer, welchen dieser als Verlust kompensieren müsste, zu groß werden. Diese Abweichung hat jedoch keinen Einfluss auf die Ergebnisse, da der Heizkondensator im Kondensationsbetrieb keine Leistung überträgt und somit der Massenstrom über den Heizkondensator zu Null wird (siehe Tabelle 35, FW Leistung). Ansonsten stimmt der errechnete Fernwärmemassenstrom sehr schön mit den Messwerten überein. Einzig beim Lastfall 3 im Teillastbetrieb, werden um ca. 24 t/h mehr Fernwärmewasser erwärmt laut IPSEpro Modell. Diese Abweichung ist wieder mit der ungenauen Mengenmessung des Heizkondensats zu erklären.

**Tabelle 36: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Dampfverteilung**

Lastfälle	Dampfverteilung					
	Bezeichnung	Anzapfung 1	Anzapfung 1	nach Einspritzung Anzapfung 1	Anzapfung 2	Anzapfung 2
	KKS:	A6LBG50CP001	A6LBG50CT001	A6LBG55CT001	A6LBG70CP001	A6LBG70CT001
	Art der Messung	Druck	Temp.	Temp.	Druck.	Temp.
Einheit	bar	°C	°C	bar	°C	
Lastfall 2	Mittelwerte	24,81	371,03	250,00	2,83	166,30
	IPSE Modell	24,76	371,06	250,00	2,83	166,30
Lastfall 3	Mittelwerte	14,41	297,36	245,76	2,00	136,87
	IPSE Modell	14,41	297,60	245,76	2,00	163,24
Lastfall 4	Mittelwerte	25,32	370,50	250,02	3,27	176,76
	IPSE Modell	25,32	370,50	250,00	3,27	176,76
Lastfall 5	Mittelwerte	25,16	371,78	250,01	3,31	178,92
	IPSE Modell	25,16	371,78	250,00	3,31	179,06
Lastfall 6	Mittelwerte	25,39	373,15	249,99	2,94	169,48
	IPSE Modell	25,39	373,15	250,00	2,94	169,48

**Tabelle 37: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Dampfverteilung**

Lastfälle	Dampfverteilung						
	Bezeichnung	Heizdampf Entnahme	Heizdampf Entnahme	Anzapfung 3	Anzapfung 3	Abdampf	Hilfsdampf
	KKS:	A6LBD10CP001	A6LBD10CT001	A6LBS50CT001	A6LBS50CP001	A6MAG10CP901	A6LBG66CF901
	Art der Messung	Druck	Temp.	Temp.	Druck	Druck.	Durchfluss
Einheit	bara	°C	°C	bara	bar	t/h	
Lastfall 2	Mittelwerte	1,13	103,00	56,22	0,14	0,013	0,00
	IPSE Modell	1,13	103,06	72,68	0,35	0,013	0,00
Lastfall 3	Mittelwerte	1,11	102,56	54,22	0,12	0,015	0,00
	IPSE Modell	1,11	102,55	72,68	0,35	0,015	0,00
Lastfall 4	Mittelwerte	1,89	118,33	97,64	0,91	0,045	0,95
	IPSE Modell	1,89	118,43	97,29	0,92	0,005	0,95
Lastfall 5	Mittelwerte	1,90	118,53	97,97	0,93	0,050	0,00
	IPSE Modell	1,90	118,60	97,59	0,93	0,052	0,00
Lastfall 6	Mittelwerte	1,17	103,97	53,88	0,13	0,015	0,00
	IPSE Modell	1,17	104,06	70,59	0,32	0,016	0,00

**Tabelle 38: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Luftvorwärmung**

		Luftvorwärmung							
Lastfälle	Bezeichnung	Gesamte Frischluftmenge	Abluft RSB	Luft vor Gebläse	Luft vor Gebläse	Luft vor FW- WT	FW LUVO Leistung	Temp. nach FW- WT	ND-Kondensat
	KKS:	A6HLA20FF001	R6SAB71EE001	A6HLA20CT001	A6HLA20CP001	A6HLC20CP001	A6NDA75FU001	A6HLC20CT001	A6LCN21FF901
	Art der Messung	Durchfluss	Durchfluss	Temp.	Druck	diff Druck	Leistung	emp. nach FW-W	Durchfluss
	Einheit	Nm³/h	Nm³/h	°C	mbara	mbar	kW	°C	kg/s
Lastfall 2	Mittelwerte	80136,00	58605,19	14,80	990,35	41,17	950,85	60,95	1,16
	IPSE Modell	80136,00	58679,00	13,80	962,70	41,17	950,00	53,29	1,63
Lastfall 3	Mittelwerte	55811,23	36464,14	23,77	977,51	38,92	0,00	62,02	0,79
	IPSE Modell	55812,00	36531,00	23,85	977,50	38,92	0,00	38,09	1,27
Lastfall 4	Mittelwerte	77599,78	44393,04	27,82	962,74	41,10	0,00	62,90	0,60
	IPSE Modell	77570,00	44394,00	27,35	962,70		0,00	34,35	1,16
Lastfall 5	Mittelwerte	73429,87	56303,85	24,64	963,62	40,62	0,00	59,13	0,48
	IPSE Modell	73424,00	56272,00	24,72	962,70	40,62	0,00	31,65	1,77
Lastfall 6	Mittelwerte	77923,79	54020,67	25,15	969,93	41,08	0,00	62,27	0,86
	IPSE Modell	77945,00	54012,00	25,32	962,70	40,00	0,00	32,27	1,86

**Tabelle 39: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Luftvorwärmung**

		Luftvorwärmung								
Lastfälle	Bezeichnung	ND-Kondensat	ND-Dampf	ND-Dampf	ND-Dampf	MD-Dampf	FW vor FW Luvo	FW nach FW Luvo	FW Menge	vorgewärmte Frischluft
	KKS:	A6LCN21CT002	A6LBG01CP001	A6LBG01CT001	A6LBG25FF001	A6LBG55CP001	A6NDA75CT001	A6NDB75CT001	A6NDA75CF901	A6HLA25CT001
	Art der Messung	Temp.	Druck	Temp.	Durchfluss	Druck	Temp.	Temp.	Durchfluss	Temp.
	Einheit	°C	bar	°C	t/h	bar	°C	°C	t/h	°C
Lastfall 2	Mittelwerte	92,88	2,72	165,02	1,86	24,06	97,71	55,15	15,58	150,03
	IPSE Modell	92,68	2,83	159,54	1,86	24,76	97,44	55,15	19,29	150,00
Lastfall 3	Mittelwerte	89,15	2,15	158,73	1,19	25,01	24,74	23,38	0,01	150,01
	IPSE Modell	89,15	2,00	153,60	1,19	14,41	98,44	55,15	0,00	150,00
Lastfall 4	Mittelwerte	94,74	3,19	173,88	1,85	24,79	93,01	47,12	7,58	150,04
	IPSE Modell	94,74	3,17	166,99	1,85	25,32	92,38	47,12	0,00	150,00
Lastfall 5	Mittelwerte	93,14	3,23	176,16	1,91	24,53	66,34	59,09	1,61	150,02
	IPSE Modell	94,74	3,31	169,67	1,91	25,16	62,99	59,09	0,00	150,00
Lastfall 6	Mittelwerte	92,97	2,83	167,91	1,69	24,60	23,49	32,31	-0,01	149,97
	IPSE Modell	92,97	2,84	160,22	1,69	25,39	98,99	47,12	0,00	150,00

Wie schon beim Lastfall 1 erwähnt, sind größere Abweichungen bei der Luftvorwärmung bei der Lufttemperatur nach der Fernwärme – LUVO Stufe zu erkennen. Eine Diskrepanz ergibt sich ebenso bei der Mengenmessung des Fernwärme – LUVOs, wenn dieser abgeschaltet ist. Wird keine Leistung übertragen, muss im Modell auch der Fernwärmemassenstrom zu Null werden, da sonst ein Rechenfehler entsteht. Abweichungen beim Niederdruckkondensat vom Entspanner sind durch eine ungenaue bzw. falsche Durchflussmessung des Kondensats zu erklären. Die Temperaturunterschiede bei der Anzapfung 3 sind wiederum die benötigten erhöhten Temperaturen für den NDVW (siehe Tabelle 37).

**Tabelle 40: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Hauptkühlwasser**

Lastfälle	Hauptkühlwasser						
	Bezeichnung	Vorlauf	Rücklauf	Kühlwassermenge	Druck nach Kondensator	Kühlleistung	Druck vor Kondensator
	KKS	A6PAB10CT001	A6PAB20CT001	A6PAB10CF901	A6PAB20CP001	A6PAB20DU901	A6PAB10CP001
	Art der Messung:	Temp.	Temp.	Durchfluss	Druck.	Leistung HKW	Druck
Einheit:	°C	°C	t/h	bar	MW	bar	
Lastfall 2	Mittelwerte	3,32	6,55	2017,52	0,52	7,57	0,95
	IPSE Modell	3,32	6,94	2018,00	0,52	8,50	0,95
Lastfall 3	Mittelwerte	10,01	12,27	2374,54	0,47	6,25	0,93
	IPSE Modell	10,01	12,27	2375,00	0,52	6,16	0,95
Lastfall 4	Mittelwerte	10,13	20,45	3098,86	0,34	37,15	0,88
	IPSE Modell	10,13	21,66	3098,00	0,34	41,44	0,88
Lastfall 5	Mittelwerte	10,27	23,17	2482,80	0,46	37,22	0,92
	IPSE Modell	10,27	24,61	2483,00	0,49	41,30	0,92
Lastfall 6	Mittelwerte	10,15	12,32	2670,97	0,40	6,72	0,90
	IPSE Modell	10,15	12,46	2671,00	0,40	7,09	0,90

Wie in Tabelle 40 ersichtlich, weichen die Werte der Kühlleistung voneinander ab. Dies ist damit zu erklären, dass geringere Dampfmengen für die Luftvorwärmung bzw. die Niederdruckvorwärmung entnommen werden und somit eine größere Dampfmenge niedergeschlagen werden muss.

**Tabelle 41: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Niederdruckvorwärmer**

Lastfälle	Niederdruckvorwärmer							
	Bezeichnung	vor Spw.behälter Hauptkondensat	nach Hauptkondensat-pumpe	nach Hauptkondensat-pumpe	vor ND VW	nach ND VW	nach ND VW	Hauptkondensat nach NDVW
	KKS	A6LCA10CT001	A6LCA60CP001	A6LCA60CT001	A6LCA161CT001	A6LCA70CP001	A6LCA70CT001	A6LCA70CF901
	Art der Messung:	Temp.	Druck	Temp.	Temp.	Druck	Temp.	Durchfluss
Einheit:	°C	bar	°C	°C	bar	°C	t/h	
Lastfall 2	Mittelwerte	65,15	5,16	15,59	68,28	3,72	65,27	71,53
	IPSE Modell	67,33	5,16	12,09	67,31	3,65	67,33	71,18
Lastfall 3	Mittelwerte	63,39	5,14	22,00	65,24	3,64	63,54	51,10
	IPSE Modell	68,03	5,16	12,13	68,01	3,65	68,02	49,70
Lastfall 4	Mittelwerte	87,48	5,32	27,80	32,52	3,80	87,53	67,44
	IPSE Modell	88,49	5,32	27,54	32,10	3,77	87,53	65,65
Lastfall 5	Mittelwerte	88,25	5,26	30,28	34,89	3,71	88,41	67,18
	IPSE Modell	88,40	5,26	29,36	33,53	3,71	88,40	66,80
Lastfall 6	Mittelwerte	66,22	5,15	21,52	69,60	3,70	66,25	72,69
	IPSE Modell	69,33	5,15	15,07	70,57	3,60	69,33	70,57

Generell konnten bei der Simulation des Niederdruckvorwärmers, wenn dieser im Betrieb war, sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Eine Diskrepanz gibt es, wie schon beschrieben, bei der Abdampftemperatur bzw. der Temperatur nach den Hauptkondensatpumpen. Verantwortlich dafür könnten ein besserer Turbinenwirkungsgrad als angenommen, ein größerer Abdampfdruck oder eine geringere Unterkühlung des Hauptkondensats sein.

**Tabelle 42: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Speisewasserbehälter**

Lastfälle	Speisewasserbehälter							
	Bezeichnung	Speisewasser	Speisewasser- behälter	Speisewasser- pumpen	Speisewasser- pumpen	Deionat	FW-RL Not einspeisung	Nebenkondensat- behälter
	KKS:	A6LAB15CT002	A6LAA10CP001	A6LAB15CP001	A6LAB15FF001	A6GHC15FF901	A6NDB70FF901	A6LCN10CT001
	Art der Messung:	Temp.	Druck.	Druck.	Durchfluss	Durchfluss	Durchfluss	Temp.
Einheit:	°C	bar	bar	t/h	m³/h	t/h	°C	
Lastfall 2	Mittelwerte	133,49	1,65	55,04	95,43	10,53	0,02	87,29
	IPSE Modell	130,46	1,65	57,02	90,75	9,24	0,00	89,40
Lastfall 3	Mittelwerte	130,44	1,65	55,48	69,12	9,33	0,01	86,13
	IPSE Modell	130,40	1,65	55,14	65,04	7,87	0,00	86,20
Lastfall 4	Mittelwerte	134,41	1,65	58,51	96,90	11,64	0,02	91,29
	IPSE Modell	130,48	1,65	58,08	91,43	10,77	0,00	89,44
Lastfall 5	Mittelwerte	130,51	1,65	58,08	96,41	11,93	0,02	90,64
	IPSE Modell	130,49	1,65	58,17	91,19	9,66	0,00	89,44
Lastfall 6	Mittelwerte	130,53	1,65	58,06	97,44	11,92	0,02	89,70
	IPSE Modell	130,47	1,65	57,56	91,85	10,93	0,00	89,44

Beim Speisewasserbehälter ist, wie schon beim Lastfall 1 erwähnt, die Durchflussmessung nach den Speisewasserpumpen falsch eingestellt. Die Abweichung beträgt bei allen Lastfällen relativ konstant ca. 5 t/h. Auffallend ist in Tabelle 42 dass die gemessene Deionatmenge größere ist als die errechnete. Eventuelle Undichtigkeiten oder diverse Sonderverbraucher können der Grund sein. Der Speisewasserpumpendruck im IPSEmodell wurde durch die Druckverluste der Verdampfer - Überhitzer und dem Frischdampfdruck eingestellt. Da diese jedoch nicht bekannt waren, wurde der Druck an den Messwert angenähert.

**Tabelle 43: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Rauchgas**

Lastfälle	Rauchgas								
	Bezeichnung	Rauchgasmenge	Obere Feuerraumtemp über Brenner	Temp. Zug 2 oben rechts	Überhitzer 3	vor ÜH 5 re	vor ÜH 5 li	vor ÜH 4 re	vor ÜH 4 li
	KKS	A6HBK80FF001	A6HBK20CT902	A6HBK50CT001	A6HBK60CT002	A6HBK70CT001	A6HBK70CT002	A6HBK70CT003	A6HBK70CT004
	Art der Messung	Durchfluss	Durchfluss	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.
Einheit	Nm³/h	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
Lastfall 2	Mittelwerte	144690,22	913,34	769,28	500,12	458,65	451,02	403,90	400,67
	IPSE Modell	143412,00	1230,00	-	625,00	502,30	502,30	398,15	398,15
Lastfall 3	Mittelwerte	110717,68	905,50	729,03	463,07	433,94	435,41	392,66	392,00
	IPSE Modell	110457,00	1243,00	-	580,58	478,41	478,41	384,79	384,79
Lastfall 4	Mittelwerte	142422,56	937,68	798,45	407,33	-	-	468,40	461,82
	IPSE Modell	142103,00	1277,80	-	425,05	-	-	534,83	534,83
Lastfall 5	Mittelwerte	155448,95	943,25	769,81	398,32	-	-	460,69	456,49
	IPSE Modell	155094,00	1220,70	-	395,50	-	-	503,61	503,61
Lastfall 6	Mittelwerte	156079,23	924,57	758,16	411,59	-	-	476,78	467,02
	IPSE Modell	156080,00	1163,70	-	465,29	-	-	530,39	530,39

**Tabelle 44: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Rauchgas**

Lastfälle	Rauchgas								
	Bezeichnung	nach Dackel re	vor ÜH2 li	vor ÜH1 li	vor ECO re	nach ECO	vor ECO2	vor ECO1	nach ECO1
	KKS	A6HBK70CT005	A6HBK80CT002	A6HBK80CT003	A6HBK80CT006	A6HBK90CT901	A6HBK80CT003	A6HBK80CT006	A6HBK90CT901
	Art der Messung	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.
Einheit	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
Lastfall 2	Mittelwerte	370,89	0,00	342,25	294,95	168,65	-	-	-
	IPSE Modell	381,81	381,80	365,51	317,34	198,00	-	-	-
Lastfall 3	Mittelwerte	362,15	352,45	333,85	292,98	166,25	-	-	-
	IPSE Modell	377,12	377,12	350,40	312,22	195,00	-	-	-
Lastfall 4	Mittelwerte	373,01	493,35	362,67	-	-	335,8470901	256,781353	162,549834
	IPSE Modell	379,76	627,51	379,76	-	-	337,06	252,23	160
Lastfall 5	Mittelwerte	374,80	485,04	366,95	-	-	337,6881241	259,6405807	166,713455
	IPSE Modell	375,46	595,93	375,46	-	-	333,65	286,9	174
Lastfall 6	Mittelwerte	377,56	498,29	369,72	-	-	344,3595924	268,6103039	165,835505
	IPSE Modell	367,69	575,53	367,69	-	-	362,24	263,2	175

Wie auch schon beim Lastfall 1 weichen die Rauchgastemperaturen besonders im vorderen Bereich des Kessels sehr stark von den gerechneten Werten ab (siehe Tabelle 43 und 44). Eine Erklärung wäre, wie schon beschrieben, eine ungünstige Positionierung der Temperaturmessung oder Beeinflussungen durch heiße Rauchgasströmen. Ein Indiz für die Richtigkeit der gerechneten Rauchgastemperaturen, besonders vor dem Überhitzer 3 ist die Tatsache, dass die Rauchgastemperaturen am Anfang vom Zug 2 (siehe Anhang Leittechnikbild - Rauchgas Übersicht - Messung A6HBK50CT002) jeweils um ca. 750° pendeln. Dies erscheint plausibel, wenn die Rauchgastemperatur um ca. 100 °C bis zum Überhitzer 3 abnimmt. Die Lastfälle 2 und 3 sind jeweils vor dem Umbau gerechnet bzw.

aufgezeichnet worden. Der ehemalige Überhitzer 1 wurde zum ECO 2 umfunktioniert und wurde auch so in die Tabelle 44 aufgenommen.

**Tabelle 45: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Verdampfer - Überhitzer**

Lastfälle	Bezeichnung	Verdampfer / Überhitzer						
		Frischdampfparameter	Frischdampfparameter	Frischdampfparameter	nach ECO	vor ECO	Einspritzung ÜH 1	Temp. nach Einspritzung ÜH1
		KKS: A6LBA10FF001	A6LBA10CT901	A6LBA10CP901	A6HAC10CT001	A6LAB15CT002	A6LAE11FF901	A6HAH15CT002
		Art der Messung	Durchfluss	Temp.	Druck	Temp.	Temp.	Durchfluss
Einheit	t/h	°C	bar	°C	°C	t/h	°C	
Lastfall 2	Mittelwerte	87,95	420,51	44,84	204,18	130,40	0,01	302,52
	IPSE Modell	87,80	420,26	44,82	205,20	130,46	0,00	303,33
Lastfall 3	Mittelwerte	62,87	419,76	44,26	205,50	130,44	0,00	293,43
	IPSE Modell	62,87	419,76	44,26	205,86	130,43	0,00	293,43
Lastfall 4	Mittelwerte	88,41	419,64	44,63	235,05	134,41	0,31	263,99
	IPSE Modell	88,41	419,64	44,63	235,04	130,48	-	-
Lastfall 5	Mittelwerte	88,19	420,64	44,63	236,62	130,51	0,14	263,91
	IPSE Modell	88,19	420,64	44,63	234,69	130,49	-	-
Lastfall 6	Mittelwerte	88,72	422,89	44,64	243,11	130,53	0,42	263,92
	IPSE Modell	88,72	422,89	44,64	242,14	130,47	0,42	263,92

**Tabelle 46: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Verdampfer - Überhitzer**

Lastfälle	Bezeichnung	Verdampfer / Überhitzer							
		Einspritzung ÜH 2	Temp. nach Einspritzung ÜH 2	Einspritzung ÜH 3	Temp. nach Einspritzung ÜH 3	Einspritzung ÜH 4	Temp. nach Einspritzung ÜH 4	Dampftrommel	Dampftrommel
		KKS: A6LAE12FF901	A6HAH25CT002	A6LAE13FF901	A6HAH35CT001	A6LAE14FF901	A6HAH45CT002	A6HAD10CP001	A6HAD10CT001
		Art der Messung	Durchfluss	Temp.	Durchfluss	Temp.	Durchfluss	Temp.	Druck
Einheit	t/h	°C	t/h	°C	t/h	°C	bar	°C	
Lastfall 2	Mittelwerte	0,40	306,98	5,12	378,95	6,73	316,84	52,10	264,18
	IPSE Modell	0,40	306,98	5,12	378,95	6,73	316,84	51,02	265,21
Lastfall 3	Mittelwerte	0,00	318,86	3,65	374,69	3,85	320,84	48,22	246,09
	IPSE Modell	0,00	318,86	3,65	374,69	3,85	320,84	48,14	262,86
Lastfall 4	Mittelwerte	0,56	290,49	3,28	346,57	7,08	311,84	49,89	258,24
	IPSE Modell	0,56	290,49	3,28	346,57	7,08	311,84	49,48	264,55
Lastfall 5	Mittelwerte	0,63	292,31	3,56	351,54	5,90	306,89	49,80	258,24
	IPSE Modell	0,63	29231,00	3,56	351,54	5,90	306,89	50,07	265,27
Lastfall 6	Mittelwerte	0,74	293,44	3,54	350,62	0,00	303,50	49,83	258,07
	IPSE Modell	0,74	293,44	3,54	350,62	-	-	49,16	264,15

Ebenso wurde durch den Umbau die Einspritzung 1 in der Tabelle 45 eliminiert. In Tabelle 45 und 46 wird gezeigt, dass die Temperaturen nach dem Economiser sehr gut berechnet wurden.

**Tabelle 47: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Gewebefilter**

Lastfälle	Bezeichnung:	Gewebefilter				
		Druck Diff.- Gewebefilter	Druckluft	Temp. RG vor Gewebefilter	Temp. RG nach Gewebefilter	
		KKS:	A6HDD10CP001	A6HDU10CP001	A6HNA01CT901	A6HNA11CT001
		Art der Messung:	Druck	Druck	Temp.	Temp.
		Einheit:	mbar	bar	°C	°C
Lastfall 2	Mittelwerte	9,31	4,14	180,03	178,16	
	IPSE Modell	10,00	4,13	199,00	195,00	
Lastfall 3	Mittelwerte	7,44	4,12	182,86	181,48	
	IPSE Modell	7,44	4,13	195,00	191,00	
Lastfall 4	Mittelwerte	9,58	4,11	170,58	168,59	
	IPSE Modell	9,58	4,13	170,00	167,77	
Lastfall 5	Mittelwerte	9,47	4,11	176,62	174,74	
	IPSE Modell	9,47	4,13	171,48	171,48	
Lastfall 6	Mittelwerte	9,59	4,11	175,46	173,24	
	IPSE Modell	9,59	4,13	175,00	172,89	

Zu erwähnen sei, dass zur Einstellung der Rauchgastemperatur nach dem ECO, die Temperaturmessung des Gewebefilters (Tabelle 47) herangezogen wurde, da diese laut Linz Strom eine bessere Genauigkeit bot. Ebenfalls in Tabelle 47 ersichtlich ist, dass der Umbau der Überhitzerstufe in eine ECO – Stufe seine Wirkung nicht verfehlt hat. War man vor dem Umbau (Lastfall 1 -3) deutlich zu hoch mit den Rauchgastemperaturen vor dem Gewebefilter, konnte nach dem Umbau (Lastfall 4 – 6) die Eintrittstemperatur in den Gewebefilter deutlich gesenkt werden.

**Tabelle 48: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Wäscher 1, Saugzug**

Lastfälle		Wäscher 1	
		Temp. RG Eintritt Wäscher1	Sättigungs-temperatur
	Bezeichnung:		
	KKS:	A6HTD10CT004	A6HTD10CT901
	Art der Messung:	Temp.	Temp.
	Einheit:	°C	°C
Lastfall 2	Mittelwerte	106,79	62,17
	IPSE Modell	106,00	61,72
Lastfall 3	Mittelwerte	100,79	57,37
	IPSE Modell	100,79	57,84
Lastfall 4	Mittelwerte	103,01	62,65
	IPSE Modell	103,10	62,52
Lastfall 5	Mittelwerte	104,16	61,67
	IPSE Modell	104,00	61,38
Lastfall 6	Mittelwerte	105,78	63,36
	IPSE Modell	103,10	63,44

Lastfälle		Saugzug	
		Druck vor Saugzuggebläse	Temp. vor Saugzuggebläse
	Bezeichnung:		
	KKS:	A6HTB01CP004	A6HNA20CT001
	Art der Messung:	Druck	Temp.
	Einheit:	mbar	°C
Lastfall 2	Mittelwerte	-55,85	127,37
	IPSE Modell	-55,85	146,21
Lastfall 3	Mittelwerte	-54,03	125,86
	IPSE Modell	-54,03	141,00
Lastfall 4	Mittelwerte	-56,55	122,54
	IPSE Modell	-56,55	114,13
Lastfall 5	Mittelwerte	-57,80	126,02
	IPSE Modell	-57,80	124,64
Lastfall 6	Mittelwerte	-59,83	125,55
	IPSE Modell	-59,83	129,17

Auffällig waren Unterschiede bei der Temperatur vor dem Saugzuggebläse, sprich nach dem Gas – Gas Wärmetauscher (siehe Tabelle 48). Diese Unterschiede können durch schwankende Rauchgastemperaturen vor den Rauchgaswäschern hervorgerufen werden.

---

## 5 Zusammenfassung und Diskussion

Aufgabe dieser Arbeit war die thermodynamische Abbildung des neuen Reststoffheizkraftwerks Linz. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das IPSEpro-Modell sehr gut geeignet ist, um diverse Lastfälle und Betriebsarten zu simulieren. Die größte Herausforderung der Arbeit war das richtige Setzen der Parameter im IPSEpro-Modell, um eine stabile Berechnung zu ermöglichen. Werden die angesprochenen Details, wie zum Beispiel die Erhöhung des Anzapfdrucks bei ausgeschaltetem Niederdruckvorwärmer, beachtet, können auch durchaus größere Änderungen der Parameter stabil berechnet werden. Die Untersuchungen zeigten, dass das Modell auch sehr gut geeignet ist, um mit verschiedensten Vorgabeparametern eine Berechnung durchführen zu können. Hier sei besonders die Brennkammer erwähnt, bei der die Eingabe sehr flexibel entweder über die Elementaranalyse des Brennstoffs, den Massenstrom des Brennstoffs, den Heizwert des Brennstoffs, oder einer Kombination aus diesen Parametern vorgegeben werden kann. Anhand der Kontrollrechnung konnte gezeigt werden, dass der Einfluss von den Elementen, welche nicht im Modell berücksichtigt wurden, auf das Rauchgas sehr gering ist. Ebenfalls sehr flexibel ausgeführt wurde die Verdampfer – Überhitzerschaltung. Bei dieser können durch einfaches Ändern der fixierten Parameter je nach Bedarf Verschmutzungen berücksichtigt, vorgegebene Leistungen vorgegeben oder Grädigkeiten eingestellt werden. Besonders beim Wasser – Dampfkreislauf wurden großteils sehr gute Näherungen der Rechenwerte an die Messwerte erzielt. Leider verhinderten ungenaue bzw. nicht vorhandene Messungen, wie z.B.: die Menge des MD- und ND-Dampfs, eine exakte Bilanzierung im Bereich der Luftvorwärmung. Die Abweichungen der Rauchgastemperatur können durch eine ungünstige Positionierung der Temperaturmessungen erklärt werden.

Einen sehr großen Zeitaufwand benötigte auch die Aufbereitung der Messwerte. Es mussten einige Messwerte, die nicht standardmäßig in den Betriebsdaten aufbereitet waren, aufwendig aus dem System herausgelesen und in die gewünschte Form gebracht werden. Bei zukünftigen Änderungen bzw. Umbauten in der Anlage, kann das Modell ohne Probleme nachgeführt und angepasst werden. Besonders einfach kann die Umstellung der Turbine mit ihren Teillastwirkungsgraden erfolgen. Eine weitere vorgesehene Verwendungsmöglichkeit für das Modell ist dessen Heranziehen als Grundlage für Teillastsimulationen. Zum jetzigen Zeitpunkt liegen die Daten über Teillastwirkungsgrade jedoch noch nicht vor. Das vorhandene Brennkammermodell der Biomasseanlage, kam für diese Arbeit nicht zur

---

Anwendung, da die Simulation der Brennkammer mit den vorhandenen Apparaten aus der App\_Lib ausreichend war.

Das mit dieser Arbeit erstellte Modell ist mittlerweile im Einsatz und wurde schon zur Kontrollrechnung bei einem Leistungstest erfolgreich eingesetzt.

---

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] **Strabag Energietechnik GmbH & Co KG**, *BioCOM® Verfahrens und Anlagenbeschreibung A6&MDB100 Hochdruckdampferzeuger mit Stationärerer Wirbelschicht*, Internes Linz Strom GmbH Dokument.: 23.09.2009
- [2] **Heinz Gabernig**, *Energie- und Klimatechnik*.: Bohmann Fachbuch im Verlag Jugend & Volk GmbH, Wien 2000
- [3] **M. Bahadir, H. Parlar, M. Spittler**, *Springer Umweltlexikon*.: 2.Auflage, Springer Verlag, Berlin 2000
- [4] **Anton Friedl**, *IPSEpro Process-Simulation*, <http://www.process-simulation.at/?q=node/171>, 24.04.2012
- [5] **Bernd Epple, Reinhard Leithner, Wladimir Linzer**, *Simulation von Kraftwerken und wärmetechnischen Anlagen*.: Springer Verlag, Wien 2000
- [6] **INTEGRAL Engineering und Umwelttechnik GmbH**, *RHKW Linz Los 2 Rauchgasreinigung*, Internes Linz Strom GmbH Dokument..: 24.06.2011
- [7] **Jürgen Karl**, *Vorlesungsskript Wärmetechnik 2*.: Graz 2010
- [8] **Gunter Schaumann**, *Kraft-Wärme-Kopplung*.: 4.Auflage, Springer Verlag, Berlin 2010
- [9] **Jürgen Karl**, *Dezentrale Energiesysteme: Neue Technologien im liberalisierten Energiemarkt*.: 2.Auflage, München; Wien : Oldenburg Verlag, Wien 2006

---

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verfahrensschema des RHKW Linz, UV&P Gesm.b.H.....	3
Abbildung 2: Feuerungsleistungsdiagramm, Strabag Energietechnik GmbH & Co KG [1] .....	6
Abbildung 3: Düsenboden einer stationären Wirbelschicht Strabag Energietechnik GmbH & Co KG [1].....	9
Abbildung 4: Naturumlauf Prinzip.....	10
Abbildung 5: Flossenwände (links) [7], (rechts) [2] .....	11
Abbildung 6: Filterschläuche des Gewebefilters [2] .....	14
Abbildung 7: Gewebefilter Firma Integral Engineering und Umwelttechnik GmbH [6] .....	15
Abbildung 8: Nasse Rauchgasreinigung, Wäscher 1, Verbindungskanal mit Tropfenabscheider, Wäscher 2, Gas-Gas Wärmetauscher Firma Integral Engineering und Umwelttechnik GmbH.....	16
Abbildung 9: DeNOx Anlage des RHKW Linz Firma Integral Engineering und Umwelttechnik GmbH .....	18
Abbildung 10: Einstellungen für den „Composition Stream“ der Verbrennungsluft .....	21
Abbildung 12: Brennkammermodell IPSEpro .....	23
Abbildung 13: Brennkammermodell mit Settings und Bezeichnungen.....	23
Abbildung 15: Composition - Vorgabe des Brennstoffes mittels Elementaranalyse .....	26
Abbildung 16: Weitere Einstellmöglichkeit für die Brennkammer .....	26
Abbildung 17: Vorgabe des O <sub>2</sub> Gehalts im Rauchgas.....	27
Abbildung 18: Verdampfer - Überhitzerschaltung IPSEpro .....	28
Abbildung 19: Verdampfer - Überhitzerschaltung mit Settings.....	29
Abbildung 22: Dampfumformstationen HD-MD, HD-ND, HD-Entnahme.....	34

---

Abbildung 23: Dampfumformstationen HD-MD, HD-ND, HD-Entnahme IPSEpro mit Settings .....	34
Abbildung 25: Turbine IPSEpro Modell (links), Turbine mit Settings (rechts).....	36
Abbildung 27: MD-Dampfschiene IPSEpro Modell (links), MD-Dampfschiene mit Settings (rechts) .....	39
Abbildung 29: ND-Dampfschiene IPSEpro Modell .....	40
Abbildung 30: ND-Dampfschiene mit Settings .....	40
Abbildung 31: Kondensator und DLS Wärmetauscher IPSEpro Modell (links), Kondensator und DLS Wärmetauscher mit Settings (rechts).....	42
Abbildung 32: Heizkondensator IPSEpro Modell (links), Heizkondensator mit Settings (rechts) .....	43
Abbildung 33: Niederdruckvorwärmer IPSEpro Modell .....	44
Abbildung 34: Niederdruckvorwärmer mit Settings .....	44
Abbildung 35: Definition des "Global Object" Ambient .....	45
Abbildung 36: Zusammensetzung der Frischluft und FW - LUVO .....	46
Abbildung 37: Zusammensetzung der Frischluft und FW – LUVO mit Settings.....	46
Abbildung 38: Free Equations des Fernwärme - LUVOs .....	47
Abbildung 39: UK-, ND-, MD-LUVO IPSEpro Modell .....	47
Abbildung 40: UK-, ND-, MD-LUVO mit Settings .....	48
Abbildung 41: Speisewasserbehälter mit Speisewasserpumpe, Deionat- und Fernwärme Nachspeisung IPSEpro Modell.....	49
Abbildung 42: Speisewasserbehälter mit Speisewasserpumpe, Deionat- und Fernwärme Nachspeisung IPSEpro Pro mit Settings.....	50
Abbildung 44: Entspanner IPSEpro Modell .....	51
Abbildung 45: Entspanner mit Settings .....	52
Abbildung 46: Free Equations Entspanner.....	52

---

Abbildung 47: Nebenkondensatbehälter mit Nebenkondensatpumpe IPSEpro Modell (links), Nebenkondensatbehälter mit Nebenkondensatpumpe mit Settings (rechts) .....	53
Abbildung 48: Free Equations Nebenkondensatbehälter .....	54
Abbildung 49: Rauchgasreinigung IPSEpro Modell .....	55
Abbildung 50: Rauchgasreinigung mit Settings.....	55
Abbildung 51: Variante 1, Vorgabe des H <sub>2</sub> O Anteils im Rauchgas .....	57
Abbildung 52: Variante 2, Vorgabe der Sättigungstemperatur, variable Rauchgaszusammensetzung .....	57
Abbildung 54: Hauptdaten, Lastfall 2 .....	69
Abbildung 55: Hauptdaten, Lastfall 3 .....	70
Abbildung 56: Hauptdaten, Lastfall 4 .....	71
Abbildung 57: Hauptdaten, Lastfall 5 .....	72
Abbildung 58: Hauptdaten, Lastfall 6 .....	73

---

## 8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Brennstoff Zusammensetzung.....	59
Tabelle 2: Rauchgasberechnung .....	61
Tabelle 3: Gesamte Rauchgaszusammensetzung.....	64
Tabelle 4: Rauchgas Wäscherbilanz.....	64
Tabelle 5: Überblicksdaten, Lastfall 1 .....	68
Tabelle 6: Überblicksdaten, Lastfall 2 .....	69
Tabelle 7: Überblicksdaten, Lastfall 3 .....	70
Tabelle 8: Überblicksdaten, Lastfall 4 .....	71
Tabelle 9: Überblicksdaten, Lastfall 5 .....	72
Tabelle 10: Überblicksdaten, Lastfall 6 .....	73
Tabelle 11: Messwerte Lastfall 1, Kessel .....	75
Tabelle 12: Messwerte Lastfall 1, Brennkammer .....	76
Tabelle 13: Messwerte Lastfall 1, Turbine.....	77
Tabelle 14: Messwerte Lastfall 1, Turbine.....	77
Tabelle 15: Messwerte Lastfall 1, Fernwärme.....	78
Tabelle 16: Messwerte Lastfall 1, Fernwärme.....	79
Tabelle 17: Messwerte Lastfall 1, Dampfverteilung.....	80
Tabelle 19: Messwerte Lastfall 1, Luftvorwärmung .....	81
Tabelle 21: Messwerte Lastfall 1, Hauptkühlwasser .....	83
Tabelle 22: Messwerte Lastfall 1, Niederdruckvorwärmer .....	84
Tabelle 23: Messwerte Lastfall 1, Speisewasserbehälter .....	85
Tabelle 24: Messwerte Lastfall 1, Rauchgas.....	86

---

Tabelle 25: Messwerte Lastfall 1, Rauchgas.....	86
Tabelle 26: Messwerte Lastfall 1, Verdampfer - Überhitzer .....	87
Tabelle 27: Messwerte Lastfall 1, Verdampfer - Überhitzer .....	88
Tabelle 28: Messwerte Lastfall 1, Gewebefilter.....	89
Tabelle 29: Messwerte Lastfall 1, Wäscher 1, Saugzug .....	90
Tabelle 30: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Kessel .....	91
Tabelle 31: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Brennkammer .....	92
Tabelle 32: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Turbine.....	92
Tabelle 33: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Turbine.....	93
Tabelle 34: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Fernwärme.....	94
Tabelle 35: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Fernwärme.....	94
Tabelle 36: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Dampfverteilung.....	95
Tabelle 37: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Dampfverteilung.....	95
Tabelle 38: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Luftvorwärmung .....	96
Tabelle 39: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Luftvorwärmung .....	96
Tabelle 40: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Hauptkühlwasser .....	97
Tabelle 41: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Niederdruckvorwärmer .....	97
Tabelle 42: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Speisewasserbehälter .....	98
Tabelle 43: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Rauchgas.....	99
Tabelle 44: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Rauchgas.....	99
Tabelle 45: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Verdampfer - Überhitzer .....	100
Tabelle 46: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Verdampfer - Überhitzer .....	100
Tabelle 47: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Gewebefilter.....	101
Tabelle 48: Vergleich Messwerte - Rechenwerte, Wäscher 1, Saugzug .....	102

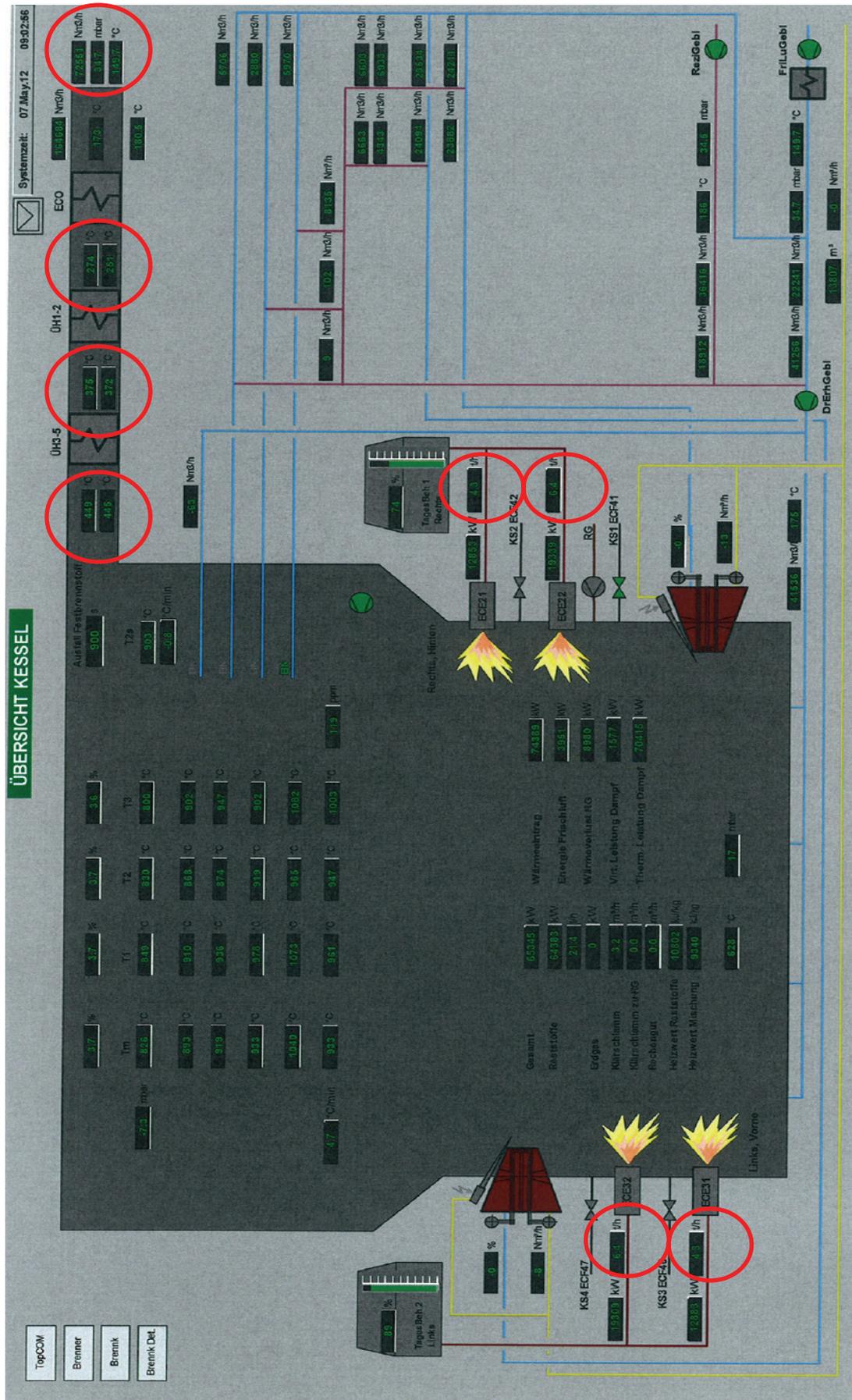
---

---

## 9 Anhang

- Anhang 1-12: Leittechnikbilder mit eingezeichneten Messstellen
- Anhang 13: Rauchgasbilanz
- Anhang 14: Lastfall 1
- Anhang 15: Lastfall 2
- Anhang 16: Lastfall 3
- Anhang 17: Lastfall 4
- Anhang 18: Lastfall 5
- Anhang 19: Lastfall 6

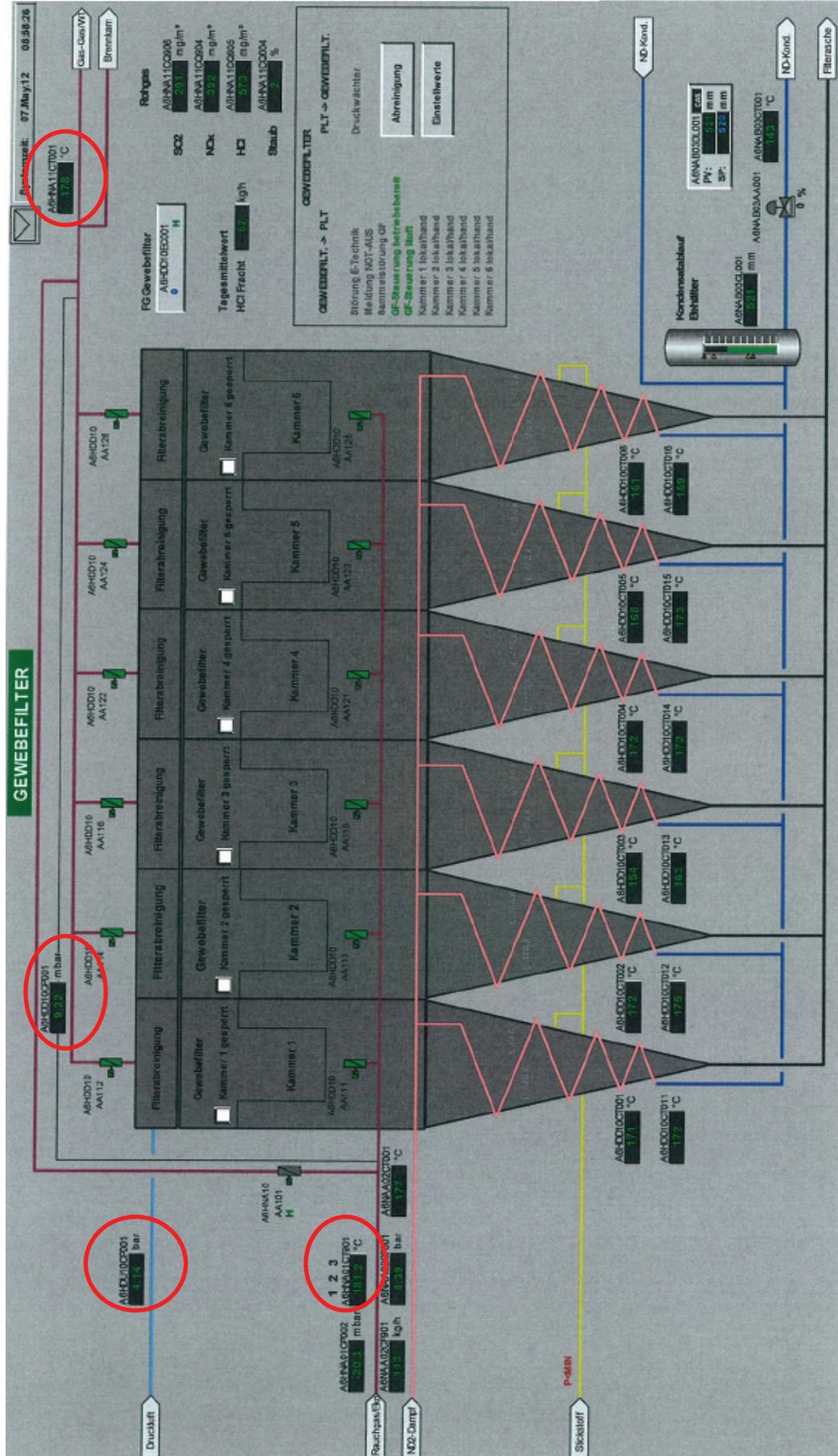
# Anhang 1: Übersicht Kessel







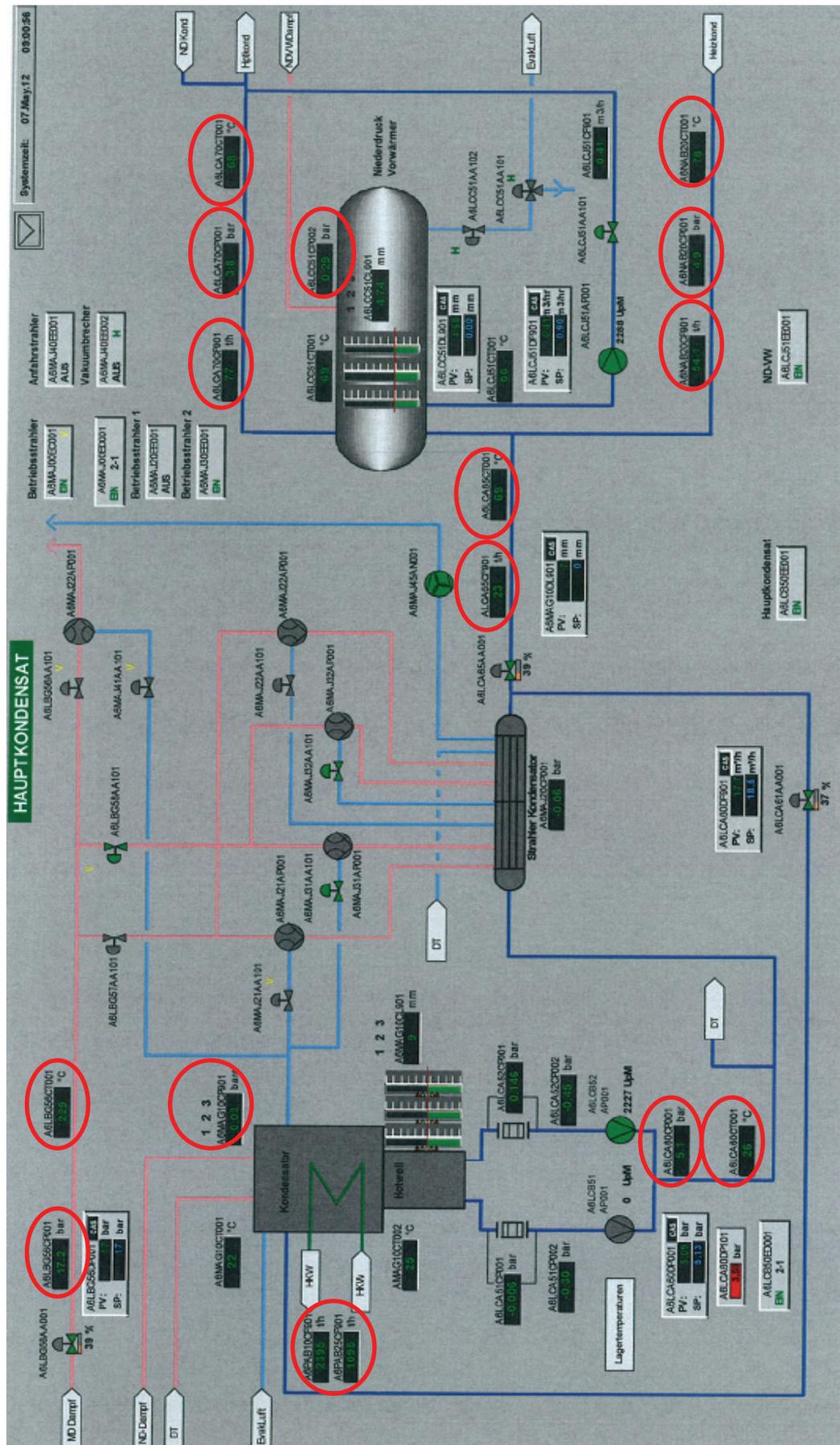
# Anhang 4: Gewebefilter



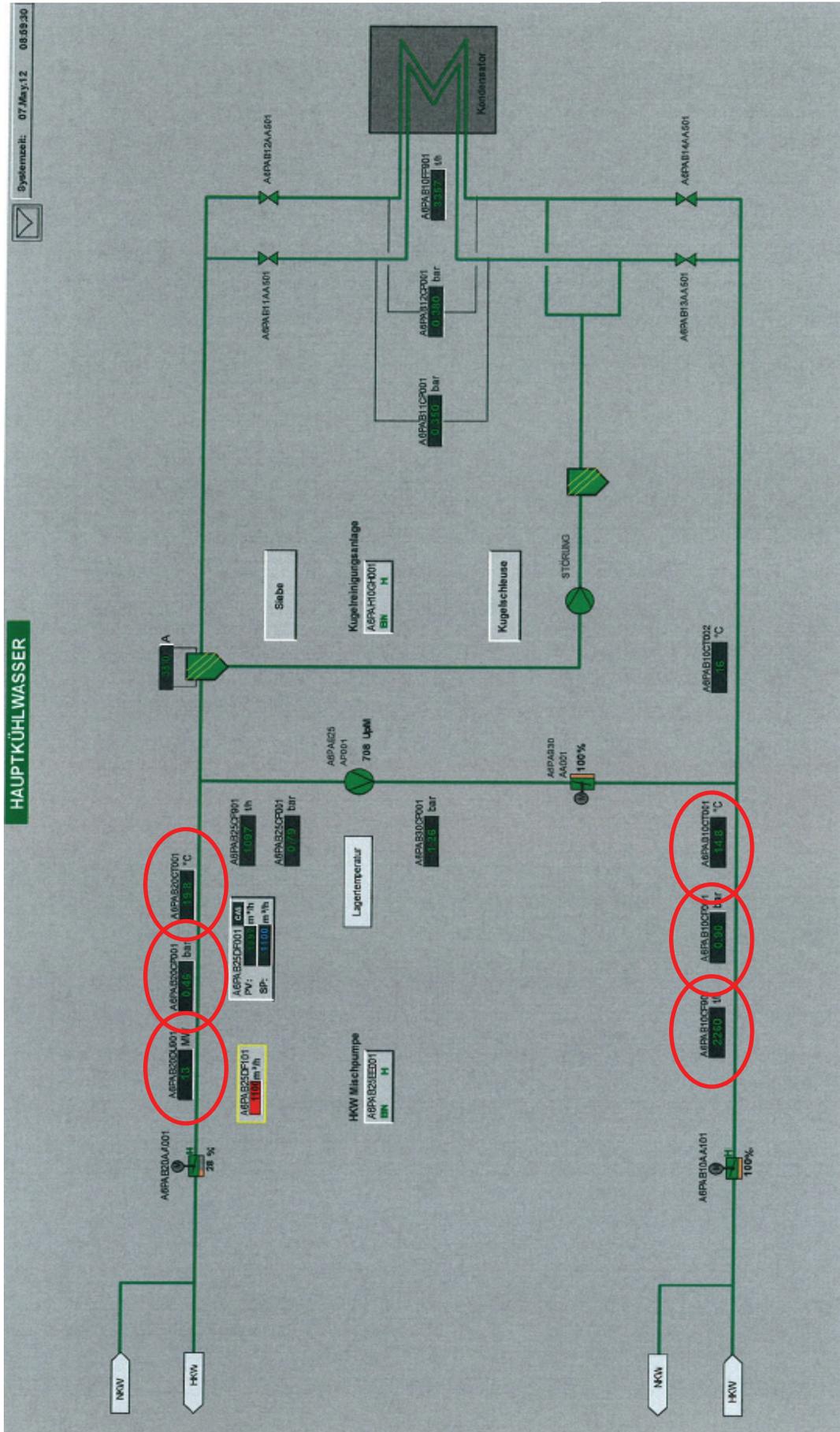




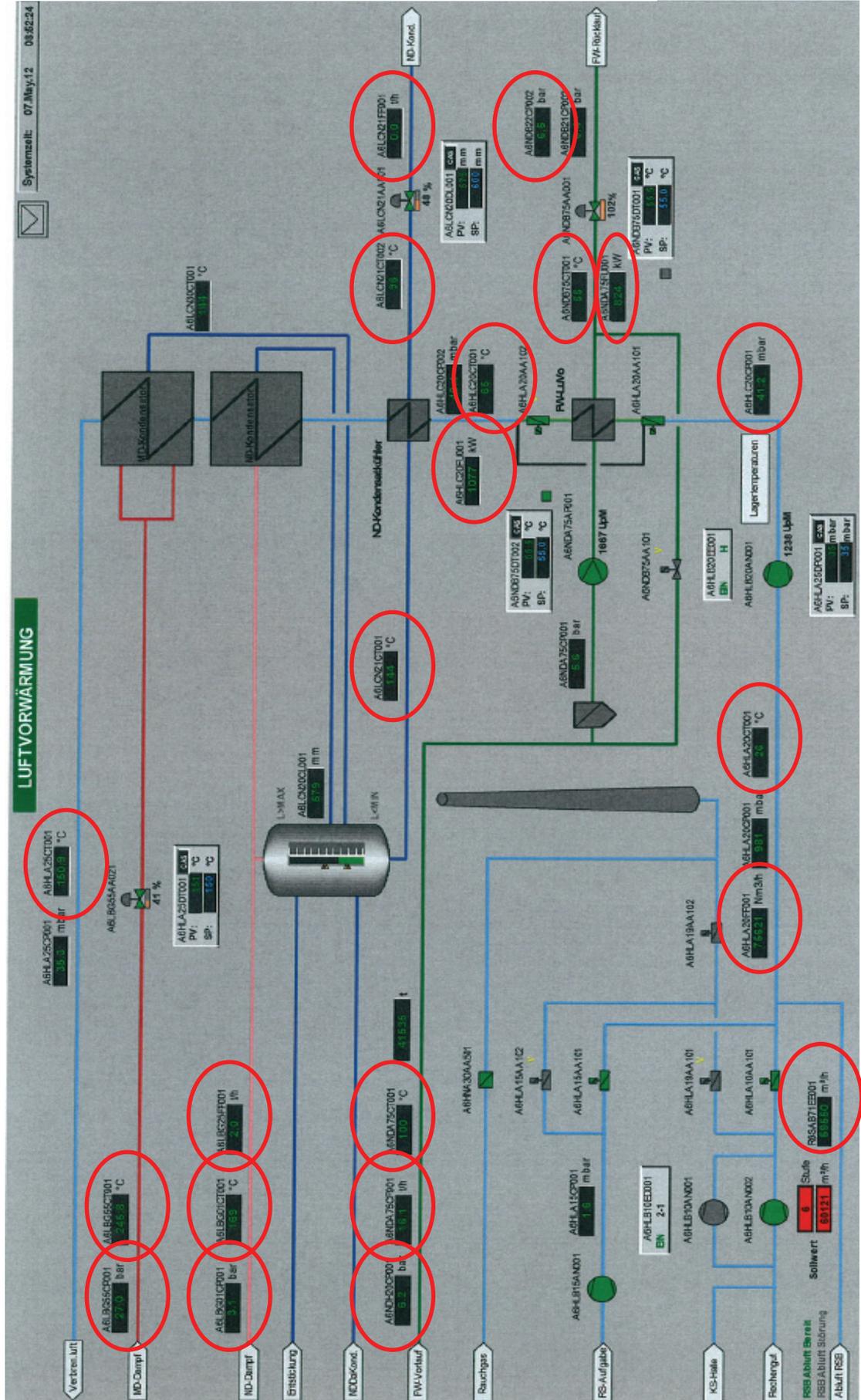
# Anhang 7: Hauptkondensat



# Anhang 8: Hauptkühlwasser



# Anhang 9: Luftvorwärmung









### Anhang 13: Rauchgasbilanz

Reststoff		Klarschlamm	
Massenstrom	kg/h		
BWL	MW	6590	
Temperatur	°C	2.3154,26959	
Hu nach Boile	MJ/kg	1,2668	
Hu nach	MJ/kg	11,8472	
Verbandsformel		11,65965	
Hu, tr	MJ/kg	16,60976	
	MJ/kg	1,331025	
	MJ/kg	9,91954	
Tabelle Masse Massenanteil trocken Masse Stoffmenge Stoffmenge			
	%	%	kmol/h
H	41,33%	6,00%	394,8
C	31,00%	4,67%	92,12
O	1,00%	0,15%	3,16
N	15,00%	2,25%	105,0
S	32,66%	4,90%	183,39
Cl	14,00%	2,10%	105,0
Asche	35,45%	5,22%	216,3
H <sub>2</sub> O (l)	23,10%	3,47%	158,1
Summe	100,00%	14,79%	1000,0

Mischung				
Massenstrom	kg/h			
BWL	MW			
Temperatur	°C			
Hu nach Boile	MJ/kg			
Hu nach	MJ/kg			
Verbandsformel				
Hu, tr	MJ/kg			
	MJ/kg			
Molare Masse Massenanteil Masse Stoffmenge				
	kg/kmol	%	kg/h	kmol/h
H	1,00%	24,857%	6590,0	394,8
C	12,01%	2,833%	752,77	92,12
O	15,99%	0,387%	248,58	12,43
N	14,00%	3,333%	466,67	105,0
S	32,66%	7,967%	1066,67	183,39
Cl	35,45%	8,545%	1175,45	105,0
Asche	21,93%	5,282%	719,31	216,3
H <sub>2</sub> O (l)	16,05%	3,853%	516,81	158,1
Summe	100,00%	100,00%	26780,0	2082,69

Frischluff		Falschluff		Rauchgas ohne Rezi	
Norm-Volumenstrom	Nm <sup>3</sup> /h	19500,0	104402,3		
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h	21556,8	615953,9		
Standarddichte	kg/m <sup>3</sup>	1,3	1,3		
Feuchte	g/kg	0,0	0,0		
Druck	bar	1,0	1,0		
Temperatur	°C	150,0	1320,0		
Sättigung °C bei 1 bar		7,0	60,4		
Normvolumen		22,4			
Molare Masse Volumenanteil Massenanteil Masse Stoffmenge					
	kg/kmol	%	%	kg/h	kmol/h
H <sub>2</sub> O	18,015	1,00%	0,63%	156,63	8,71
CO <sub>2</sub>	44,01	0,00%	0,00%	0,00	0,00
N <sub>2</sub>	28,013	78,00%	78,00%	19021,33	679,02
O <sub>2</sub>	31,999	21,00%	23,37%	5849,62	182,81
SO <sub>2</sub>	64,06			107,22	1,67
NO <sub>x</sub>	46				
HCl	36,465				
H <sub>2</sub> O(l)	18				
Summe		100,00%	100,00%	25027,97	870,54

Wasche RG Kamin		Falschluff		RG Kamin	
Norm-Volumenstrom	Nm <sup>3</sup> /h	3000	112800,6136		
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h	3262,320016	180826,2129		
Standarddichte	kg/m <sup>3</sup>	1,28	1,28		
Feuchte	g/kg	0	0		
Druck	bar	1	1		
Temperatur	°C	64,24	159		
Sättigung °C bei 1 bar		64,2	7		
Normvolumen		22,4			
Molare Masse Volumenanteil Massenanteil Masse Stoffmenge					
	kg/kmol	%	%	kg/h	kmol/h
H <sub>2</sub> O	18,015	24,30%	15,92%	21459,40	1191,14
CO <sub>2</sub>	44,01	11,31%	18,08%	24391,46	554,23
N <sub>2</sub>	28,013	61,01%	62,13%	63769,99	2290,40
O <sub>2</sub>	31,999	3,32%	3,86%	5025,19	157,16
SO <sub>2</sub>	64,06	0,03%	0,08%	107,22	1,67
NO <sub>x</sub>	46	0,00%	0,00%		
HCl	36,465	0,03%	0,05%	52,33	0,77
H <sub>2</sub> O(l)	18				
Summe		100,00%	100,00%	134825,03	4901,81

Reziqas		Rauchgas gesamt			
Norm-Volumenstrom	Nm <sup>3</sup> /h	6000,0	110402,3		
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h	6583,2	598805,2		
Standarddichte	kg/m <sup>3</sup>	1,3	1,3		
Feuchte	g/kg	0,0	0,0		
Druck	bar	1,0	1,0		
Temperatur	°C	170,0	1195,0		
Sättigung °C bei 1 bar		60,4	60,4		
Normvolumen		22,4			
Molare Masse Volumenanteil Massenanteil Masse Stoffmenge					
	kg/kmol	%	%	kg/h	kmol/h
H <sub>2</sub> O	18,015	20,39%	13,10%	983,71	54,60
CO <sub>2</sub>	44,01	11,89%	18,67%	1401,78	31,85
N <sub>2</sub>	28,013	64,16%	64,12%	4514,26	171,86
O <sub>2</sub>	31,999	3,49%	3,98%	299,14	9,35
SO <sub>2</sub>	64,06	0,04%	0,08%	6,16	0,10
NO <sub>x</sub>	46				
HCl	36,465				
H <sub>2</sub> O(l)	18				
Summe		100,00%	100,00%	7506,63	267,86

RG Kamin, trocken		RG Kamin			
Norm-Volumenstrom	Nm <sup>3</sup> /h	86013,28285	112800,6136		
Volumenstrom	m <sup>3</sup> /h	138577,3869	180826,2129		
Standarddichte	kg/m <sup>3</sup>	1,36	1,28		
Feuchte	g/kg	0	0		
Druck	bar	1	1		
Temperatur	°C	0,995	159		
Sättigung °C bei 1 bar			7		
Normvolumen		22,4			
Molare Masse Volumenanteil Massenanteil Masse Stoffmenge					
	kg/kmol	%	%	kg/h	kmol/h
H <sub>2</sub> O	18,015	0,00%	0,00%	0,00	0,00
CO <sub>2</sub>	44,01	14,45%	20,81%	24391,46	554,23
N <sub>2</sub>	28,013	80,60%	73,99%	86696,35	3084,86
O <sub>2</sub>	31,999	4,97%	5,21%	6105,16	190,79
SO <sub>2</sub>	64,06				
NO <sub>x</sub>	46				
HCl	36,465				
H <sub>2</sub> O(l)	18				
Summe		100,00%	100,00%	117192,96	3839,89

Fruchtluft	80313	Nm <sup>3</sup> /h	7.60	MW	ECO1
Frischlucht	16374	Nm <sup>3</sup> /h	2.20	MW	Überhitzer 1
Reisgas vor Brennkammer	7847	Nm <sup>3</sup> /h	44.13	MW	Verdampfer
Reisgas nach Brennkammer	1982	Nm <sup>3</sup> /h	0.59	MW	Überhitzer 2
Rauchgas Gasleit	133828	Nm <sup>3</sup> /h	6.36	MW	Überhitzer 3
			1.51	MW	Überhitzer 4
			4.66	MW	Überhitzer 5

Abzweig	834.7	1163.6	51.45	265.74
Von Zug 2	834.7	1163.6	51.45	265.74
	88.09	3051.7	45.65	419.74
	166.1	1663.9	0.9	1276
	166.1	1692.5	0.9	1265.4

Enspritzung 1	0.00	1.00	1.00	1.00
Enspritzung 2 <td>0.15 <td>562.48</td> <td>80.87</td> <td>2793</td> </td>	0.15 <td>562.48</td> <td>80.87</td> <td>2793</td>	562.48	80.87	2793
Enspritzung 3 <td>3.49 <td>524.8</td> <td>60.45</td> <td>130.51</td> </td>	3.49 <td>524.8</td> <td>60.45</td> <td>130.51</td>	524.8	60.45	130.51
Enspritzung 4 <td>3.58</td> <td>562.48</td> <td>60.45</td> <td>130.51</td>	3.58	562.48	60.45	130.51

Brennstoff	Masseanteil	Wärme	Wärme	Wärme
C	26.03	%	75313.35	kW
H	2.00	%	8400	kJ/kg
O	12.96	%	1.28	
S	0.18	%		
N	1.56	%		
Asche	5.52	%		
Wasser	51.75	%		
Summe	100.00	%		

Reisgas	5809	Nm <sup>3</sup> /h
Reisgas	5809	Nm <sup>3</sup> /h
Gas-WT	3451.82	kW

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	3.4120	%	22.74
CO <sub>2</sub>	4.5134	%	19.44
N <sub>2</sub>	14.3197	%	61.36
O <sub>2</sub>	0.9531	%	3.57
SO <sub>2</sub>	0.0169	%	0.03
Summe	23.2123	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	0.1895	%	22.73
CO <sub>2</sub>	4.5118	%	12.30
N <sub>2</sub>	14.3197	%	61.36
O <sub>2</sub>	0.9531	%	3.57
SO <sub>2</sub>	0.0169	%	0.03
Summe	23.2123	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	14.69	%	22.73
CO <sub>2</sub>	19.44	%	12.30
N <sub>2</sub>	61.36	%	61.36
O <sub>2</sub>	3.57	%	3.57
SO <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	24.38	%	22.23
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	11.68	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
SO <sub>2</sub>	3.83	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	15.90	%	24.38
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	18.62	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.07	%	0.03
SO <sub>2</sub>	4.44	%	3.83
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	24.38	%	22.23
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	11.68	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
SO <sub>2</sub>	3.83	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	14.3602	%	22.23
CO <sub>2</sub>	18.9832	%	12.01
N <sub>2</sub>	62.0875	%	61.79
O <sub>2</sub>	4.5180	%	3.93
SO <sub>2</sub>	0.0711	%	0.03
Summe	100.0000	%	100.0000

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	14.3602	%	22.23
CO <sub>2</sub>	18.9832	%	12.01
N <sub>2</sub>	62.0875	%	61.79
O <sub>2</sub>	4.5180	%	3.93
SO <sub>2</sub>	0.0711	%	0.03
Summe	100.0000	%	100.0000

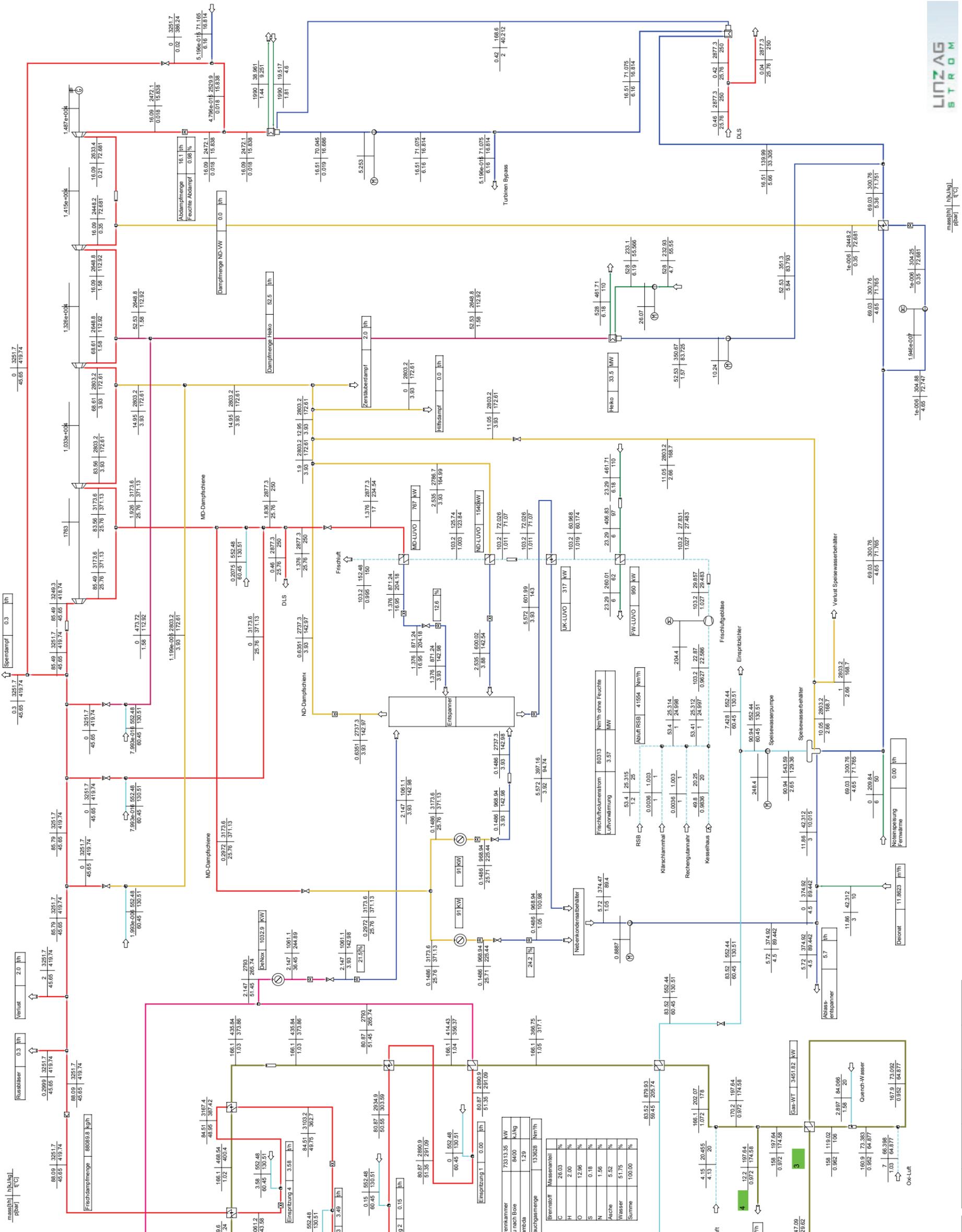
Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	24.38	%	22.23
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	11.68	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
SO <sub>2</sub>	3.83	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	24.38	%	22.23
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	11.68	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
SO <sub>2</sub>	3.83	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	15.90	%	24.38
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	18.62	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.07	%	0.03
SO <sub>2</sub>	4.44	%	3.83
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	24.38	%	22.23
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	11.68	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
SO <sub>2</sub>	3.83	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	24.38	%	22.23
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	11.68	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
SO <sub>2</sub>	3.83	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0



Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	24.38	%	22.23
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	11.68	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
SO <sub>2</sub>	3.83	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	14.3602	%	22.23
CO <sub>2</sub>	18.9832	%	12.01
N <sub>2</sub>	62.0875	%	61.79
O <sub>2</sub>	4.5180	%	3.93
SO <sub>2</sub>	0.0711	%	0.03
Summe	100.0000	%	100.0000

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	14.3602	%	22.23
CO <sub>2</sub>	18.9832	%	12.01
N <sub>2</sub>	62.0875	%	61.79
O <sub>2</sub>	4.5180	%	3.93
SO <sub>2</sub>	0.0711	%	0.03
Summe	100.0000	%	100.0000

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	14.3602	%	22.23
CO <sub>2</sub>	18.9832	%	12.01
N <sub>2</sub>	62.0875	%	61.79
O <sub>2</sub>	4.5180	%	3.93
SO <sub>2</sub>	0.0711	%	0.03
Summe	100.0000	%	100.0000

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	24.38	%	22.23
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	11.68	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
SO <sub>2</sub>	3.83	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	24.38	%	22.23
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	11.68	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
SO <sub>2</sub>	3.83	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0

Stoffmengenströme	Masseanteil	Volumenanteil	
H <sub>2</sub> O	24.38	%	22.23
CO <sub>2</sub>	60.87	%	60.08
N <sub>2</sub>	11.68	%	11.68
O <sub>2</sub>	0.03	%	0.03
SO <sub>2</sub>	3.83	%	0.03
Summe	100.0	%	100.0



Projekt	RHKV Linz Mitte
Datum	01.03.2012
Zeichner	Schmidinger
Gezeichnet am	11.04.2012
Proj. No.	01.01.2012 15:00 - 21:00
Blatt No.	4/81

Projekt	RHKV Linz Mitte
Datum	01.03.2012
Zeichner	Schmidinger
Gezeichnet am	11.04.2012
Proj. No.	01.01.2012 15:00 - 21:00
Blatt No.	4/81

Projekt	RHKV Linz Mitte
Datum	01.03.2012
Zeichner	Schmidinger
Gezeichnet am	11.04.2012
Proj. No.	01.01.2012 15:00 - 21:00
Blatt No.	4/81

Projekt	RHKV Linz Mitte
Datum	01.03.2012
Zeichner	Schmidinger
Gezeichnet am	11.04.2012
Proj. No.	01.01.2012 15:00 - 21:00
Blatt No.	4/81

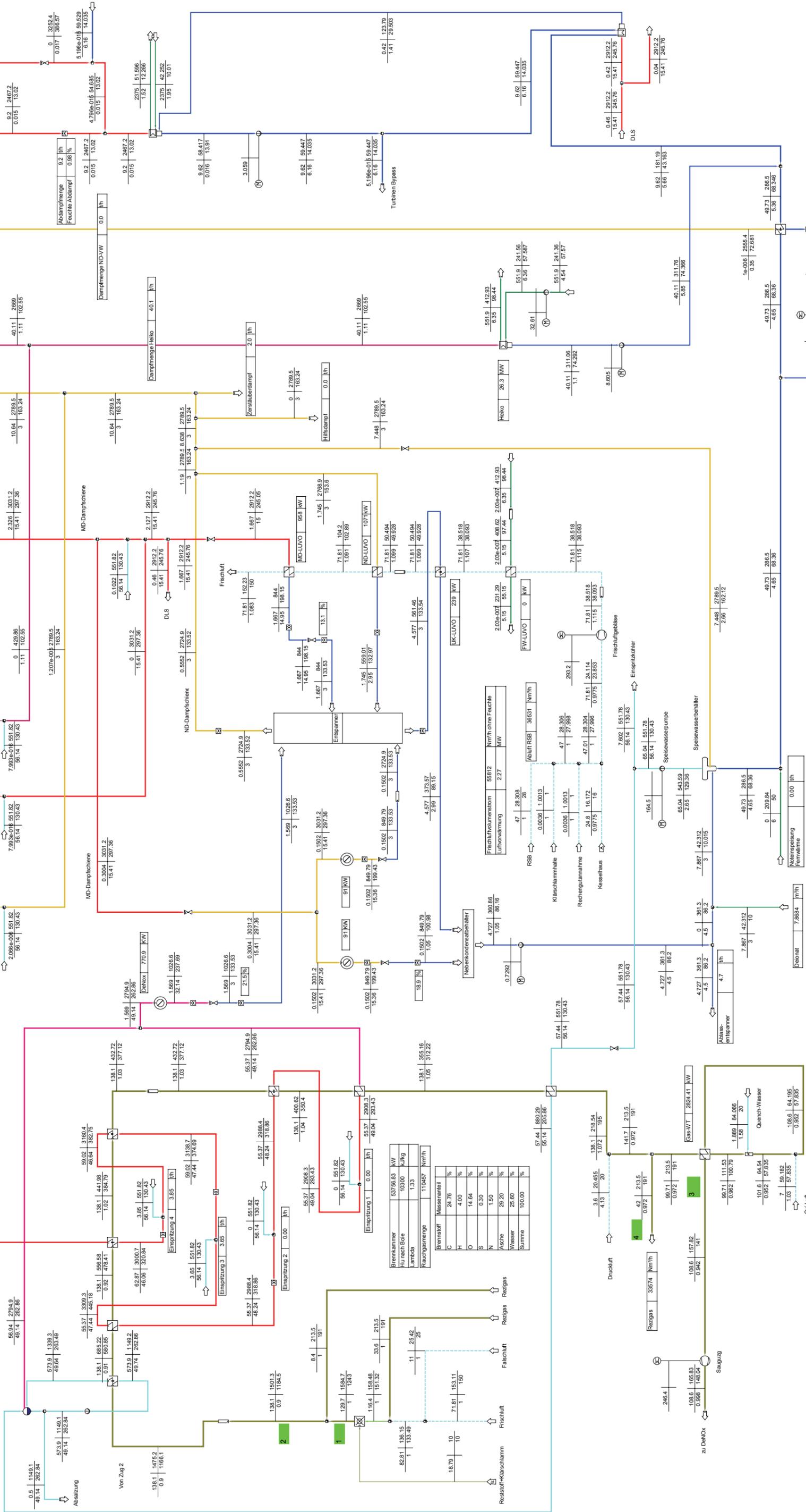
Projekt	RHKV Linz Mitte
Datum	01.03.2012
Zeichner	Schmidinger
Gezeichnet am	11.04.2012
Proj. No.	01.01.2012 15:00 - 21:00
Blatt No.	4/81

Projekt	RHKV Linz Mitte
Datum	01.03.2012
Zeichner	Schmidinger
Gezeichnet am	11.04.2012
Proj. No.	01.01.2012 15:00 - 21:00
Blatt No.	4/81



Frischluff	Nm <sup>3</sup> /h	ECO1	MW
Frischluff	55812	Verdampfer	30.31
Reizgas vor Brennkammer	8577	Überhitzer 1	1.74
Reizgas nach Brennkammer	29852	Überhitzer 2	1.23
Rauchgas Gesamt	11313	Überhitzer 3	4.94
	110457	Überhitzer 4	0.38
		Überhitzer 5	4.40

Reizgas	Nm <sup>3</sup> /h	ECO2	MW
Reizgas	524	Verdampfer	30.31
Frischluff	8577	Überhitzer 1	1.74
Reizgas vor Brennkammer	29852	Überhitzer 2	1.23
Reizgas nach Brennkammer	11313	Überhitzer 3	4.94
Rauchgas Gesamt	110457	Überhitzer 4	0.38
		Überhitzer 5	4.40



Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO3	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO4	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO5	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO6	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO7	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO8	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO9	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO10	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO11	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO12	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO13	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO14	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO15	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO16	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO17	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO18	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO19	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO20	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO21	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO22	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO23	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO24	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

**LINZAG STROM**

Project: RHKW Linz Mitte  
 RHKW-Zusammenstellung PSE Modell  
 Lantahl 3  
 Date: 01.03.2012  
 Author: Schmalzer  
 Date: 11.04.2012  
 Version: 30.05.2012 14:00 - 15:00  
 Sheet: 4/20

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO25	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO26	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

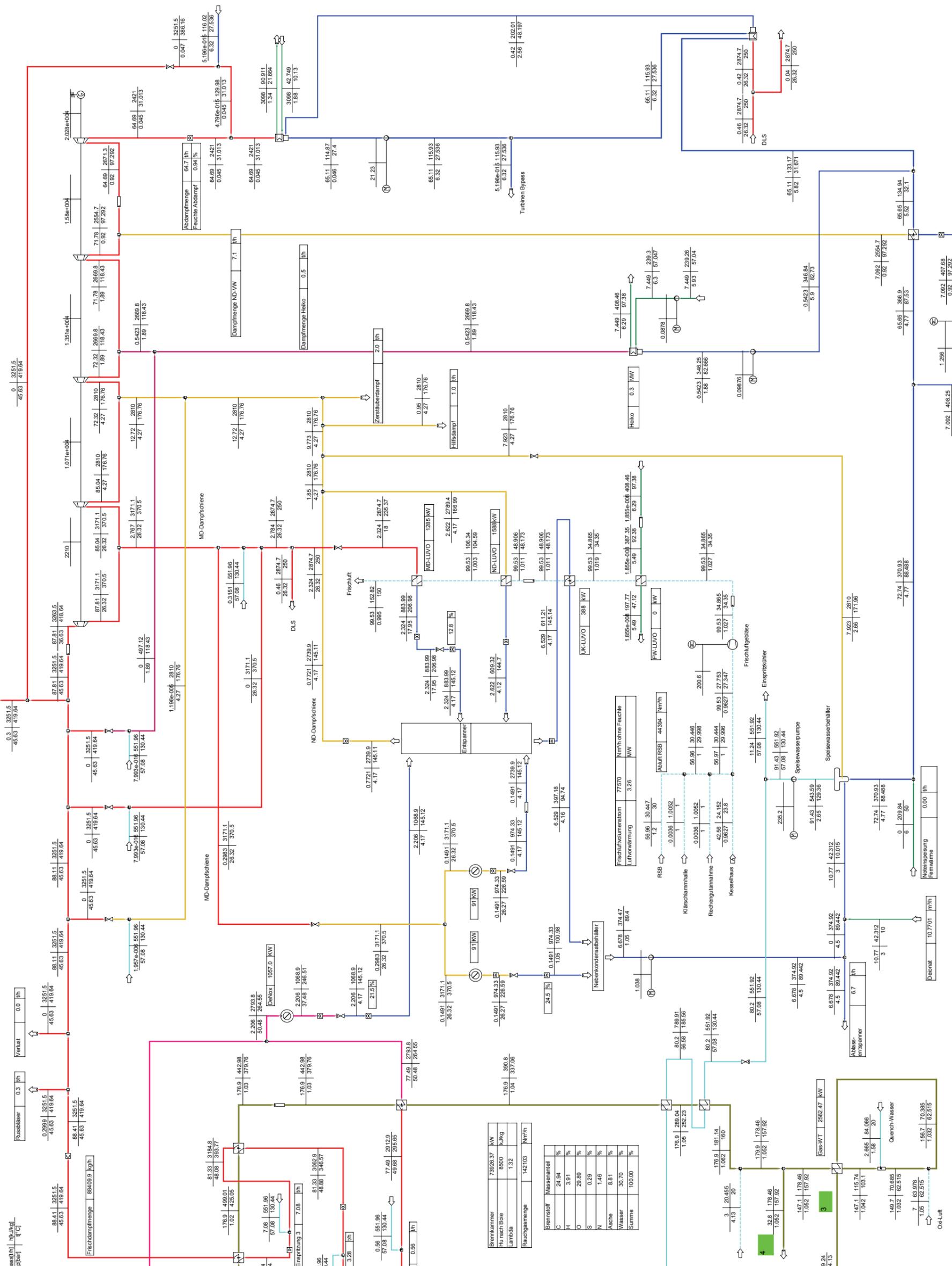
Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO27	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO28	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO29	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

Eintritt	Nm <sup>3</sup> /h	ECO30	MW
Eintritt 1	55812	Verdampfer	30.31
Eintritt 2	8577	Überhitzer 1	1.74
Eintritt 3	29852	Überhitzer 2	1.23
Eintritt 4	11313	Überhitzer 3	4.94
Eintritt 5	110457	Überhitzer 4	0.38
Eintritt 6		Überhitzer 5	4.40

ECOC1	Nm/h	MW
Frischluff	7750	5.30
Falschluff	12476	5.00
Verdampfer	21072	30.41
Reizgas vor Brennkammer	8259	2.56
Reizgas nach Brennkammer	142.03	5.91
Rauchgas Gesamt		2.75
Überhitzer 1		0.82
Überhitzer 2		
Überhitzer 3		
Überhitzer 4		



maßstab | Hk/Lkg | p/bar | t/°C



Projekt	
RHKW Linz Mitte	
RHKW-Zusammenstellung PSE Modell	
Laubli 4	
11.04.2012 14:00 - 15:00	

Stoff	Einheit	Wert
Kesselleistung	MW	73.93
Wirkleistung Generator	MW	19.47
ND-Vorwärmer	MW	4.2
HEKO Leucht	MW	0.3
Luftvorwärmer	MW	3.26

Stoff	Einheit	Wert
H2O	kg/s	24.57
CO2	kg/s	60.50
N2	kg/s	19.11
O2	kg/s	0.12
SO2	kg/s	0.05
Summe	kg/s	100.0000

Stoff	Einheit	Wert
H2O	kg/s	16.00
CO2	kg/s	60.50
N2	kg/s	19.11
O2	kg/s	0.12
SO2	kg/s	0.05
Summe	kg/s	100.00

Stoff	Einheit	Wert
H2O	kg/s	14.71
CO2	kg/s	14.29
N2	kg/s	61.32
O2	kg/s	4.06
SO2	kg/s	0.13
Summe	kg/s	100.00

Stoff	Einheit	Wert
H2O	kg/s	3.471
CO2	kg/s	4.672
N2	kg/s	14.48
O2	kg/s	0.967
SO2	kg/s	0.029
Summe	kg/s	23.620

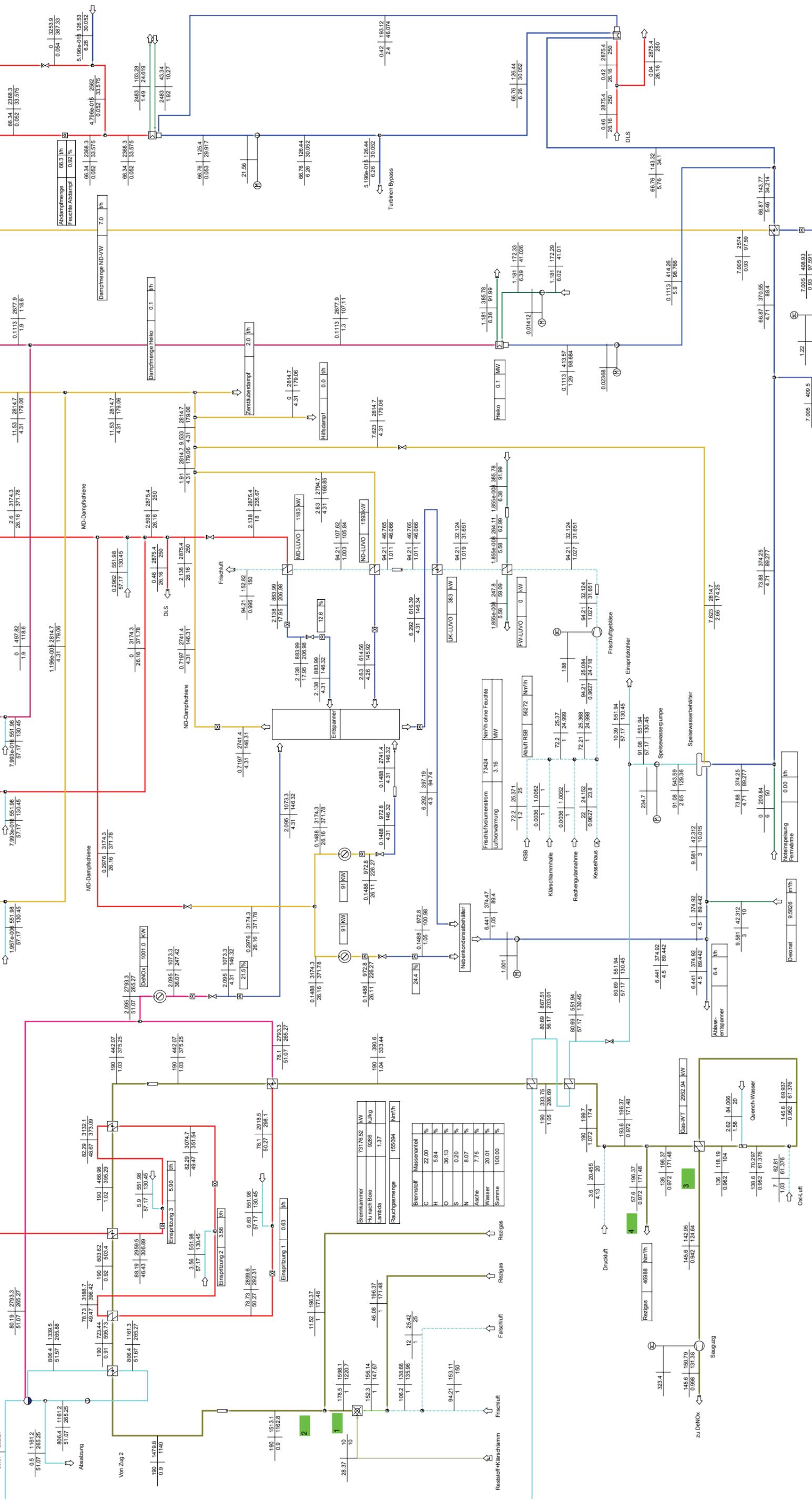
Stoff	Einheit	Wert
H2O	kg/s	14.7154
CO2	kg/s	14.4830
N2	kg/s	61.3090
O2	kg/s	4.0500
SO2	kg/s	0.1244
Summe	kg/s	100.00

Stoff	Einheit	Wert
H2O	kg/s	0.1931
CO2	kg/s	0.1053
N2	kg/s	19.7991
O2	kg/s	1.1574
SO2	kg/s	0.0055
Summe	kg/s	21.2604

Stoff	Einheit	Wert
H2O	kg/s	1.022
CO2	kg/s	1.022
N2	kg/s	114.13
O2	kg/s	1.022
SO2	kg/s	1.022
Summe	kg/s	118.24

© 2012 LINZAG STROM

Fachschicht	73424	Nm/h	MW
Fachschicht	ECO1	7.07	3.00
Fachschicht	ECO2	3.00	3.00
Reizgas vor Brennkammer	37591	Nm/h	39.92
Reizgas nach Brennkammer	5398	Nm/h	2.72
Reizgas Gesamt	155094	Nm/h	6.32
Überhitzer 1	155094	Nm/h	1.31
Überhitzer 2		Nm/h	7.21
Überhitzer 3		Nm/h	
Überhitzer 4		Nm/h	



Brennstoff	Massenanteil
C	73.76
H	5.84
O	36.13
S	0.20
N	8.07
Auße	7.75
Wasser	20.01
Summe	100.00

Reizgas	Massenanteil
CO	73.76
H <sub>2</sub>	5.84
O <sub>2</sub>	36.13
S	0.20
N <sub>2</sub>	8.07
Auße	7.75
Wasser	20.01
Summe	100.00

1	Massenstrom	Stoffmengenstrom	Massenanteil	Volumenanteil
zu DeNOx	145.6	0.982	145.6	0.982
Druckluft	57.6	0.972	57.6	0.972
Reizgas	4698	0.942	4698	0.942
Summe	1511.2	1.896	1511.2	1.896

2	Massenstrom	Stoffmengenstrom	Massenanteil	Volumenanteil
Gas-WT	2662.94	0.982	2662.94	0.982
Quench-Wasser	2.62	0.150	2.62	0.150
Summe	2665.56	1.132	2665.56	1.132

3	Massenstrom	Stoffmengenstrom	Massenanteil	Volumenanteil
Reizgas	4698	0.942	4698	0.942
Speisewasserpumpe	91.08	0.0098	91.08	0.0098
Speisewasserbehälter	2.65	0.0003	2.65	0.0003
Summe	4891.73	1.0521	4891.73	1.0521

4	Massenstrom	Stoffmengenstrom	Massenanteil	Volumenanteil
Kesselleistung	73.18	0.0005	73.18	0.0005
Wirkleistung Generator	18.24	0.0001	18.24	0.0001
ND - Vorwärmer	4.2	0.0003	4.2	0.0003
HEIKO Leistung	0.1	0.0000	0.1	0.0000
Luftvorwärmung	3.16	0.0000	3.16	0.0000
Summe	99.88	0.0009	99.88	0.0009

Projekt	RHKW Linz Mitte
Titel	RHKW-Zusammenstellung PSE Modell
Zeichner	Lanttila 5
Prüfer	Schulz
Datum	11.04.2012
Version	10.04.2012 19:00 - 00:00
Blatt	4/02

