Machbarkeitsstudie

über die Bestandsaufnahme der Anlagentechnik in Bezug auf Brennstoffversorgung, Wärmeerzeugung und -verteilung sowie der Erstellung eines Energiekonzeptes für die zukünftige Wärmeversorgung

Erstellt für:

Parador GmbH & Co. KG
Herrn Daniel Bieber
Millenkamp 7 - 8
48653 Coesfeld

Erstellt von:

SEEGER ENGINEERING GMBH
Herrn Heiko Hupfeld
Herrn Tim Steindamm
Industriestraße 25 - 27
37235 Hessisch Lichtenau

Erstellt im: **Januar 2018**

Projektnummer: **1592.0**

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung 4

2. IST-Aufnahme 8

2.1 Holzanfall und -verbleib 8
2.1.1 Tabelle Restholzaufkommen Parador 2016 (Tonnage) 8
2.1.2 Holzaufkommen und -verbleib 9
2.1.3 Prüfberichte Holzstaub 10
2.1.4 Sankey-Diagramm Holzenergie 2016 11

2.2 Holzlagerung 11
2.3 Ölbedarf 2016 12
2.4 Wirkungsgrade 14
2.5 Energieströme 2016 15
2.6 Abwärme 16
2.7 Stromverbrauch 16
2.8 Wärmebedarf 16
2.8.1 Erfassung Späneeintrag Kessel für Halco (externer Wärmekunde) 16
2.8.2 Simulation Wärmebedarf Parador – Warmwasser (Jahresverlauf) 18
2.8.3 Simulation Wärmebedarf Parador – Prozesswärme (Jahresverlauf) 18
2.8.4 Simulation Wärmebedarf Orbilan – Warmwasser (Jahresverlauf) 19
2.8.5 Simulation Wärmebedarf Halco – Warmwasser (Jahresverlauf) 19
2.8.6 Simulation Wärmebedarf Parador/Orbilan/Halco (Jahresverlauf) 20
2.8.7 Plausibilitätscheck: Wärmebedarf und Gebäude Fa. Parador 20
2.8.8 Datenerhebung Wärmebedarf im Umfeld um Parador 22

3. Varianten / Untersuchung Wärmeversorgung + Prozesswärme 26

3.1 Gesetzlicher Rahmen 26
3.1.1 Einstufung nach 4. BImSchV 26
3.1.2 Emissionsgrenzwerte 27

3.2 Platzverfügbarkeit 29
3.3 Feuerung Brennraum 30
3.3.1 Rost und eine Muffel 30
3.3.2 Rost und zwei Muffel 30
3.3.3 Einblasfeuerung 30
3.3.4 Vorläufige Bewertung der Varianten (Feuerung/Brennraum) 30

3.4 Kesselvarianten (Biomasse) 31
3.4.1 Heißwasserkessel (Biomasse) 31
3.4.2 TÖ- und WW-kessel nach gemeinsamer Brennkammer (Biomasse) 31
3.4.3 Variante 1: TÖ-Kessel mit TÖ-WW-WT (Einkesselanlage Biomasse) 32
3.4.4 Variante 2: TÖ-Kessel und WW-Kessel (Zweikesselanlage Biomasse) 33
3.4.5 Variante 3: WW-Kessel mit TÖ-ECO (Einkesselanlage Biomasse) 33

3.5 Wärmeverteilung 33

3.5.1 Bestandspumpen 34
3.5.2 Wärmespeicher / Rückkühler 34
3.6 ORC-Anlage / Abwärmenutzung 34
4. Technische Auslegung / Energie- und Holzmengen 35
4.1 Brennstofflagerung 35
4.2 Anlagendimensionierung 35
4.3 Jahresgangkurven (Varianten 1 – 3) 36
4.4 ORC-Anlage 37
4.5 Solarthermie 40
4.6 Eigenstrombedarf / Pumpenoptimierung 41
5. Zeichnerische Darstellungen 42
6. Wirtschaftlichkeit 43
6.1 Erläuterungen zum Vorgehen 43
6.2 Investitionskostenermittlung 45
6.3 Prüfung von Fördermöglichkeiten 46
6.3.1 Zusätzliche Untersuchungen für Wärmegutscheine 46
6.3.2 KFW-Förderung 47
6.3.3 Länderspezifische Förderung – PIUS Check 47
6.4 Variantenvergleich / Wirtschaftlichkeit inkl. Förderung 48
7. Zusammenfassung und Empfehlung 50

Abkürzungen:

ECO	Economiser (dem Kessel nachgeschalteter Wärmetauscher zur weitergehenden Nutzung von Abwärme, auch Abhitzekessel genannt).
EEG	Erneuerbares Energien Gesetz (bzgl. Stromvergütung)
FU	Frequenzumformer
FWL	Feuerungswärmeleistung
HDF	Hochdichte Faserplatte (hier bzgl. Material Brennstoffanfall)
Hu	unterer Heizwert (in Abgrenzung zu Ho oberer Heizwert bzw. Brennwert)
IBN	Inbetriebnahme
KFW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (hier bzgl. Bank bzgl. Förderung)
KH	Kesselhaus
MDF	Mitteldichte Faserplatte (hier bzgl. Material Brennstoffanfall)
ORC	Organic-Rankine-Cycle (hier: ORC-Modul als Anlage zur Abwärmenutzung zur Stromerzeugung)
PtH	Power to Heat (PtH-Anlage, Anlage mit welcher z.B. zu Zeiten mit niedrigen Strompreisen Strom in Wärme überführt wird).
RL	Rücklauf (-temperatur)
TÖ	Thermoöl
VL	Vorlauf (-temperatur)
WW	Warmwasser (-netz)

1. Aufgabenstellung

Hintergrund:

Die Parador GmbH mit Sitz in Coesfeld betreibt am Standort Coesfeld eine Holzfeuerung sowie mehrere Ölkessel zur Erzeugung von Heißwasser (derzeit betrieben wird ein WW—Netz mit Temperaturen < 100 °C) und Thermoöl (VL 260 °C, Rücklauf 245 °C).

Die nebenstehend aufgeführten Kesselanlagen der Fa. Parador sind über mehrere Kesselhäuser verteilt (KH 1-3). Über den Holzkessel wird auch die Firma Halco teilversorgt, welche bei Bedarf auch auf einen eigenen 2 MW Ölkessel zugreift. Die Firmen Orbilan wird komplett über einen eigenen Ölkessel mit 0,6 MW Leistung versorgt.

Heißwasser (Nennleistung)	Thermoöl (Nennleistung)
• Ölkessel 1,335 MW • Ölkessel 1,3 MW • Holzkessel 3,15 MW	• Ölkessel 3,2 MW

Die bestehende Holzfeuerungsanlage soll durch eine neue holzbefeuerte Anlage ersetzt werden. Derzeit ist ein Kessel mit Fabrikats Weiss aus dem Jahre 1978 installiert, welcher mit Holzresten aus dem Produktionsprozess befeuert wird. Es handelt sich um eine Einblasfeuerung, welcher ein Heißwasserkessel nachgeschaltet ist. Der Kessel wurde aufgrund von Schäden am Druckkörper seitens des TÜV auf maximale Betriebstemperaturen von 100°C begrenzt und soll durch eine neue holzbefeuerte Anlage ersetzt werden. Als Brennstoff dienen produktionseigene Hölzer (ausschließlich Späne/Stäube). Die anfallenden Vinylhaltigen Hölzer sollen nicht genutzt werden, sondern lediglich Hölzer welche den Qualitäten A1 / A2 entsprechen. Je nach Sortimentsauswahl ist ggf. ein neuer Hacker zu installieren.

Weiter sind am Standort noch mehrere Öl-Kesselanlagen wie folgt bestand:

- Eine Anlage aus dem Jahr 2004 versorgt das Thermoölnetz (Laminatpressen),
- weitere Heizölbefeuerten Anlagen dienen der Raumheizwärmeversorgung (im Bedarfsfall auch für die Produktion).

Über einen Wärmetauscher mit 0,7 MW Leistung kann Energie aus dem Thermoölkreis auf den Heißwasserkreis übertragen werden. Ein Wärmemengenzähler ist hier nicht vorhanden.

Das Wärmenetz wird als WW-Netz mit einer max. Vorlauftemperatur von < 100 °C betrieben.

Die benachbarte Firma Halco kann über eine bestehende Trasse vom Kesselhaus 1 versorgt werden, oder über den Bestandskessel der Fa. Halco welcher bei Unterversorgung automatisch zuschaltet.

Das Bestandsnetz wurde früher mit höheren Temperaturen als Heißwassernetz betrieben. Vor dem Hintergrund der Kesselbedingt erfolgten Temperaturabsenkung wurden in Teilbereichen bereits Heizlüfter nachgerüstet. Teilbereiche sind noch durch zusätzliche Heizflächen zu ergänzen.

Alle Kesselanlagen werden wärmegeführt betrieben, es ist kein Rückkühler vorhanden.

Aufgabenstellung:

Durch SE ist im ersten Schritt eine detaillierte Bestandsaufnahme über die Wärmeerzeugungsanlagen, dem Wärmeverteilsystem, des Raumheizungssystems und der technischen Verbraucher erforderlich.

Im Anschluss daran müssen hieraus entsprechende Schemata zur Übersicht und weiteren Bewertung angefertigt werden. Hier sind die Bereiche Hochtemperatur, Niedertemperatur und technische Wärme zu untergliedern.

Auf Basis der durchgeführten Bestandsaufnahme sollen dann Überlegungen zur zukünftigen Wärmeversorgung technisch und wirtschaftlich erarbeitet werden. Hierbei soll auch der Späneanfall mit bewertet und mögliche Anlagentechniken beschrieben werden.

Aufbauend auf eine umfangreiche IST-Zustandsanalyse, die neben dem Wärmebedarf und den eingesetzten Brennstoffen auch maximale und minimale Verbräuche mit einbezieht und die Wirkungsgrade betrachtet, erfolgt eine Bewertung der Energiekomponenten. Aus der Analyse und Bewertung werden Wege zur Optimierung aufgezeigt.

In der Untersuchung wird ebenfalls die mögliche wärmetechnische Einbindung der Laminatpressen erfolgen, um die energetische Nutzung von Holzresten zu optimieren und die Kosten von fossilen Energieträgern zu reduzieren.

Für Fragen zur Späne-Lagerkapazität werden sich im Laufe der Bearbeitung Lösungen aufzeigen, die unter wirtschaftlichen Aspekten betrachtet werden. Hier muss auch die Art der Lagerung bzw. Bevorratung mit untersucht werden.

Die Ergebnisse der Energiekonzeption werden in schriftlicher, grafischer und zeichnerischer Form dargestellt und Ihnen in übersichtlicher Form übergeben. Die Erarbeitung der Konzeption wird in enger Zusammenarbeit mit Ihnen erfolgen, so dass die Präsentation nach Ihren Vorstellungen erstellt werden kann.

Förderung:

Die Studie könnten generell im Rahmen eines **PIUS-Checks**, oder über **Wärmegutscheine** gefördert werden. Beide Programme fördern die Studie, nicht aber die Kosten einer ggf. späteren Realisierung der Anlage. Die Förderprogramme werden in Kapitel 6.3 näher beschrieben.

Es erfolgte als Vorarbeit zur Studie eine Antragstellung bzgl. des Förderprogramms Wärmegutscheine, für welche seit dem 28.11.2017 eine Förderzugsage vorliegt.

Meilensteine:

Antrag Förderung	29. Sept. 17
Besichtigung der installierten Anlagen, Bestandsaufnahme / **Datenaufnahme** aller wichtigen und verfügbaren Daten, die für die Auslegung der Neukonzeption erforderlich sind,	Sept. 17
Austausch wichtiger Unterlagen (Bestandspläne, Verbräuche Öl, Anfall/Verbräuche Holz als Excel-Daten)	Sept / Okt 17
Vor-Ort-Termin Wärmebedarf / Bestandsaufnahme	Okt 17
IST-Zustands-Analyse, Abgleich und Berechnung der erfassten Daten, Beschreibung der Energieströme, Erstellung von Schemata	Okt 17
Variantenentwicklung inkl. überschlägige Berechnungen	Okt 17
Abstimmung der Varianten	Okt. / Nov 17
Erarbeiten einer **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung** mit Investitionsdarstellung und Betriebskostenermittlung auf Basis vorhandener Daten und Erfahrungswerten der Fa. Seeger Engineering GmbH,	Nov.17 - Jan. 18
Erarbeiten eines **Aufstellungskonzepts** für den Standort unter Berücksichtigung der Anbindungsverhältnisse sowie der Infrastruktur,	Nov.17 - Jan. 18
Erstellung Energieflußbilder, Finalisierung Studie	Nov.17 - Jan. 18

2. IST-Aufnahme

2.1 Holzanfall und -verbleib

2.1.1 Tabelle Restholzaufkommen Parador 2016 (Tonnage)

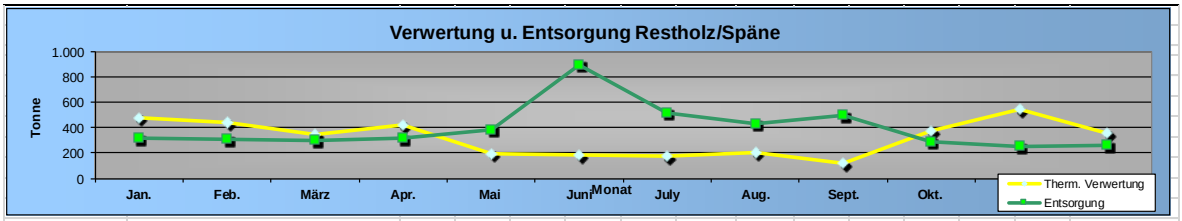
Bei Parador sowie in den Werken Halco, Stadtlohn, Ottenstein, Heek fallen Holzreste wie folgt an:

- HDF-Staub
  (Staub aus hochdichte Faserplatte – kurz HDF-Staub - ohne Halogenorganische Stoffe, mit Anteilen Melaminharzbeschichtung)
- Einwegpaletten, Sperrholzplatten,
  (naturbelassen, stückig)

Parador Aufkommen Restholz / Späne 2016

Alle Angaben in Tonnen

Sp.10 Ho.10,5 t	Werkstoff:	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	July	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Gesamt: t
Parador	Späne therm. V.	352	317	235	236	64	39	20	49	73	207	301	300	2.193
Halco	Späne therm. V.	111	117	107	112	8	54	25	36	44	54	52	56	776
Stadtlohn	Späne therm. V.	10	0	0	70	120	90	130	120	0	110	190	0	840
Ottenstein	Späne therm. V.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heek	Späne therm. V.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Werke	Späne therm. V.	121	117	107	182	128	144	155	156	44	164	242	56	1.616
Späne	Therm.V.gesamt:	473	434	342	418	192	183	175	205	117	371	543	356	3.809
Werke	Stückh.Therm.V. A 2 Stückh.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Werke	Stückh.Therm.V. Pal. Stückh.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Späne / Holz	Therm.V.gesamt:	473	434	342	418	192	183	175	205	117	371	543	356	3.809
Parador	Entsorg. Späne	0	0	0	0	95	514	302	223	247	80	10	0	1.471
Parador	Entsorg. Vinyl-Späne	154	148	144	173	153	202	102	88	125	70	110	144	1613
Parador	Entsorg. Vinyl-Platten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parador	Entsorg. Mischholz	94	80	66	48	71	61	36	54	29	51	61	46	697
Parador	Entsorg. A 2- Holz	68	77	84	92	59	117	76	60	94	89	67	69	952
Späne / Holz	Entsorg. gesamt:	316	305	294	313	378	894	516	425	495	290	248	259	4.733
Gesamt	Verwert. Entsorg.	789	739	636	731	570	1.077	691	630	612	661	791	615	8.542



Brennstoffverhältnis: 1 Ltr. Heizöl = 5,56 kg Späne Heizwert: 1 kg Heizöl = 6,5 kg Späne 1 Ltr. Heizöl = 0,86 kg 1 Ltr. Heizöl = 10,03 KWh

Vorgenannte Tonnagen wurden seitens Parador ermittelt und werden bei den weiteren Überlegungen berücksichtigt.

2.1.2 Holzaufkommen und -verbleib

Anhand der im Kapitel 2.1.1 genannten Tonnagen, sowie des in Kap 2.1.3 dargestellten Heizwert von 4,6 kWh/kg ergeben sich die nachfolgend tabellarisch dargestellten Energiemengen:

Späne zur energetischen Verwertung	t/a	MWh/a
Anfall Parador, genutzt für Parador	2.193	10.088
Anfall Parador, genutzt für Parador u Halco	2.969	13.657
Werke		
Späne Parador für Wärme zu Halco	776	3.570
Anfall Parador der stofflich nach Stadtlohn transportiert wird.	840	3.864
Ottenstein	0	0
Heek	0	0
Summe Werke	**1.616**	**7.434**
Summe Werke+Parador	**3.809**	**17.522**

Stückholz wird derzeit nicht energetisch genutzt, sondern entsorgt.

Holzanfall bei Parador wird wie folgt entsorgt:

Entsorgung	t/a	MWh/a
Anfall Parador		
Entsorg. Späne	1.471	6.767
Entsorg. Vinyl-Späne	1.613	7.420
Entsorg. Vinyl-Platten	0	0
Entsorg. Mischholz	697	3.206
Entsorg. A2 - Holz	952	4.379
Werke		
Halco	0	0
Stadtlohn	0	0
Ottenstein	0	0
Heek	0	0
Summe Werke	**0**	**0**
Summe Werke+Parador	**4.733**	**21.772**

Somit ergibt sich ein Anfall wie folgt:

Summe Verwertung u Entsorgung (=Anfall)		
Summe Werke	**1.616**	**7.434**
Summe Werke+Parador	**8.542**	**39.294**
Summe Parador	**6.926**	**31.860**

2.1.3 Prüfberichte Holzstaub

Aus dem Jahr 2016 liegen Prüfberichte von Fa. WESSLING vor. Demnach liegen folgende Qualitäten vor:

• Bezeichnung	Vinyl / HDF	**HDF**
• Aschegehalt (815 °C) in %gew TS	2,6	0,6
• Wassergehalt in %gew OS	5,4	5,6
• Heizwert in kJ/kg OS	keine Angabe	**16.579 (entspricht 4,60 kWh/kg)**
• Holzinhaltsstoffe in mg/kg TS	Vinyl / HDF	HDF
○ Sb	<2	<2
○ AS	<1	<1
○ Pb	1,3	1,6
○ Cd	<0,4	<0,4
○ Cr	<1	<1
○ Co	<1	<1
○ Cu	5,8	5,9
○ Mn	38	52
○ Ni	<1	<1
○ Hg	<0,05	<0,05
○ Tl	<0,4	<0,4
○ V	<1	<1
○ Sn	<2	<2
○ Cl	4,3	<0,019

Vor dem Hintergrund der hohen Cl-Gehalte darf zum Schutz des Kessels kein vinylhaltiges Material eingesetzt werden um Korrosionsprobleme zu vermeiden. Dies wäre auch aus genehmigungsrechtlicher Sicht nicht zulässig.

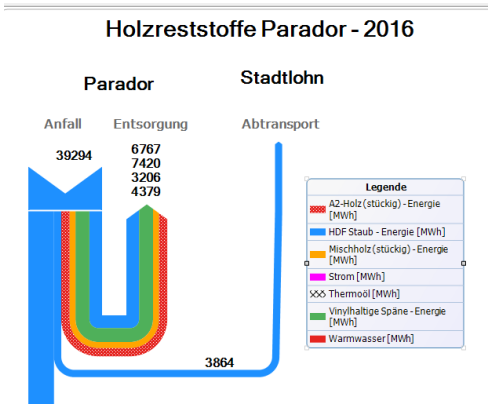
Für die Palletten und Spanplatten liegen keine Angaben vor. Es wird im nachfolgenden ebenfalls von 4,6 kWh/kg ausgegangen. Das Schüttgewicht wurde nicht ermittelt, liegt aber gem. Kundenschätzung bei **300 kg/Sm³**.

2.1.4 Sankey-Diagramm Holzenergie 2016

Am Standort Parador werden ausschließlich eigene Restholzsortimente genutzt. Zum Teil werden nicht benötigte Restholzsortimente abgegeben / entsorgt.

Grundsätzlich wird in HDF Stäube und in stückiges Material unterschieden. Material ist zum Teil vinylhaltig und kann nicht energetisch genutzt werden.

Nachfolgendes Sankey-Diagramm zeigt basierend auf dem Jahr 2016 das Restholzaufkommen, die energetische Nutzung und die Entsorgung.



energetische Nutzung

2.2 Holzlagerung

Die Lagerung erfolgt derzeit in 2 Silos wie folgt: Σ

Silo 1

- Nettovolumen 500 m³
- Standort Achse A14
- Art Beton-Fertigteil-Silo
- Material Quelle 1 (überwiegend MDF Staub)

Silo 2

- Nettovolumen 1.000 m³
- Standort Achse D2 (neben Kesselhaus)
- Art Beton-Fertigteil-Silos
- Material Quelle 2 (überwiegend HDF Staub)

Der Brennstoffanfall erfolgt aus beiden Quellen Abhängig von der Produktion und in etwa ähnlich. Nach den Silos werden die Späne zu einem gemeinsamen Brennstoff-Vorlagebehälter transportiert, bevor die Späne im Holzkessel energetisch genutzt werden.

Die Silos werden auch zukünftig benötigt, um Schwankungen in Bedarf und Anfall auszugleichen Ob die Silokapazitäten auch in Zukunft ausreichend sind oder erweitert werden sollten, bzw. ob Lager für andere Sortimente zu schaffen sind (z.B. Freilager), wird in Kapitel 4.1 näher untersucht.

2.3 Ölbedarf 2016

Der Heizölbedarf wurden für das Jahr 2016 für drei verschiedene Standorte anhand der Öllieferungen wie folgt erfasst und auf 365 Tage hochgerechnet.

Gem. Kundenaussage werden ca. 370.000 Liter/a Heizöl für die Pressen (TÖ) und 150.000 Liter/a für die Versorgung mit Raumheizwärme benötigt. Dies sind in Summe 520.000 Liter/a.
Nachfolgende Tabelle zeigt die getankten Mengen, welche vom Bedarf insofern abweichen das die getankten Mengen nicht die Füllstands-Differenz zu Jahresbeginn / -ende berücksichtigt.
Somit ergibt sich für das Kesselhaus 1, 2 und 3 (ohne Berücksichtigung der Menge für Orbilan) eine zugetankte Menge von **589.000 Litern.** Die Summe der Ölverbräuche mit und ohne Orbilan sind auch am Ende dieses Kapitels nochmal aufgeführt.

Nachfolgend genannte Energiemengen ergeben sich bei einem angenommenen unteren Heizwert von 10 kWh/l. Da die betrachteten Tankintervalle weniger als 365 Tage berücksichtigen, wurde der Verbrauch auf 365 Tage linear hochgerechnet (in den nachfolgenden Tabellen in grau dargestellt). Nach Rücksprache mit dem Kunden sind jedoch die Verbräuche in Bezug auf die dargestellte Bezugsperiode plausibler.

Kesselhaus 1 (Zündbrennerbetrieb Holzkessel) & Kesselhaus 2 (WW-Kessel),
50.000 Liter Tank

Kesselh. 1/2	Datum	Liter	Tage
Zündbrenner Holzkessel (ca. 30%)	23.02.2016	19.830	
Ölkessel in KH 2 (ca. 70%)	21.06.2016	11.603	119
	14.11.2016	30.636	146
	07.12.2016	5.566	23
	Summe	**67.635**	**288**
	MWh/Jahr	**676**	
	Litr/Tag	**235**	
	Liter/Jahr	85.718	
	MWh/Jahr	857	

Seitens des Kunden wird geschätzt, dass etwa 30% des vorgenannten Ölbedarfs für die Zündbrenner in Kesselhaus 1, 70% des Ölbedarfs für den Ölkessel im Kesselhaus 2 benötigt werden.

Fa Orbilan
eigener Kessel, 20.000 Liter Tank (nicht mit übrigem HW-Netz verbunden):

Orbilan (Externer Wärmekunde)	Datum	Liter	Tage
HW Kessel 1,335 MW	22.01.2016	9.764	
	23.02.2016	11.992	32
	21.06.2016	19.640	119
	07.12.2016	21.200	169
	Summe	**62.596**	**320**
	MWh/Jahr	**626**	
	Litr/Tag	**196**	
	Liter/Jahr	71.399	
	MWh/Jahr	714	

Kesselhaus 3 (TÖ-Kessel), 50.000 Liter Tank

Kesselh. 3	Datum	Liter	Tage
TÖ Kessel 3,2 MW	22.01.2016	20.873	
HW Kessel 1,3 MW	01.02.2016	33.586	10
	19.02.2016	31.500	18
	11.03.2016	30.674	21
	31.03.2016	30.508	20
	18.04.2016	32.471	18
	11.05.2016	32.145	23
	30.05.2016	30.900	19
	17.06.2016	31.840	18
	11.07.2016	31.580	24
	17.08.2016	30.919	37
	07.09.2016	31.403	21
	28.09.2016	31.659	21
	20.10.2016	30.374	22
	08.11.2016	30.609	19
	30.11.2016	30.539	22
	15.12.2016	30.222	15
	Summe	**521.802**	**328**
	MWh/Jahr	**5.218**	
	Litr/Tag	**1.591**	
	Liter/Jahr	580.664	
	MWh/Jahr	5.807	

In Summe ergeben sich somit folgende Öl- bzw. Energiemengen:

	Liter	MWh/a
Kesselh. 1/2	67.635	676
Kesselh. 3	521.802	5.218
Summe Parador	589.437	5.894
Orbilan (Externer Wärmekunde)	62.596	626
Summe Parador + Orbilan	652.033	6.520

2.4 Wirkungsgrade

Aus vorgenannten Energieeinsätzen (Holz- und Ölmengen) lassen sich unter Annahme der nachfolgend aufgeführten Kesselwirkungsgrade die Wärmeerzeugungsmengen (Thermoöl und Warmwasser) ableiten. Diese sind (Abhängig von den jeweiligen Trassenverlusten) geringfügig höher als die tatsächlichen Wärmebedarfe.

Bezeichnung u Hersteller	Baujahr	angenommener Kesselwirkungsgrad
Ölkessel KH3 TÖ Ness	BJ 2004	86%
Ölkessel KH3 HW Loos	BJ 1994	90%
Ölkessel KH2 HW Viessm	BJ 1988	88%
Ölkessel KH1 HW Mietgerät	nach Bedarf	
Holzkessel KH1 HW Weiss	BJ 1978	85%
Ölkessel Halco	BJ 1995	90%

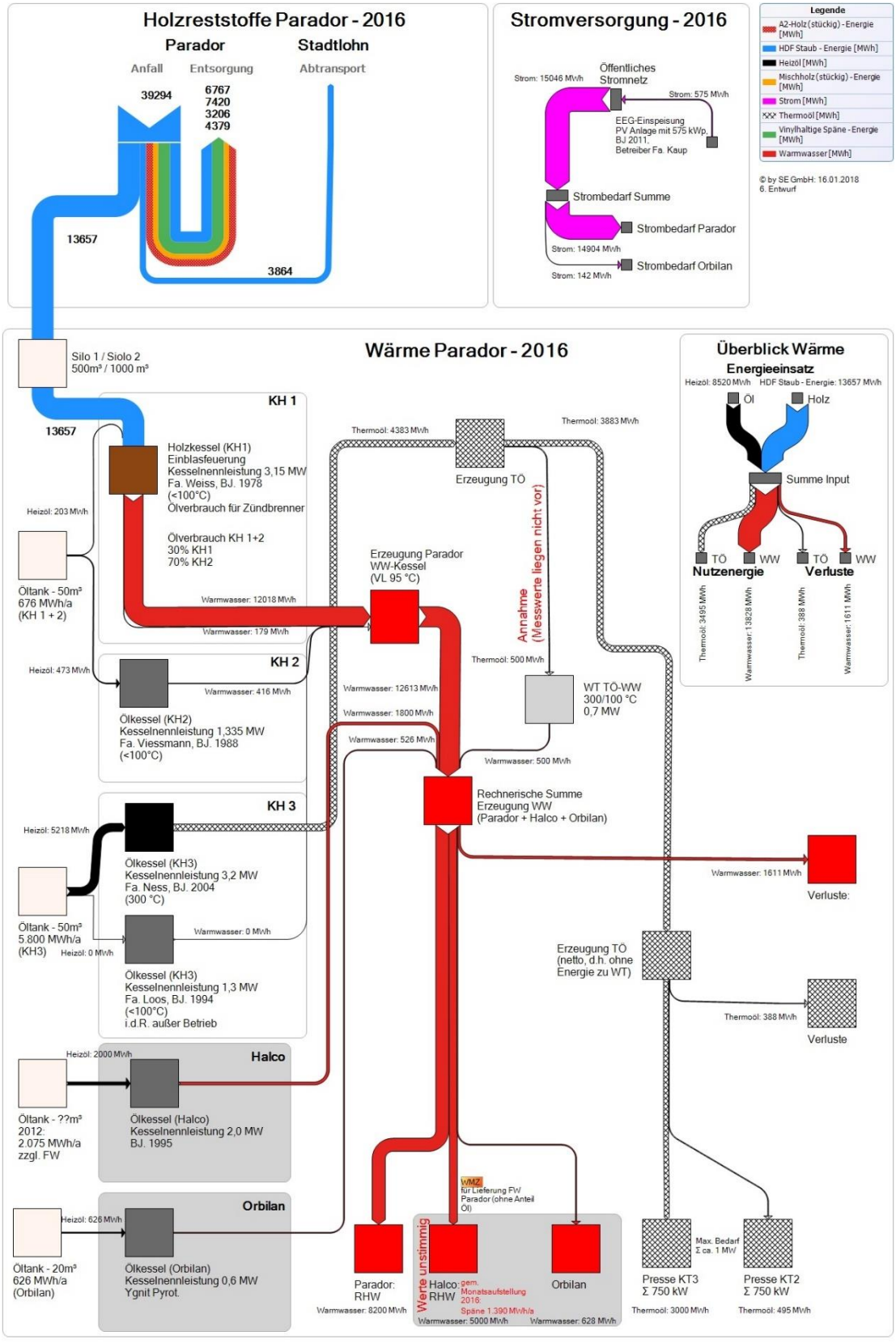
Die Wärmemengen sowie auch sonstigen Energieflüsse sind im Kapitel 2.5 als Sankey-Diagramm dargestellt.

In Hinblick auf die untersuchten Varianten ist zum Thema „Wirkungsgrade“ wie folgt relevant:

Die in Kapitel 3.6 thematisierte ORC-Anlage zur Abwärmenutzung verfügt aus thermodynamischen Gründen über einen sehr schlechten Umwandlungswirkungsgrad, da das Temperaturniveau auf der Input-Seite sehr niedrig liegt. Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll (falls möglich) Abwärme nicht zu verstromen, sondern prioritär einer thermischen Nutzung (Versorgung externer Wärmekunden) zuzuführen. Diesbezügliche Betrachtungen erfolgen in Kapitel 2.8.8.

Weiter wird in Kapitel 3.5 die Wärmeverteilung behandelt, wobei erhebliche Einsparpotenziale im Bereich der Optimierung der Wasserhydraulik (z.B. durch Pumpentausch) erzielt werden kann. Diesbezügliche Bestands-Pumpen sind im R&I-Schema in Kapitel 5 aufgeführt. Im Zuge der Umbauten im Bereich Wasserhydraulik ist darauf zu achten das neue energiesparende Pumpen eingesetzt werden, bzw. Neue, wie ggf. auch Bestands-Pumpen mit FU-ausgeführt werden.

2.5 Energieströme 2016



2.6 Abwärme

In den letzten Jahren fiel kaum Abwärme an (es wurde im Wesentlichen so viel Wärme erzeugt wie benötigt wurde). Grundsätzlich besteht technisch die Möglichkeit über einige Heizlüfter Wärme als „Abwärme“ über Dach abzuleiten. Dies wäre z. B. „sinnvoll“, wenn die über Holz bereitstellbare Minimallast höher liegt als der Wärmebedarf. Vor dem Hintergrund des Ölkesselbetriebs (schnelle Regelbarkeit, gutes Teillastverhalten des Ölkessels) wurde in solchen Zeiten über Öl gefahren, die Abführung von Abwärme wurde daher in den letzten Jahren nicht mehr praktiziert. Zukünftig ist ebenfalls nicht geplant Abwärme abzuführen, da bei Einsatz eines Pufferspeichers der Öl-Einsatz weitestgehend reduziert werden kann. Grundsätzlich wäre denkbar überschüssige Holzmengen in Wärme zu überführen und diese „Abwärme“ anschließend in einer ORC-Anlage zu nutzen (Stromerzeugung). Dies wird in Kapitel 3.6 betrachtet.

2.7 Stromverbrauch

Der Stromverbrauch lag in 2016 im Werk Parador bei 14.904 MWh/a, im Werk Orbilan bei 142 MWh/a (Summe 15.046 MWh/a). Der Verbrauch liegt im Monatsdurchschnitt im Sommer bei etwa 75% des Winterwertes.

2.8 Wärmebedarf

Die Erfassung des Wärmebedarfs der Fa. Parador über Wärmemengenzähler (WMZ) ist derzeit nicht möglich. Es ist lediglich ein WMZ zur Messung der Wärme zu Halco installiert.

Die derzeitige Wärmeerzeugung und der Wärmebedarf kann aus den Brennstoffverbäuchen abgeleitet werden.

Weiter wurde die Wärmebedarfssituation im näheren Umfeld der Anlage betrachtet (vgl. Kapitel 2.8.8).

2.8.1 Erfassung Späneeintrag Kessel für Halco (externer Wärmekunde)

Für das Werk Halco wurden folgende Angaben aus den Aufzeichnungen Parador übermittelt:

Jahr	MWh/a	t Späne	Anmerkung SE
• 2012	2.078		
• 2013	1.794		
• 2014	2.074		
• 2015	2.090	1.167	

- 2016 1.390 776

Es kann wie folgt festgehalten werden:

- Der Wärmebedarf Halco wurde auf seitens des Kunden auf 5.000 MWh/a geschätzt.
- Die von Parador zu Halco gelieferte Wärme wird über einen Wärmemengenzähler /MWZ) erfasst. Daten liegen SE nicht vor.
- Die Verbräuche des Ölkessels Halco sind nur für das Jahr 2012 bekannt und betrugen damals 2.075 MWh/a.
- Als Differenz (von Parador über Holzenergie gelieferte Wärme) ergeben sich somit ca. 3.000 MWh/a. Diese Energiemenge sollte sich auch anhand der monatlich gemessenen Holzverbräuche zur Wärmebereitstellung Halco ergeben.
- Wie nachfolgende Tabelle der Fa. Parador zeigt, wurden in 2016 1.389 MWh/a Wärme von Parador geliefert.

2016	tand gelieferte	Verbrauch		Gesamtverbrauch		Verbrauch Halco		Verbrauch Parador		Verhältniss	
Monat	ther. Energie KW/h	elek. Energie KW/h	ther. Energie KW/h	kg	KW/h	kg	KW/h	kg	KW/h	Halco	Parador
Januar	11.500.600	3.689	198.823	462.653	827.644	111.142	198.823	351.511	628.821	24%	76%
Februar	11.709.100	5.687	208.500	433.905	776.216	116.552	208.500	317.354	567.716	27%	73%
März	11.901.210	5.671	192.110	342.114	612.011	107.389	192.110	234.725	419.901	31%	69%
April	12.101.500	6.259	200.290	347.950	622.451	111.962	200.290	235.988	422.161	32%	68%
Mai	12.115.900	2.150	14.400	72.363	129.451	8.050	14.400	64.313	115.051	11%	89%
Juni	12.213.100	6.160	97.200	93.641	167.515	54.335	97.200	39.306	70.315	58%	42%
Juli	12.257.990	4.947	44.890	45.116	80.708	25.094	44.890	20.022	35.818	56%	44%
August	12.322.010	24.130	64.020	84.583	151.311	35.787	64.020	48.796	87.291	42%	58%
September	12.401.450	25.847	79.440	117.335	209.902	44.407	79.440	72.928	130.462	38%	62%
Oktober	12.498.640	19.985	97.190	261.570	467.925	54.329	97.190	207.241	370.735	21%	79%
November	12.591.310	20.156	92.670	352.567	630.710	51.803	92.670	300.764	538.040	15%	85%
Dezember	12.691.510	20.345	100.200	356.295	637.379	56.012	100.200	300.283	537.179	16%	84%
	1.190.910	16.656	1.389.733		5.313.224	776.861	1.389.733		3.923.491		

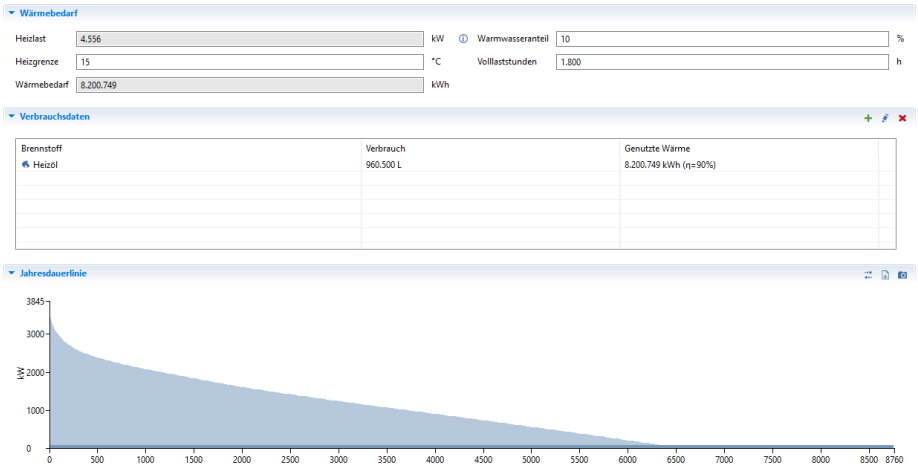
In der Tabelle wurden bezüglich dieser Wärmemenge von 1.389 MWh/a Holzmengen von 776 t/a errechnet. Dieser Wert kann so nicht nachvollzogen werden.

Bei 5.000 MWh/a Wärmebedarf und 2.000 MWh/a Bereitstellung über den Ölkessel verbleiben 3.000 MWh/a über den Holzkessel Parador.

Bei einem angenommenen Kesselwirkungsgrad von 86% und einem Heizwert von 4,61 kWh/kg, sowie unter Berücksichtigung von 3% Trassenverlust ergäbe sich die seitens Parador berechnete Holzmenge von 776 t/h Holz. Die Werte sind somit in etwa plausibel.

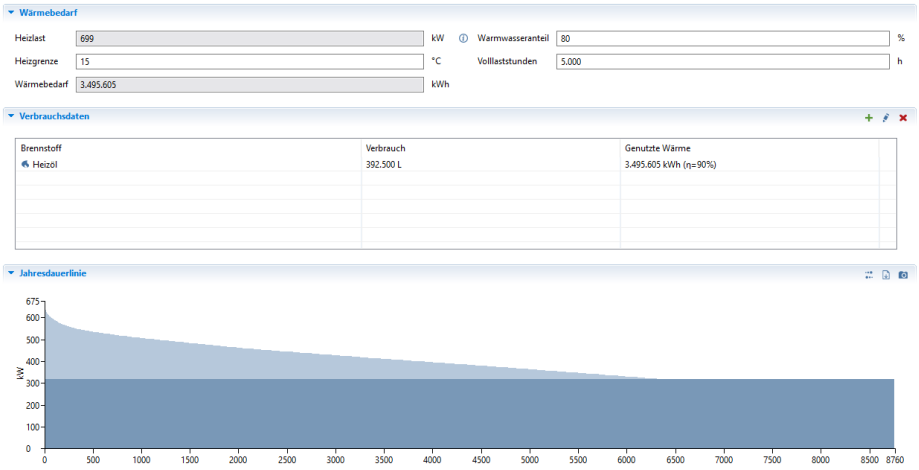
2.8.2 Simulation Wärmebedarf Parador – Warmwasser (Jahresverlauf)

Im Bereich des Warmwassernetzes zur Versorgung des Raumheizwärmebedarfs wurde wie folgt angenommen:



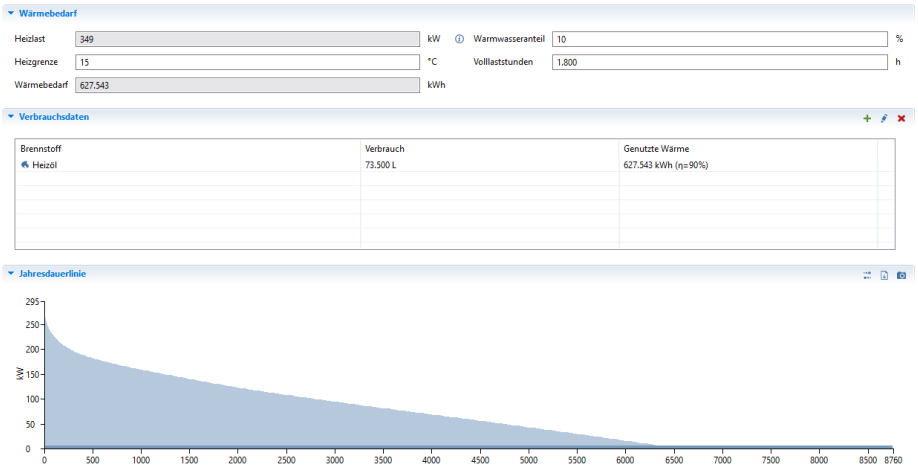
2.8.3 Simulation Wärmebedarf Parador – Prozesswärme (Jahresverlauf)

Im Bereich des Thermoölnetzes zur Versorgung der Pressen wurde wie folgt angenommen:



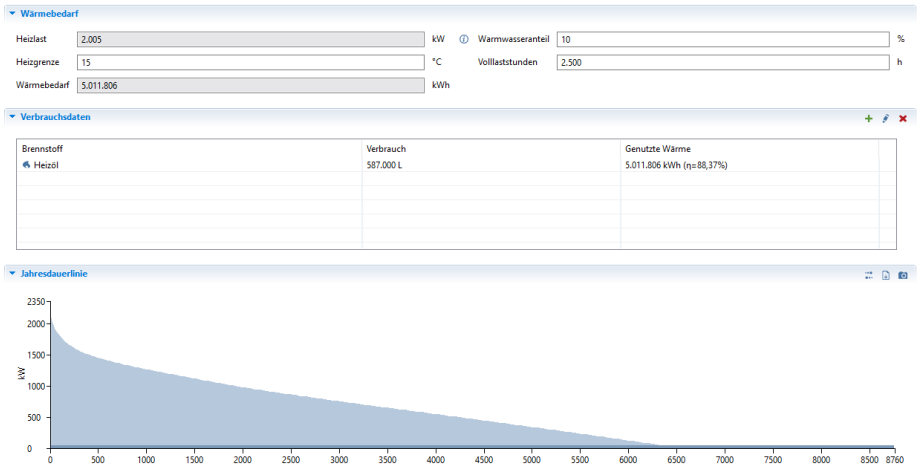
2.8.4 Simulation Wärmebedarf Orbilan – Warmwasser (Jahresverlauf)

Folgende Wärmelieferung wurde angenommen:



2.8.5 Simulation Wärmebedarf Halco – Warmwasser (Jahresverlauf)

Folgende Wärmelieferung wurde angenommen:

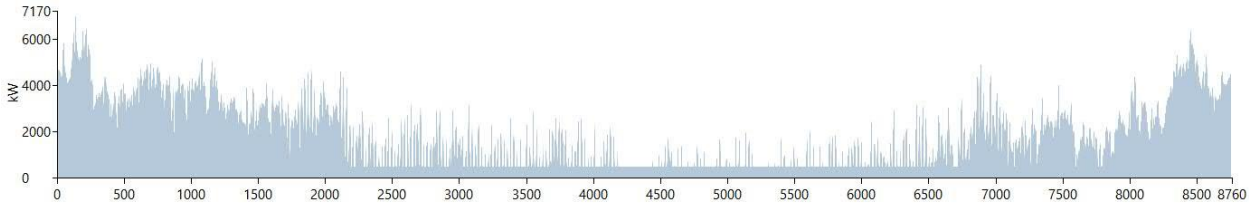


2.8.6 Simulation Wärmebedarf Parador/Orbilan/Halco (Jahresverlauf)

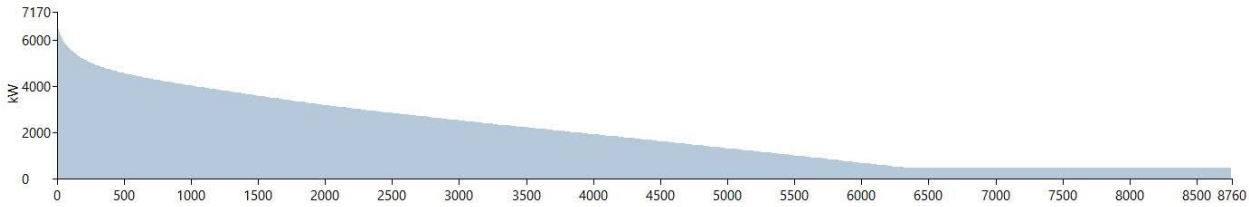
Unter Berücksichtigung vorgenannter Einzelverbräuche wurde der nachfolgend genannte Jahresverlauf simuliert:
Die Kurven basieren auf folgenden angenommenen Werten:

Name	Heizlast	Wärmebedarf
Nachbar Halco	2.005 kW	5.011.806 kWh
Orbilan	349 kW	627.543 kWh
Parador - TÖ	699 kW	3.495.605 kWh
Parador RHW	4.556 kW	8.200.749 kWh
Netzverluste	14 kW	122.640 kWh
Summe	**7.622 kW**	**17.458.343 kWh**

Ungeordneter Verlauf:



Geordneter Verlauf:

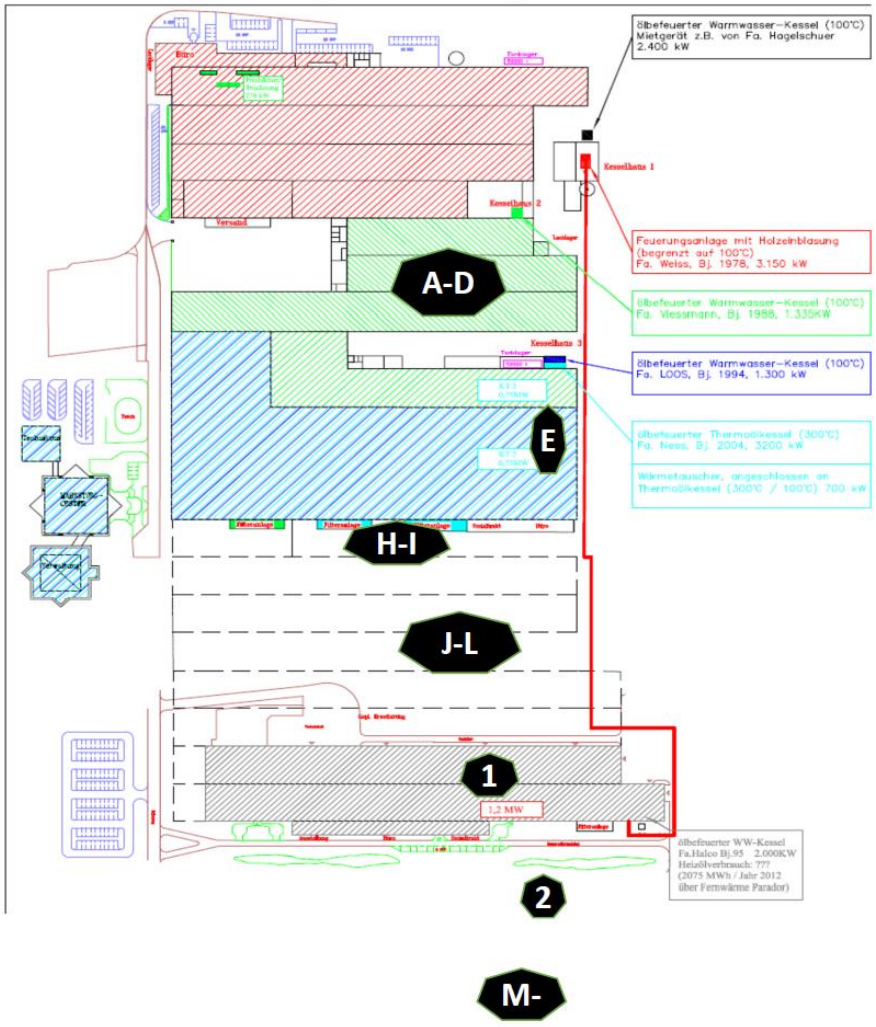


2.8.7 Plausibilitätscheck: Wärmebedarf und Gebäude Fa. Parador

Nachfolgend wird der spezifische Wärmebedarf bezogen auf das Gesamtobjekt bzgl. der Grundfläche [m²] bzw. dem umbauten Raum [m³] dargestellt. Hierbei wird auch erläutert ob im Gebäudeteil Absaugungsanlagen vorhanden sind und ob eine Wärmerückgewinnung installiert ist. Ziel ist eine Plausibilitätsprüfung der vorgenannten Verbräuche für den Bereich der Raumheizwärmeversorgung von Parador.

Bezeichnung	Länge	Breite	Höhe	Grund-fläche	Umbautes Volumen	Annahme spez. Bedarf	Annahme Heizlast	VBH	Wärme-bedarf
Bereich XYZ	m	m	m	m²	m³	W/m³	kW	h/a	MWh/a
Parador (A-L) und Halco (M-N)									
A	228	23	7	5.244	36.708	17	624	1.800	1.123
B	200	23	7	4.600	32.200	17	547	1.800	985
C	200	23	7	4.600	32.200	17	547	1.800	985
D	200	23	7	4.600	32.200	17	547	1.800	985
E	110	23	7	2.530	17.710	17	301	1.800	542
F	134	23	7	3.082	21.574	17	367	1.800	660
G	222	23	7	5.106	35.742	17	608	1.800	1.094
H	96	23	7	2.208	15.456	17	263	1.800	473
I	222	23	7	5.106	35.742	17	608	1.800	1.094
J	222	23	7	5.106	35.742	17	608	1.800	1.094
K	222	23	7	5.106	35.742	17	608	1.800	1.094
L	222	23	7	5.106	35.742	17	608	1.800	1.094
M (HALCO)	200	23	7	4.600	32.200	17	547	1.800	985
N (HALCO)	222	23	7	5.106	35.742	17	608	1.800	1.094
Summe Bestand				**62.100**	**434.700**	**17**	**7.390**		**13.302**
Vgl. gem. RHW Parador 8.200 zzgl. Halco 5.000 MWh/a = 13.200 MWh/a									**13.200**
Abweichung									101%
									OK
Parador - Erweiterung									
1	200	46	6	9.200	55.200	17	938	1.800	1.689
2	220	46	6	10.120	60.720	17	1.032	1.800	1.858
Summe Erweiterung				**19.320**	**115.920**	**17**	**1.971**		**3.547**

Energieverteilung 2017 Verwaltung/Büro und Produktion



Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung – die Annahmen sind als plausibel anzusehen.

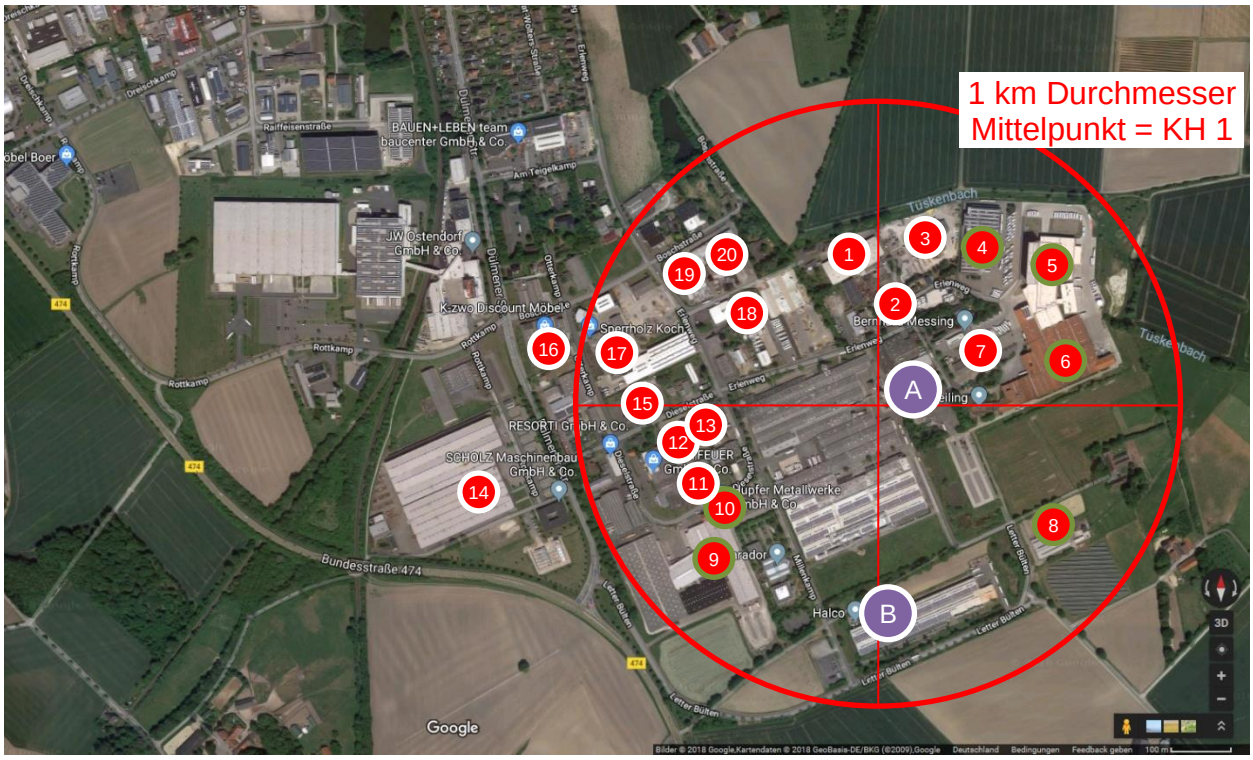
2.8.8 Datenerhebung Wärmebedarf im Umfeld um Parador

Vor dem Hintergrund der Holzüberschüsse bzw. der Neuerrichtung der Holzenergieanlage ist es naheliegend auch weitere Wärmeabnehmer (benachbarte Betriebe) über eine Nahwärmetrasse anzuschließen.

Zielführend wäre es, wenn hierbei die Investitionskostenintensive Anlagentechnik stärker ausgelastet würde und die CO2-Bilanz der zusätzlichen Betriebe sich verbessern würde.

Ein Anschluss ist aber nur sinnvoll, wenn er bezahlbar ist und die Trassenverluste nicht zu hoch liegen. Vor diesem Hintergrund empfehlen wir den Anschluss weiterer Abnehmer nur falls eine Trassendichte von 1,5 MWh/m Trasse und Jahr überschritten wird.

Nachfolgendes Luftbild zeigt die Gebäude im Umfeld des Standorts Parador. Die rot dargestellten Objekte (Nrn. 1 - 20) wurden in den Berechnungen nicht weiter berücksichtigt.



Weitere mögliche externe Wärmeabnehmer (lila) sind einerseits die in Kapitel 2.8.4 dargestellte Fa. Orbilan (A) mit ca. 600 MWh/a und die in Kapitel 2.8.5 dargestellte Fa. Halco (B) mit ca. 5.000 MWh/a Bedarf.

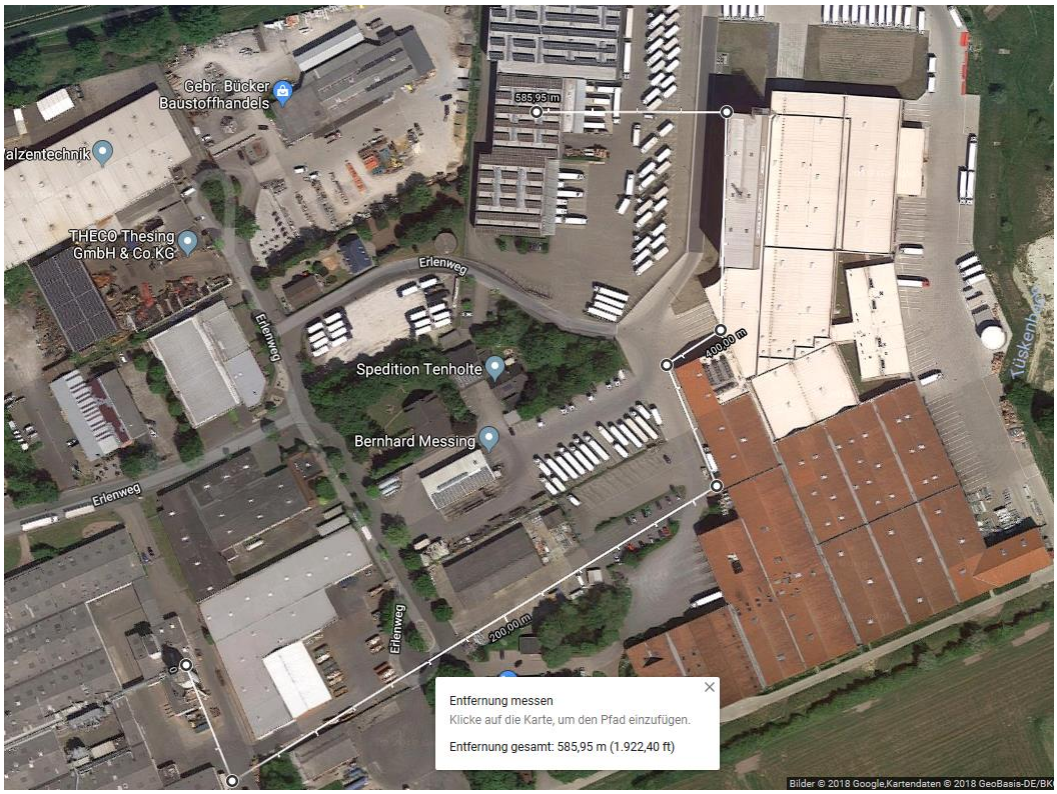
Weitere Bedarfe von benachbarten Firmen sind nicht bekannt. Wir empfehlen insbesondere zu den im Luftbild mit 4, 5, 6, 8, 9 u 10 gekennzeichneten Abnehmern Kontakt aufzunehmen um die Jahresenergiebedarfe zu erfragen, da diese aus unserer Sicht besonders relevant sind (siehe auch fett dargestellten Firmen in nachfolgender Tabelle).

Nachfolgend wird beispielhaft eine Berechnung zur Sinnhaftigkeit der Teilversorgung durchgeführt.

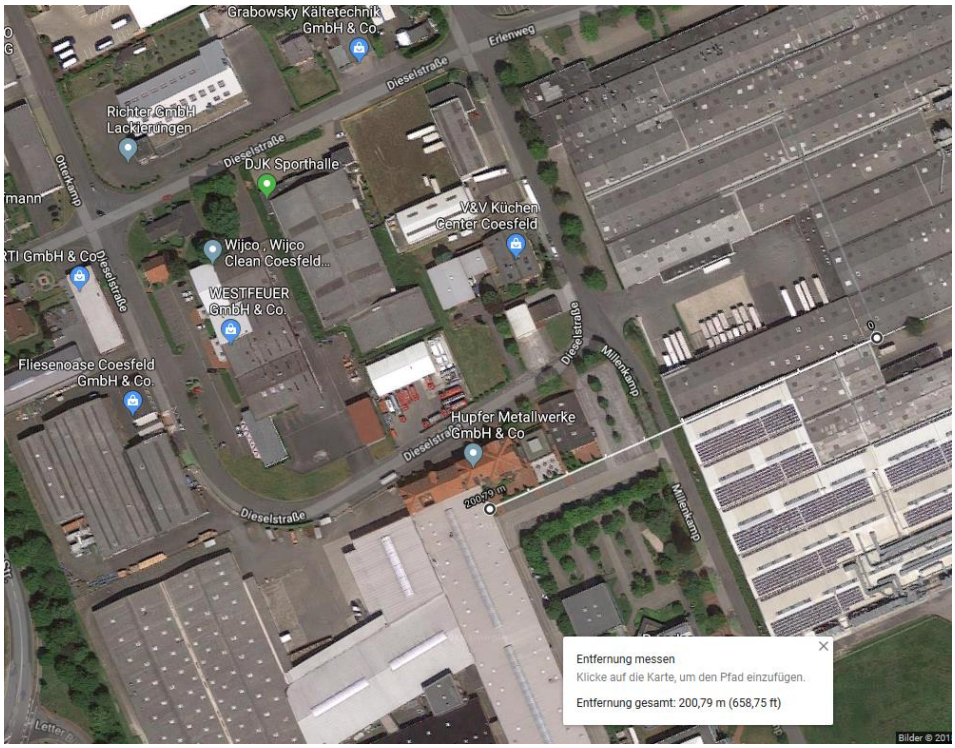
Hierbei wurden die Firmen Weiling (mit verschiedenen Gebäudeteilen), der Reiterhof, sowie die Fa. Hupfer (mit verschiedenen Gebäudeteilen) berücksichtigt.

Zur Ermittlung der benötigten Trassenlängen wurden die Entfernungen wie folgt abgeschätzt (die Lage der Einbindepunkte in den Objekten ist nicht bekannt).

4-6 (Fa. Weiling): Trassenlänge 586m



9-10 (Fa. Hupfer): Trassenlänge 200m



8 (Reiterhof): Trassenlänge 266m

Die Wärmebedarfe wurden anhand der Gebäudeflächen abgeschätzt, so das sich die Wärmedichte in den drei vorgenannten Trassen wie folgt ergibt:

Nr.	Firma	Kontakt?	Ener.Daten	Wärmebed. Schätzung	Entfernung	Wärme-dichte
		ja/nein	bekannt?	MWh/a	Trassen-meter	MWh/a m
1	Westland Walz.	nein	nein			
2	THECO Th.	nein	nein			
3	Gebr. Bücker	nein	nein			
4	**Weiling - A**	**nein**	**nein**			
5	**Weiling - B**	**nein**	**nein**	**4.794**	**586**	**8,18**
6	**Weiling - C**	**nein**	**nein**			
7	Bernh. Messing	nein	nein			
8	Reiterhof	nein	nein	165	266	0,62
9	**Hupfer Metallw. - A**	**nein**	**nein**	**1.050**	**200**	**5,25**
10	**Hupfer Metallw. - B**	**nein**	**nein**			
11	COEmarketing	nein	nein			
12	DJK Sporthalle	nein	nein			
13	V&V Küchen	nein	nein			
14	SCHOLZ Masch.	nein	nein			
15	Richter Lackier.	nein	nein			
16	WYCO Möbelh.	nein	nein			
17	Sperrholz Koch	nein	nein			
18	unbekannt	nein	nein			
19	Transport u H. Täsler	nein	nein			
20	KEMPER System	nein	nein			

Wie sich zeigt, wäre trotz der Nähe zu Halco eine Trasse zum Reiterhof unter den getroffenen Annahmen nicht sinnvoll.

Betrachtet man eine Versorgung für die beiden verbleibenden Abnehmer (Weiling und Hupfer) so ergibt sich wie folgt:

Energiebedarf (Summe)	6.009	MWh/a
Wärmebedarf anzuschließende Teilnehmer	5.844	MWh/a
Trassenlänge	786	m
Wärmedichte bei 100% Lieferung	7,44	MWh/a m
Spezif.Kosten je m Trasse	400	€/m
Investition ohne Förderung	314.400	€
Fördersatz	30	%
Förderung	94320	€
Investition inkl. Förderung	220.080	€
Zielwert Wärmedichte	1,50	MWh/a m
Mind. über Holz zu deckender Anteil an Wärmebedarf	20%	

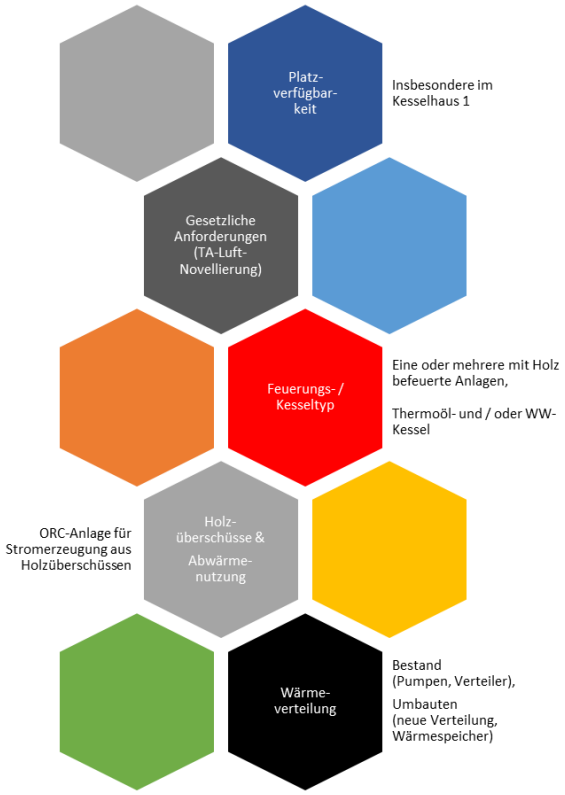
Demnach würden von den beiden Firmen 5.844 MWh/a an Wärme benötigt, wobei hiervon typischerweise mindestens **1.179 MWh/a über das Holz-Heizwerk der Fa. Parador bereitgestellt** werden sollten, um eine Wirtschaftlichkeit der Trasse zu ermöglichen.
Unter Berücksichtigung von 10% Trassenverlusten, einem Kesselwirkungsgrad von 86% und einem Heizwert von 4,61 würden **328 t/a Holz zur Bereitstellung der vorgenannten Energiemenge an die beiden externen Firmen benötigt**.

3. Varianten / Untersuchung Wärmeversorgung + Prozesswärme

Der Wahl des richtigen Anlagenkonzeptes spielt eine große Rolle in Hinblick auf die wirtschaftliche Optimierung.

Nachfolgende Kapitel beleuchtet die verschiedenen technischen Möglichkeiten. Nebenstehendes Diagramm zeigt zunächst grafisch wesentliche zu beachtende Aspekte.

Die interessantesten Varianten sind in Kapitel 5 als Anlagenschema dargestellt. Eine textliche Beschreibung der drei näher betrachteten Kesselvarianten findet sich in den Kapiteln 3.4.3, 3.4.4 und 3.4.5.



Generell lässt sich feststellen, dass die Wahl von Feuerung und Kesseltyp von besonders großer Bedeutung ist, hier eine Vielzahl an Konzepten möglich ist, wobei einige Konzepte nur von einem Lieferanten angeboten werden.

Im Zuge der Studie werden die prinzipiellen Möglichkeiten aufgezeigt und eine Empfehlung ausgesprochen.

3.1 Gesetzlicher Rahmen

In Hinblick auf die Untersuchungen der Studie sind insbesondere die folgenden beiden Aspekte relevant:

- Emissionsgrenzwerte (die anstehende Novellierung der TA-Luft bedingt ggf. höhere Investitionen in die Filtertechnik und Entstickung)
- Anlagengröße (die neue 4. BImSchV vom 08.06.2017 enthält neue Regelungen für Holzenergieanlagen mit dem vorliegenden Brennstoff).

3.1.1 Einstufung nach 4. BImSchV

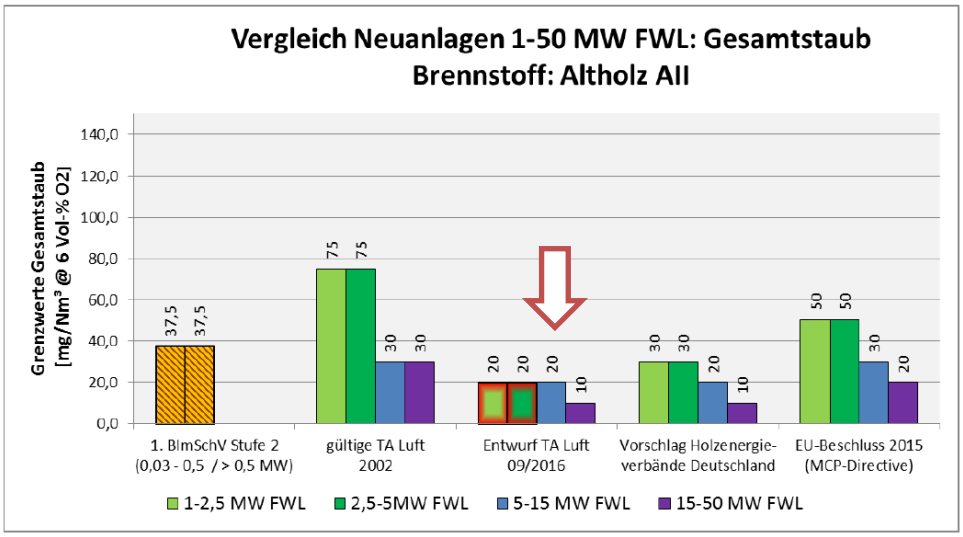
Zukünftig sind nur noch Anlagen mit einem A1 / A2 - Holzeinsatz < 3 t/h wie bisher nach dem vereinfachten Verfahren zu genehmigen, größere Anlagen sind – wie Müllverbren-

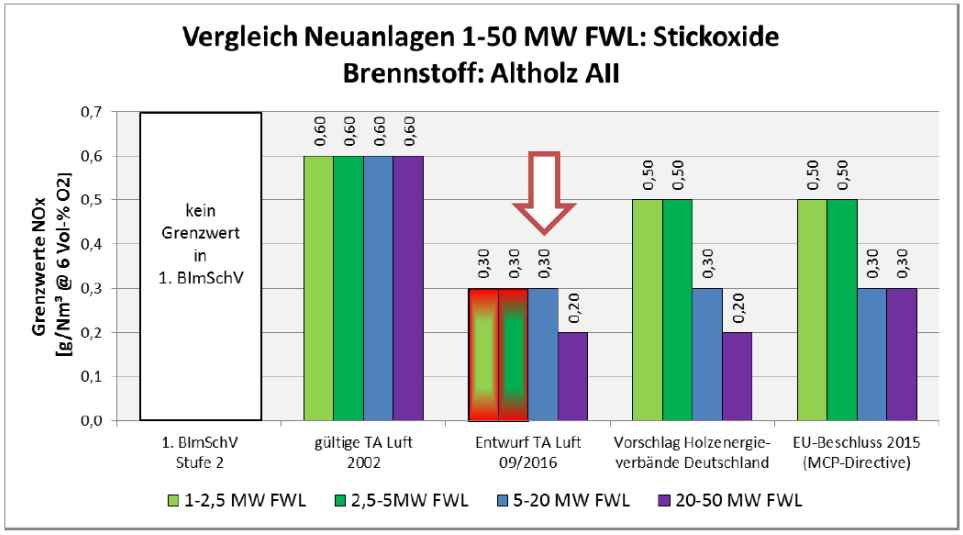
nungsanlagen – durch ein öffentliches Verfahren zu genehmigen). Vor diesem Hintergrund sollte die Anlagengröße die 3 t/h Grenze unterschreiten. Für den Fall das zwei holzbefeuerte Kesselanlagen errichtet werden (Variante 2), gilt voraussichtlich das die FWL der holzbefeuerten Anlagen kumuliert wird (juristische Prüfung Anlagenbegriff steht aus). Beim vorliegenden Heizwert von 4,61 kWh/kg entsprechen 3 t/h Holzeinsatz einer FWL von 13,8 MW. Diese Anlagengröße wird in allen betrachteten Varianten unterschritten, allerdings ist in Hinblick auf die Zeitschiene darauf zu achten, dass zuerst die bestehende Holzenergieanlage rückgebaut wird, bevor die neue(n) Anlage(n) zugebaut wird(werden). Die Arbeiten sollten vor diesem Hintergrund im Sommer erfolgen, wenn kein Raumheizwärmebedarf besteht.

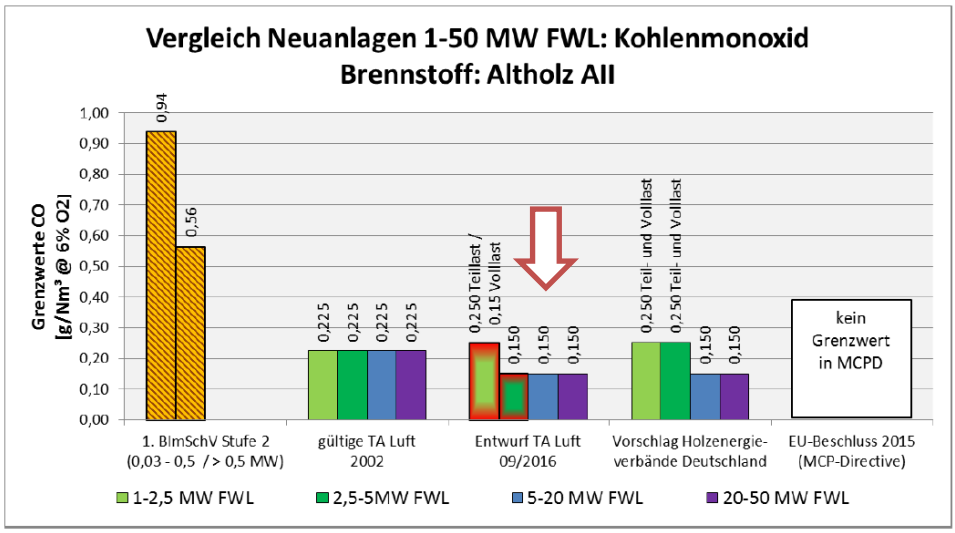
Für den Fall das eine größere Anlage interessant wäre sollte eine juristische Prüfung der Einstufung erfolgen, da strittig ist ob die Abfalleigenschaft (Einstufung als A1/A2 Holz) vorliegt, wenn nur eigene Hölzer eingesetzt werden.

3.1.2 Emissionsgrenzwerte

Die Investitionskosten und damit die Variantenentscheidung ist aufgrund der Kosten für die Entstaubung auch abhängig von der anstehenden Novellierung der TA-Luft.
Diesbezüglich wurde Varianteneinheitlich die höheren Anforderungen bzgl. der Staub-Grenzwerte angesetzt (20 mg/Nm³ i.N.tr. 6%O2), sowie in Hinblick auf die NOx-Grenzwerte die Kosten einer SNCR-Anlage optional ausgepreist. In der politischen Diskussion sind derzeit Emissionsgrenzwerte wie nachfolgend gezeigt:







Derzeit (Stand Jan 2018) ist nach Rücksprache mit den Ministerien nicht absehbar, welche Grenzwerte zukünftig gelten werden. Wir gehen davon aus das als Maximalforderung die mit Pfeil gekennzeichneten Grenzwerte gelten werden so das der diesbezügliche Ansatz in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Option SNCR-Anlage) als konservativ anzusehen ist.

3.2 Platzverfügbarkeit

Das Kesselhaus 1 ist nordöstlich des Hallenbereichs D gelegen. Dort ist derzeit ein holzbefeuerter WW-Kessel (Unterschubfeuerung) installiert.

Der Kessel wird demontiert und an dieser Stelle (sowie im angrenzenden Bereich) werden ein oder mehrere neue Kessel installiert (abhängig von der gewählten Variante, vgl. hierzu die nachfolgenden Kapitel).

Platzverhältnisse Aufstellungsraum Kesselhaus 1:

- Länge 17,3 m
  - Wand1 bis Giebel 12 m
  - Wand 2 bis Giebel 5,3m
- Breite 11,8 m
- Höhe
  - Traufhöhe 1 5,1 m
  - Traufhöhe 2 6,1 m
  - Giebelhöhe 6,8 m

Der bestehende TÖ-Kessel ist im KH3 platziert und würde auch zukünftig betrieben (ggf. als Redundanzkessel). Je nach Variante ist ggf. eine TÖ-Trasse vom KH1 zum KH3 zu verlegen.

Eine Darstellung der Kesselhäuser, der bestehenden Haupttrassen der Wärmeverteilung, sowie auch einem möglichen Verlauf einer neuen Thermoöltrasse, findet sich im Lageplan in Kapitel 5.

3.3 Feuerung Brennraum

3.3.1 Rost und eine Muffel

Wie im Kapitel 2.1.2 gezeigt, wird derzeit ausschließlich Staub energetisch genutzt (kein stückiges Material).

Vor dem Hintergrund der anfallenden Brennstoffsortimente (derzeitige Nutzung + Entsorgung) fallen ca. 80% als Staub, 20% als grobstückigeres Material an.

Vor diesem Hintergrund sind verschiedene Brenner- / Feuerraumkonzepte denkbar.

So könnte z.B. die Hauptfraktion (Staub) über eine Muffel in den Feuerraum eingeblasen. Werden, gröbere Partikel könnten hierbei auf einem Rost fertig ausbrennen.

Zusätzlich besteht grundsätzlich die Möglichkeit einen Teil der FWL auch direkt auf einen Rost aufzubringen (einzuschieben) in Form von Hackgut, Plattenresten etc. Vorteile eines Rostsystems liegen ggf. in reduzierten Stromkosten (Hacken entfällt) wobei dieser Vorteil ggf. erkauft wird durch eine schlechtere Teillastfähigkeit des Systems und ggf. erhöhte Betriebskosten (Rostverschleiß). Der Einsatzbereich des Gesamtsystems aus Rost und einer Muffel würde etwa bei 45 - 100% Last liegen.

3.3.2 Rost und zwei Muffel

Für ein hohes Teillastverhalten können analog der vorangegangenen Beschreibung auch zwei Muffeln eingesetzt werden, welche mit 33% und 66% Anteil der Gesamtlast ausgelegt werden. Die Minimallast wird bei Min-Last-Betrieb der kleinen Muffel (bei abgeschaltener großer Muffel) erreicht und liegt bei ca. 20%.

Bei dieser Ausführung empfehlen wir die Möglichkeit einer physischen Trennung im Feuerraum um ein maximales Leistungsspektrum zu ermöglichen.

3.3.3 Einblasfeuerung

Die Ausführung ohne Rost ist insbesondere dann sinnvoll, wenn genügend feines Material vorhanden ist. Für diesen Fall würden negative Faktoren wie Rostverschleiß, Falschluft zum Kühlen des Rostes der zu einer Verschlechterung des Anlagenwirkungsgrades führt oder Stromkosten zum Hacken des Materials entfallen.

3.3.4 Vorläufige Bewertung der Varianten (Feuerung/Brennraum)

Diesbezügliche detailliertere Bewertungen der verschiedenen Systeme sollten in einem nächsten Planungsschritt erfolgen. Je nach Lieferant werden Horizontale Muffelfeuerungen oder auch vertikal angeordnete Staubbrenner angeboten und nicht alle Lieferanten bieten die Kombination mit dem Rost an.

Auch die nachfolgend beschriebene Kesselauswahl (Thermoöl-Teil, Warmwasser-Teil) muss in diesem Zusammenhang mitbetrachtet werden, da auch eine Kombination aus zwei Anlagen denkbar ist. Vor dem Hintergrund haben wir in den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen mehrere mögliche Konzepte verglichen um die Bandbreite sinnvoller Varianten aufzuzeigen. Die Festlegung auf das wirtschaftlichste Konzept sollte nach Diskussion der Ergebnisse in einer nächsten Planungsphase erfolgen.

3.4 Kesselvarianten (Biomasse)

Ziel bei der Variantenauswahl muss es sein, eine Kosteneffiziente Lösung zu erzielen, die gleichzeitig eine hohe Verfügbarkeit aufweist und auch in Hinblick auf die CO_2-Emissionen gut abschneidet. Hierzu ist insbesondere in Hinblick auf die Wahl des Holzkessels auf folgende Aspekte zu achten:

- Ziel muss es sein sowohl von Thermoöl als auch Warmwasser über Holzenergie bereitstellen zu können,
- Ein Optimum zwischen Anlagengröße (Investitionsvolumen) und Energiebereitstellung ist anzustreben. Dies betrifft mehrere Aspekte wie z.B.
    - Vermeiden häufiges Takten (Ölbedarf zum Zünden)
    - Erreichung einer hohen Auslastung der Anlage
    - Optimierung in Hinblick auf Teillastverhalten. Diesbezüglich sind Konzepte mit mehreren holzbefeuerten Kesselanlagen denkbar, wie auch Anlagen die konstruktionsbedingt eine niedrige Mindestlast ermöglichen. In allen Varianten ist über den Einsatz eines Pufferspeichers nachzudenken.
- Zur Erreichung hoher Anlagenwirkungsgrade ist insbesondere auf die Abgastemperatur zu achten, welche 160-180 °C (je nach Reisezeit) nicht überschreiten sollte. Hierzu ist Thermoölkesseln ggf. ein ECO nachzuschalten.

Nachfolgend wird detailliert auf die verschiedenen technischen Möglichkeiten eingegangen.

3.4.1 Heißwasserkessel (Biomasse)

Diese Variante ist gegenüber eines Warmwasserkessels teurer und ist – vor dem Hintergrund der bereits erfolgten Umbauten im Bereich der Wärmeverteilung – nicht zielführend.

3.4.2 TÖ- und WW-kessel nach gemeinsamer Brennkammer (Biomasse)

Diese Variante wurde nicht weiterverfolgt, da hierfür von keinem Lieferanten Budget-Angebote vorgelegt werden konnten. Dennoch wird das prinzipielle Konzept nachfolgend erläutert um ggf. in einem nächsten Planungsschritt eine Baubarkeit abzuklären.

Es wird nur eine Holzfeuerung installiert und der Brennkammer wird sowohl ein Thermoölkessel, als auch ein Warmwasserkessel nachgeschaltet. Die beiden Kesselteile sind parallelgeschaltet.

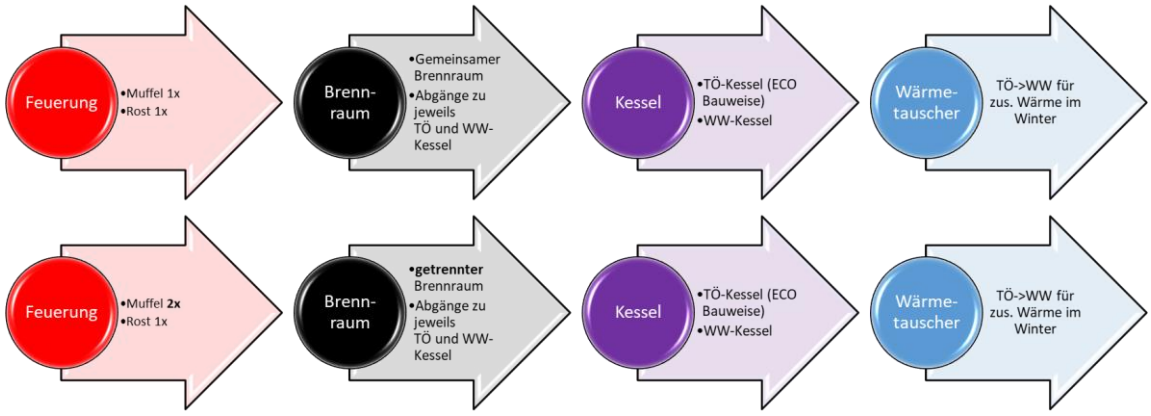
Der Thermoölkessel wird in ECO-Bauweise (nebenstehende Bauweise) ausgeführt, was zu einer erhöhten Investition, jedoch auch zu längeren Standzeiten und einer höheren Anlagensicherheit führt.

Im Rauchgaskanal des Kessels wird den Tauscher Flächen ein Abgasventilator nachgeschaltet um die Rauchgase durch den Wärmetauscher zu ziehen. Anschließend werden die Abgase beider Kessel zusammengeführt und im gemeinsamen Filter gereinigt.

Reingasseitig erfolgt ein Abgang für die Rauchgasrezirkulation (mit eigenem Gebläse), ein Saugzuggebläse und die Ableitung über einen Schornstein.

Der Thermoölkessel wird auf eine VL-Temperatur von 260 °C, der Warmwasserkessel auf eine VL-Temperatur von maximal 100 °C (jeweils Betriebsparameter) ausgelegt. Die Absicherungstemperaturen liegen ca. 5…10 K höher.

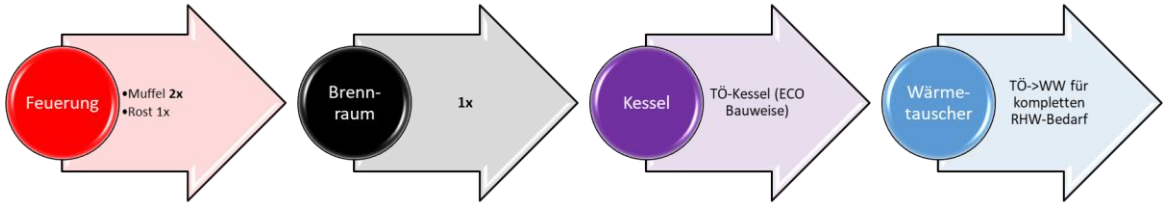
Bezüglich der Ausführung sind mehrere Varianten, Abhängig von der Ausführung der Muffel(n), Brennraumgestaltung. Zwei Varianten sind nachfolgend schematisch dargestellt:



3.4.3 Variante 1: TÖ-Kessel mit TÖ-WW-WT (Einkesselanlage Biomasse)

In dieser Variante wird nur eine holzbefeuerte Kesselanlage neu errichtet.

Die gesamte genutzte Energie der Rauchgase wird auf den Thermoölkreis übertragen. Von dort werden TÖ-Verbraucher versorgt, oder über einen TÖ/WW-WT Energie in den WW-Kreis zur Bereitstellung von Raumheizwärme übertragen.



Dem Thermoölkessel ist zur Verbesserung des Wirkungsgrades ein Abhitzekessel (sogenannter Economizer) nachzuschalten.

3.4.4 Variante 2: TÖ-Kessel und WW-Kessel (Zweikesselanlage Biomasse)

In dieser Variante werden zwei holzbefeuerte Anlagen wie folgt errichtet:

- ein Thermoölkessel mit WW-Eco
  (wie in Kapitel 3.4.3 nur mit geringerer Leistung), sowie
- ein Warmwasserkessel

In Summe ergibt sich sowohl für Thermoöl als auch für die WW-Erzeugung in etwa die gleiche Leistung wie in der vorbeschriebenen Variante.

Die Ausführung mit zwei getrennten Anlagen führt in der Regel zu einer höheren Investition und ggf. höheren Betriebskosten. Zudem ist bei der Ausführung in getrennten Anlagen der Aspekt des Teillastverhaltens bei niedrigem Raumheizwärmebedarf besonders kritisch.

3.4.5 Variante 3: WW-Kessel mit TÖ-ECO (Einkesselanlage Biomasse)

In dieser Variante wird ein Großteil der Energie auf den WW-Kreis übertragen, den Heizflächen nachgeordnet befindet sich jedoch ein TÖ-ECO, über welchen der Bedarf der Pressen gedeckt werden kann.

Vorteilhaft ist in diesem Anlagenkonzept, das nur eine Anlage benötigt wird, was in Hinblick auf Platzbedarf und Wirtschaftlichkeit Vorteile erwarten lässt.

Um eine hohe Anlageneffizienz sicherzustellen ist dem TÖ-ECO (wie in der Variante 1) wieder ein WW-ECO nachgeschaltet.

Kritisch zu sehen ist in dieser Variante:

- Nicht allen Anbietern ist dieses Konzept möglich
- Bei fehlender Abnahme im WW-Kreis (Sommer) ist eine Mindestwärmeabnahme notwendig. Vor diesem Hintergrund ist die Installation von Wärmespeichern und voraussichtlich eines Rückkühlers zwingend notwendig.

3.5 Wärmeverteilung

Zur Darstellung der Wärmeverteilung (IST-Zustand) wurde ein Gesamtanlagenschema erstellt, welches sowohl die Wasserhydraulik, als auch die Thermoölkreisläufe zeigt.

Im Schema ersichtlich ist neben der Einbindung der Kesselanlagen auch eine Tabelle mit den verbauten Pumpen.

Je nach Variante sind zukünftig mehrere neue Kesselanlagen einzubinden, sowie ggf. auch Wärmespeicher (Pufferspeicher), sowie ggf. ein Rückkühler. Diesbezüglich verweisen wir auf die Variantenspezifischen vereinfachten Anlagenschemata.

Alle zeichnerischen Darstellungen finden sich in Kapitel 5.

3.5.1 Bestandspumpen

Die Bestandspumpen sind im Schema 1592-04-T dargestellt um bei den anstehenden Optimierungsmaßnahmen Eigenstrombedarfe durch Pumpentausch oder Nachrüstung von Fus einzusparen. Hierzu wurden für die Bestandspumpen, soweit Informationen vorlagen, das Fabrikat, die Rohrleitungsdimension, die Umlaufmenge sowie die Förderhöhe der Pumpe genannt. Für die Versorgung von Halco und Orbilan liegen keine detaillierten Angaben vor, die Kessel und Pumpen wurden jedoch soweit möglich ebenfalls schematisch dargestellt.

3.5.2 Wärmespeicher / Rückkühler

Zur Entkopplung von Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch wird empfohlen einen Wärmespeicher vorzusehen. Derzeit ist kein Wärmespeicher installiert, was z.B. im Sommer oder der Übergangszeit, bei niedrigem Raumheizwärmebedarf, zu problematischen Zuständen führen kann. Da aus Klimaschutz- sowie auch ökonomischen Gründen geplant ist den Anteil der Holzenergie an der Wärmeerzeugung zu steigern, würde sich die Situation tendenziell weiter verschärfen, weshalb wir empfehlen zukünftig einen Pufferspeicher vorzusehen. Der Pufferspeicher würde zudem in Zeiten mit minimalem oder maximalem Silofüllstand entlastend wirken. In jedem Fall ist ein Wärmespeicher nicht für den Prozesswärmebedarf (Thermoöl) sondern ausschließlich für den Bereich des Warmwassernetzes empfehlenswert.

Der in Kap. 4.2 untersuchte Wärmespeicher würde als isolierter, oberirdischer Stahlbehälter mit 2x25.000 Litern ausgeführt. Bei Aufstellung im Gebäude hätte ein Behälter z.B. einen Durchmesser von 2,5m und eine Höhe von ca. 5 Metern.

Für die Variante 3 sollte optional über einen größeren Wärmespeicher nachgedacht werden bzw. ein Rückkühler installiert werden. Dieser kann preisgünstig als Tischkühler ausgeführt werden und ist in Hinblick auf die Investition in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt. Die Positionierung des Rückkühlers könnte z.B. auf dem Dach des Kesselhauses 1 erfolgen (in Hinblick auf Lärmanforderungen in nächster Planungsphase zu prüfen).

3.6 ORC-Anlage / Abwärmenutzung

Je nach Wärmebedarf und Holzanfall kann es zielführend sein über den Wärmebedarf hinausgehend entsorgungspflichtige Reststoffe energetisch zu nutzen. Die Abwärme könnte über eine ORC-Anlage zur Stromerzeugung genutzt werden.

Diesbezüglich erfolgt im Kapitel 4.4 eine Anlagenauslegung und Untersuchung der Wirtschaftlichkeit. Grundlegend von Bedeutung ist hierbei, dass die durch eine ORC-Anlage generierten Strommengen genutzt werden können um den Zukauf von Strom zurückzufahren. Dies ist insbesondere möglich, wenn keine sonstigen Eigenstromerzeugungsanlagen installiert sind.

4. Technische Auslegung / Energie- und Holzmengen

Nachfolgend werden für die untersuchten Varianten 1-3 wie folgt beschrieben:

- Brennstoffhandling
- Anlagendimensionierung Varianten 1-3
- Wärmebereitstellung
- Holzenergiebedarf und Anteil der Nutzung bzgl. Holzenergieanfall
- Abwärmenutzung über ORC-Anlage
- Einsatzmöglichkeiten einer Solarthermieanlage
- Beispielhafte Berechnung zum Pumpentausch

4.1 Brennstofflagerung

Die Brennstofflagerkapazitäten sind derzeit als ausreichend zu betrachten. Vor dem Hintergrund der geplanten Holzenergieanlage wird sich die Lagersituation entspannen so das hierzu im Zuge dieser Studie keine weitergehenden Betrachtungen nötig sind.

4.2 Anlagendimensionierung

In allen drei Versorgungsvarianten wurde davon ausgegangen, dass:

- 6,0 MW Warmwasserleistung (Nennleistung)
  über die neue Holzkesselanlage(n) bereitgestellt werden können. Der Wert ergibt sich je nach Variante als Summe mehrerer Kessel(teile) wie z.B. ECO, Kühlschirm, etc.
- 1,5 MW Thermoöllleistung (Nennleistung)
  über die neue Holzkesselanlage bereitgestellt werden können
- die bestehenden Ölkessel zur Redundanz bestehen bleiben
- soweit in einer Variante kein Warmwasserkessel neu installiert wird, ein Thermoöl-Warmwasser Wärmetauscher ausreichender Größe neu installiert wird
- je nach Variante nachfolgende Minimallasten erzielbar sind, bei unterschreiten der Lasten auf einen Rückkühler oder Pufferspeicher zurückzugreifen ist,

- In den Varianten 1 und 2 ein Warmwasser-Pufferspeicher mit 50 m³ Volumen installiert wird, in der Variante 3 ein Pufferspeicher mit 50 m³ Volumen zzgl. optional 50 m³ anzusetzen ist.
- In der Variante 3 ein Rückkühler mit 1,5 MW Leistung installiert wird.

Die Anlagengröße ergibt sich vor dem Hintergrund der Bedarfe und der Tatsache das ein preisgünstiger Brennstoff bereitsteht (bei hochpreisigem Zukauf von Holzbrennstoffen wäre(n) die Holzkessel kleiner zu dimensionieren. Vor diesem Hintergrund bestehen Reserven um ggf. noch weitere Verbraucher (Nachbarbetriebe) zu versorgen (Teilversorgung).

Die Holzfeuerungsanlagen können je nach Variante mit verschiedenen Feuerungssystemen ausgestattet werden. Sollen mehrere Muffelfeuerungen installiert werden (insbesondere der TÖ-Kessel der Variante 1 bzw. der WW-Kessel der Variante 2), so empfehlen wir eine Auslegung der Muffel 1 auf 1/3, der Muffel 2 auf 2/3 der Leistung.

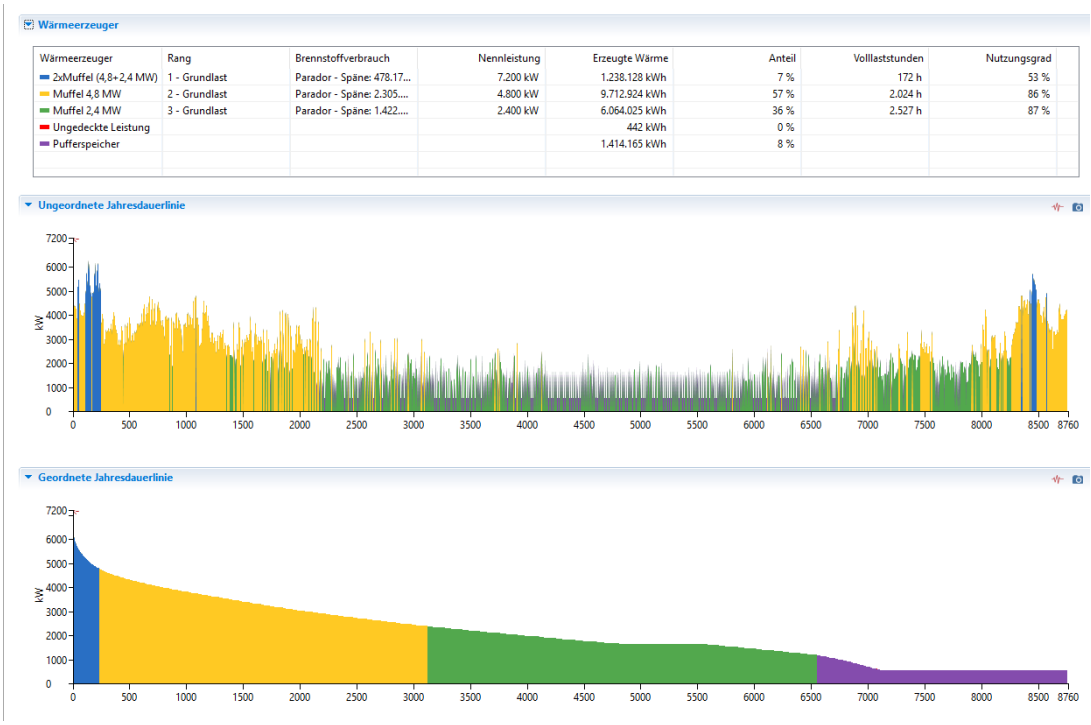
4.3 Jahresgangkurven (Varianten 1 – 3)

Nachfolgende Grafiken zeigen (in Anlehnung an die dargestellten Wärmebedarfe in Kapitel 2.8.62.8.2) die Einsatzhäufigkeit verschiedener Lastbereiche.

Nachfolgend dargestellt ist eine Versorgungsvariante mit einer Holzfeuerungsanlage, bestehend aus einer kleinen und einer großen Muffel.

Ziel der Darstellung ist eine grafische Darstellung bzw. quantitative Auswertung der Energiemengen je Lastbereich. Ob tatsächlich (wie dargestellt) zwei Muffeln vor einem Kessel installiert sind, oder andere Alternativen wie z.B. oder eine tangenziale Einblasung oder der hydraulische Einschub auf mehrere Roste (Mehrkesselanlage) zu wählen ist, ist Herstellerspezifisch und sollte in einer nächsten Planungsphase nach Einholung verbindlicher Angebote festgelegt werden. Dies hat nur untergeordnete Bedeutung auf die Energiebereitstellung insofern sichergestellt ist, dass bei allen Varianten eine gute Teillastfähigkeit des Systems vorliegt.

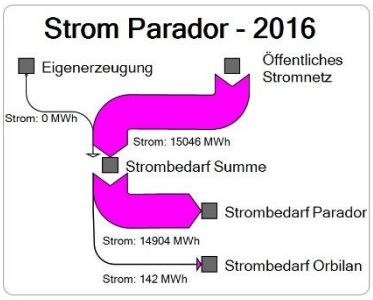
Der in nachfolgendem Diagramm dargestellte Leistungsverlauf ist als Summe Bedarf Thermoöl und Heißwasser zu verstehen. Zur Deckung niedriger Bedarfe (Sommer) wurde ein 50.000 Liter Pufferspeicher berücksichtigt.



4.4 ORC-Anlage

Bei Überschüssen entsorgungspflichtiger Holzmengen und hohem Eigenstrombedarf der nur zu einem geringen Anteil über eigenstromerzeugungsanlagen (meist PV-Anlagen oder BHKW-Anlagen) gedeckt wird, kann über die Nutzung von aus den Holzresten gewonnener Wärme (Abwärme) mittels einer ORC-Anlage nachgedacht werden.

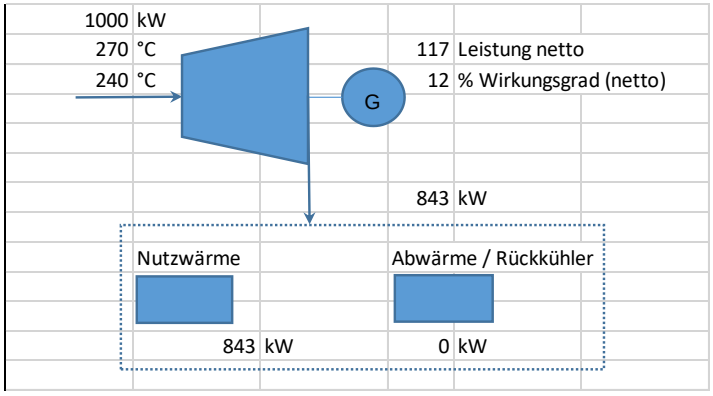
Derzeit findet noch keine Eigenstromerzeugung am Standort statt. Die Fa. Kaup betreibt jedoch auf den Dächern von Parador eine PV-Anlage mit 575 kWp (IBN 2011). Dies spricht zunächst für den Einsatz einer ORC-Anlage. Die Sinnhaftigkeit wird daher nachfolgend weiter untersucht.

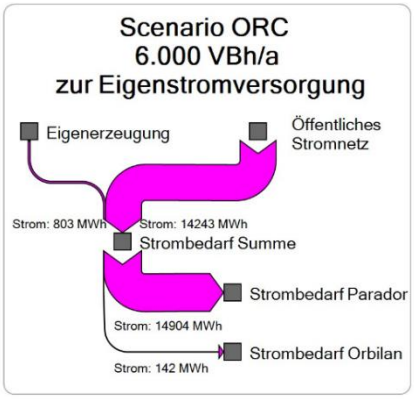


Vor dem Hintergrund der „knappen“ Brennstoffe und der Umwandlungswirkungsgrade gilt aus energetischer Sicht folgende Priorisierung:

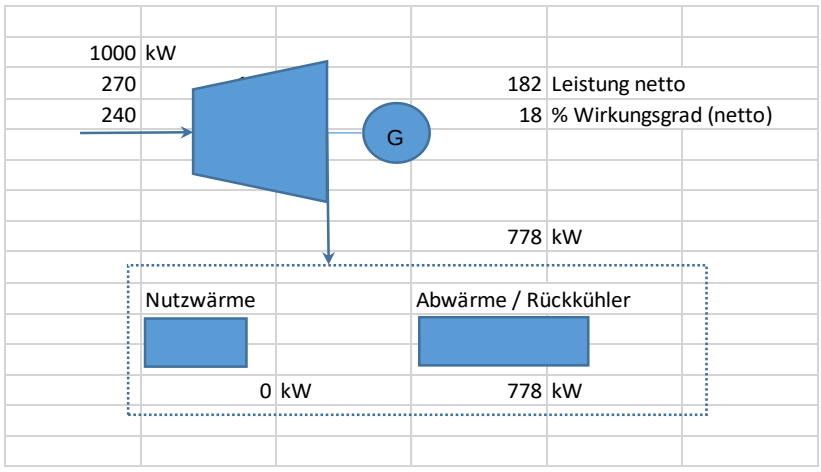
- Wärmeversorgung besehender Wärmeabnehmer Priorität 1
- Wärmeversorgung ggf. neu zu schaffender Wärmeabnehmer Priorität 2
- Stromerzeugung mittels Abwärme-ORC-Anlage Priorität 3

Für das ORC-Modul werden hohe Zulauftemperaturen benötigt um ein hohes Enthalpiegefälle für die Turbine zu generieren. Vor diesem Hintergrund geht nachfolgende Betrachtung von einer Einbindung in den **Thermoölkreis** aus (nicht in den WW-Kreis). Die VL-Temperatur beträgt hier ca. 260 °C, die RL-Temperatur 245 °C. Nachfolgende Schematische Darstellung zeigt beispielhaft die zu erwartenden Wirkungsgrade/Leistungen für eine Anlage mit 1 MW Leistung (1 MW Input Thermoöl).

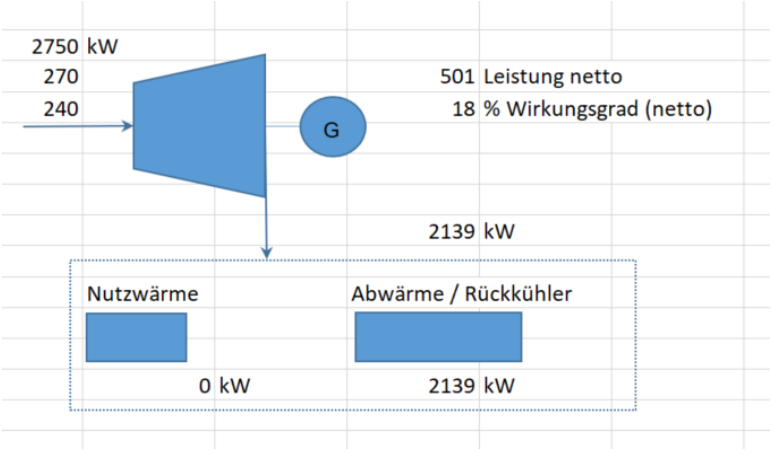




Der elektrische Wirkungsgrad kann auch angehoben werden, indem das untere Temperaturniveau abgesenkt wird. In diesem Fall ist jedoch keine Wärmenutzung mehr möglich.



Für vorgenannte Anlagen ist derzeit **kein Lieferant am Markt verfügbar**, da nur ein Lieferant das gewünschte Temperaturniveau auf der Thermoölseite nutzen kann, dieser Lieferant bietet Module jedoch erst Module ab einer Leistung von 500 kWel. an (siehe nachfolgende Betrachtung eines „großen“ ORC-Moduls).



Ob der Einsatz eines ORC-Moduls vorgenannter Größe sinnvoll ist, ist auch eine Frage der Brennstoffverfügbarkeit. Bei 5.000 Vollbenutzungsstunden (VBH) der ORC-Anlage (Annahme SE) würde sich ein zusätzlicher Holzbedarf von 3.476 t/a ergeben.

VBH ORC	3.000	4.000	**5.000**	6.000	Annahme SE
Stromerzeugung ORC	1.504	2.005	**2.507**	3.008	MWh/a
Brennstoffbedarf Holz	2.085	2.781	**3.476**	4.171	t/a

Die 5.000 VBH sind ein typischer Wert, bei dem viele Anlagen wirtschaftlich werden. Tatsächlich ist der Brennstoff jedoch nur auseichend für knapp 3.000 VBH (bei zukünftiger Wärmelieferung an externe Abnehmer würde die VBH-Zahl sogar noch weiter absinken, so das eine Wirtschaftlichkeit leider nicht darstellbar ist. Somit ist keine der möglichen ORC-Varianten wirtschaftlich darstellbar.

Die Investitionskosten sind mit ca. 1,5 Mio. € zu benennen, (vor Abzug Förderung KfW 294, Tilgungszuschuss 30%, zzgl. 10% bei KMU).

4.5 Solarthermie

Wie nachfolgendes Luftbild zeigt, ist auf einigen Dachflächen eine PV-Anlage installiert, einige Dächer sind noch nicht belegt und könnten (falls statisch zulässig und ökonomisch sinnvoll) mit einer Solarthermieanlage belegt werden.

Nachfolgende Berechnung zeigt die überschlägigen technischen und ökonomischen Kennzahlen für eine Solarthermieanlage, unter Nutzung der vorhandenen Dachfläche. Diesbezüglich Annahmen zum Dach (grün hinterlegte Felder) sind zu prüfen.

Flächenverfügbarkeit			
Freie Dachfläche	37.076	m²	
Anteil nach Süden	50%		
Freie Dachfläche Südausrichtung	18.538	m²	
Anteil Nutzung erwünscht	10%		
Freie Dachfläche Südausrichtung, gewünscht	1.854	m²	
Dachneigung	19%		Annahme zu Prüfen!
Nutzbare Fläche bzgl. Reihenabstand / Dachneigung	90%		Zur Selbstreinigung 20° Neigung benötigt (Flächenverlust da Reihenabstand)
Anteil Statisch nutzbar	80%		80% bedeutet das 20% der Dachflächen aus statischen Gründen nicht nutzbar sind
Freie Dachfläche Südausrichtung, gewünscht u statisch OK	**1.335**	**m²**	Aufständerung dann Zeilenabstand dann Belastung geht runter
			Flächenlast Kollektor 30 kg/m²
Auslegung Solarthermieanlage			mit Abstand 50cm Reihe zu reihe dann eher 25 kg/m²
Solarthermieanlage als Dachabdichtung	**nein**		ja (für Freilager Brennstoff), nein (wenn auf Dach)
spezifischer Ertrag (Jahresdurchschnitt)	450	kWh/m²	tatsächliche Fläche (Bruttoabmessung)
Jahreswärmearbeit	601	MWh/a	
spezifischer Kosten	380	€/m²	kann zwischen 250 u 800 €/m² schwanken je nach Rahmenbedingungen, 400 ist ein typ. Wert, Bei 1000m² knick in Kurve
Investition	507.700	€	Gesamtpreis inkl. IBN, netto, ohne Hydr. Anbindung, ohne Puffer
Annuität	8%		
Kapitaldienst	40.616	€/a	Vereinfacht !!!! Konkreter zu berechnen !
Wärmepreis ohne Förderung	**68**	**€/MWh**	
Unternehmensart	**G**		Kleines- (K), Mittleres- (M), Großes- (G) Unternehmen
Förderung gem. KfW 271	45%		für Solarthermie inkl. Anbindung (inkl. Puffer wenn Beldung ausschließlich über Solar, sonst über Speicherförderung)
Wärmepreis inkl. Förderung	**37**	**€/MWh**	

4.6 Eigenstrombedarf / Pumpenoptimierung

Einsparpotenziale werden im Detail zu einem späteren Zeitpunkt untersucht. Vor dem Hintergrund des aktuellen Förderrahmens, sowie unserer Einschätzung nach Besichtigung des Anlagenbestandes sind aber erhebliche Einsparungen absehbar. Nachfolgende Tabelle zeigt beispielhaft die Situation für den Tausch einer Pumpe mit 30 und einer Pumpe mit 11 kW Leistung.

Anzahl	**1**	**1**	
Bestand			
Hersteller	**WILO**	**WILO**	
Typ	**DP 150/300, 30/4**	**150/250, 11/4**	
El. Leistung IST	**30,00**	**11,00**	kWel.
VBH je (Einzel-)Pumpe	**1.500**	**1.500**	h/a
Energiebedarf IST	45	17	MWhel/a
NEU			
Hersteller	**WILO**	**WILO**	
Typ	**DL-E 100/165-22/2**	**DL-E 100/270-11/4**	
FU	ja	ja	
El. Leistung neue Pumpe	19,6	9,4	kWel.
VBH je (Einzel-)Pumpe	750	750	h/a
Energiebedarf Zukünftig	15	7	MWhel/a
Wirtschaftlichkeit			
Einsparung	30	9	MWh/a
Strompreis	120	120	€/MWh
Einsparung	3.637	1.138	€/a
Investition	22.000	15.800	€
Förderung	6.600	4.740	€
Investition inkl. Förderung	15.400	11.060	€
Amortisation	**4,2**	**9,7**	**Jahre**
Maximale Förderung	25.000		
Zuschuss verbleibend	8.740	30%	
Eigenanteil verbleibend	20.393	70%	
Summe Pumpenkosten	29.133		

Nur beispielhafte Angaben

5. Zeichnerische Darstellungen

- Gesamtanlagenschema Parador u. Nachbarbetriebe – IST-Zustand 2017
  Zeichnungsnummer 1592-04-T
- Lageplan mit Leitungsverläufen — Zeichnungsnummer 1592-06-P
- Vereinfachtes Anlagenschema
  Variante 1: holzbefeuerter TÖ-Kessel (neu)
  Zeichnungsnummer 1592-07-X
- Vereinfachtes Anlagenschema
  Variante 2: holzbefeuerter TÖ-Kessel (neu) und
  holzbefeuerter WW-Kessel (neu)
  Zeichnungsnummer 1592-08-X
- Vereinfachtes Anlagenschema
  Variante 3: holzbefeuerter WW-Kessel
  mit TÖ ECO (neu)
  Zeichnungsnummer 1592-09-X

6. Wirtschaftlichkeit

6.1 Erläuterungen zum Vorgehen

Im Rahmen der Studie wurden die verschiedensten Versorgungsalternativen betrachtet. In Hinblick auf die ebenfalls zu untersuchende Wirtschaftlichkeit möchten wir zunächst wie folgt erläutern:

1. Die Variante Abwärmenutzung mittels ORC-Anlage ist für Versorgung über das WW-Netz nicht wirtschaftlich, könnte jedoch bei Versorgung über das TÖ-Netz für eine Anlage mit 500kWel. zielführend sein (siehe auch Kapitel 3.6). Diese Variante „Abwärme-Verstromung“ steht vor dem Hintergrund der Anlagenwirkungsgrade bzw. der „knappen“ Holzsortimente in Konkurrenz zur Variante „Wärmebereitstellung an externe Wärmekunden“.

2. Die Optimierung der Wasserhydraulik wird nicht als eigenständige Variante untersucht, sondern hat im Zuge der geplanten Maßnahmen zu erfolgen. Diesbezügliche Kosten wurden abgeschätzt und sind in den Wärmeerzeugungsvarianten berücksichtigt.

3. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen beziehen sich auf die Gesamt-Wärmeversorgung wie folgt:

    a. Raumheizwärmebedarf Parador (Warmwasser),

    b. Prozesswärmebedarf Parador (Pressen),

    c. Warmwasserversorgung Halco (externer Wärmekunde)

    d. Warmwasserversorgung Orbilan (externer Wärmekunde)

4. Die Darstellung der Wirtschaftlichkeit kann auf verschiedenen Wegen erfolgen (z.B. über die Ermittlung von Wärmepreisen bei sonstigen definierten Rahmenbedingungen, oder die Ermittlung von Amortisationszeiten oder einer Verzinsung / eines Kapitalwertes, etc.). In dieser Studie wurde wie folgt vorgegangen:

    a. Ermittlung der jeweiligen Investitionssummen für drei verschiedene Wärmeversorgungsvarianten (z. B. über eine große oder mehrere einzelne holzbefeuerte Kesselanlagen),

    b. Bzgl. der vorgenannten Investitionssummen wurde auch die Höhe der voraussichtlich erzielbaren Förderung ausgewiesen.

    c. Berechnung der Amortisationszeit in Jahren unter Berücksichtigung von Investition ohne/mit Förderung und verschiedenen Wärmepreisen (ohne Betrachtung von Betriebskosten)

   d. Darstellung der vermiedenen Ölbezugskosten und Holz-Entsorgungskosten je Variante.

5. Eine Betrachtung der sonstigen Betriebskosten der Holzfeuerungsanlagen wurde als bekannt vorausgesetzt, da derzeit bereits eine Holzfeuerungsanlage betrieben wird.

6. Zielgrößen:
   Im Ergebnis kann für die untersuchten Varianten wie folgt festgehalten werden:

   a. Investitionsvolumen

   b. Holzbedarf (Input)

   c. Energiebereitstellung (Output)

   d. CO2-Einsparung

6.2 Investitionskostenermittlung

Für die neue Anlage wird je nach Variante eine Investition wie folgt erwartet:

Kesseltausch

Varianten (Neuanlage / Gebrauchtanlage)	Variante 1: TÖ-Kessel mit TÖ-WW-WT (Einkesselanlage Biomasse)					
Investitionskosten	ohne Option	mit Option	Förderung	Förderung	%	%
Gewerk I - Feuerung & Kessel inkl. Nebeneinrichtungen						
1. Feuerungs- und Kesselanlage inkl. Nebenanlagen wie EMI-Messung, Visualisierung, etc.	2.850.000 €	2.850.000 €	100.000 €	100.000 €	4%	4%
2. Option SNCR Anlage ("AdBlue" für den Holzkessel)		150.000 €	- €	- €	0%	0%
3. Rauchgasentstaubung (20mg/m³ i.N.tr. 6%O2)	650.000 €	650.000 €	- €	- €	0%	0%
4. Schornstein	60.000 €	60.000 €	- €	- €	0%	0%
5. Anpassung an die Brennstoffversorgung Holz (Schätzung)	15.000 €	15.000 €	- €	- €	0%	0%
Gewerk II - Wärmeverteilung						
6a. Pufferspeicheranlage 50m³	35.000 €	35.000 €	12.500 €	12.500 €	36%	36%
6b. Option größerer Puffer 2x50 m³ (50 m³ zusätzlich zu Pos. 3.)	- €	35.000 €	- €	12.500 €	0%	36%
7. Option Rückkühler-WW (1,5 MW)	- €	25.000 €	- €	- €	0%	0%
8. WW-Hydraulik (Verteiler, Verrohrung, Armaturen, Pumpen)	250.000 €	250.000 €	- €	- €	0%	0%
9. TÖ-Hydraulik (neuer Verteiler in KH 1)	40.000 €	40.000 €	12.000 €	12.000 €	30%	30%
10. TÖ-Trasse KH1 - KH3 (120 m)	100.000 €	100.000 €	30.000 €	30.000 €	30%	30%
11. TÖ-WW Wärmetauscher (6 MW)	50.000 €	50.000 €	- €	- €	0%	0%
12. Anbindung neue Wärmekunden (Kosten siehe Kap. 2.8.8)	- €	- €	- €	- €	0%	0%
13. Erweiterung der Druckhaltung / Ausdehnungsanlage (WW)	30.000 €	30.000 €	- €	- €	0%	0%
14. Anpassung der Lufterhitzer (Nachrüstung Mengenregelung)	- €	15.000 €	- €	- €	0%	0%
15. Einbindung MSR	30.000 €	30.000 €	- €	- €	0%	0%
Gewerk III - Sonstiges						
16. Demontagekosten / Entsorgung Kessel und Verrohrung	20.000 €	20.000 €	- €	- €	0%	0%
17. Inbetriebnahmekosten (soweit nicht in I und II enthalten)	10.000 €	10.000 €	- €	- €	0%	0%
18. Baukosten (Fundamente/Kesselhausdach öffnen/schließen/Gebäude)	60.000 €	60.000 €	- €	- €	0%	0%
19. Planungskosten komplett Verfahrenstechnik	250.000 €	250.000 €	- €	- €	0%	0%
20. Planungskosten Bau (Architekt, Statik Prüfungen)	55.000 €	55.000 €	- €	- €	0%	0%
21. Unvorhergesehenes	150.000 €	150.000 €	- €	- €	0%	0%
Summe (netto) Förderung			**154.500 €**	**167.000 €**		
Summe (netto) ohne Förderung	**4.655.000 €**	**4.880.000 €**				
Summe (netto) mit Förderung	**4.500.500 €**	**4.713.000 €**				

Kesseltausch

Varianten (Neuanlage / Gebrauchtanlage)	Variante 2: TÖ-Kessel & WW-Kessel (Zweikesselanlage Biomasse)					
Investitionskosten	ohne Option	mit Option	Förderung	Förderung	%	%
Gewerk I - Feuerung & Kessel inkl. Nebeneinrichtungen						
1. Feuerungs- und Kesselanlage inkl. Nebenanlagen wie EMI-Messung, Visualisierung, etc.	**2.590.000 €**	**2.590.000 €**	100.000 €	100.000 €	4%	4%
2. Option SNCR Anlage ("AdBlue" für den Holzkessel)		150.000 €	- €	- €	0%	0%
3. Rauchgasentstaubung (20mg/m³ i.N.tr. 6%O2)	**910.000 €**	**910.000 €**	- €	- €	0%	0%
4. Schornstein	**72.000 €**	**72.000 €**	- €	- €	0%	0%
5. Anpassung an die Brennstoffversorgung Holz (Schätzung)	**25.000 €**	**25.000 €**	- €	- €	0%	0%
Gewerk II - Wärmeverteilung						
6a. Pufferspeicheranlage 50m³	35.000 €	35.000 €	12.500 €	12.500 €	36%	36%
6b. Option größerer Puffer 2x50 m³ (50 m³ zusätzlich zu Pos. 3.)	- €	35.000 €	- €	12.500 €	0%	36%
7. Option Rückkühler-WW (1,5 MW)	- €	25.000 €	- €	- €	0%	0%
8. WW-Hydraulik (Verteiler, Verrohrung, Armaturen, Pumpen)	250.000 €	250.000 €	- €	- €	0%	0%
9. TÖ-Hydraulik (neuer Verteiler in KH 1)	**30.000 €**	**30.000 €**	9.000 €	9.000 €	30%	30%
10. TÖ-Trasse KH1 - KH3 (120 m)	100.000 €	100.000 €	30.000 €	30.000 €	30%	30%
11. TÖ-WW Wärmetauscher (6 MW)	**- €**	**- €**	- €	- €	0%	0%
12. Anbindung neue Wärmekunden (Kosten siehe Kap. 2.8.8)	- €	- €	- €	- €	0%	0%
13. Erweiterung der Druckhaltung / Ausdehnungsanlage (WW)	30.000 €	30.000 €	- €	- €	0%	0%
14. Anpassung der Lufterhitzer (Nachrüstung Mengenregelung)	- €	15.000 €	- €	- €	0%	0%
15. Einbindung MSR	30.000 €	30.000 €	- €	- €	0%	0%
Gewerk III - Sonstiges						
16. Demontagekosten / Entsorgung Kessel und Verrohrung	20.000 €	20.000 €	- €	- €	0%	0%
17. Inbetriebnahmekosten (soweit nicht in I und II enthalten)	10.000 €	10.000 €	- €	- €	0%	0%
18. Baukosten (Fundamente/Kesselhausdach öffnen/schließen/Gebäude)	**90.000 €**	**90.000 €**	- €	- €	0%	0%
19. Planungskosten komplett Verfahrenstechnik	250.000 €	250.000 €	- €	- €	0%	0%
20. Planungskosten Bau (Architekt, Statik Prüfungen)	55.000 €	55.000 €	- €	- €	0%	0%
21. Unvorhergesehenes	150.000 €	150.000 €	- €	- €	0%	0%
Summe (netto) Förderung			**151.500 €**	**164.000 €**		
Summe (netto) ohne Förderung	**4.647.000 €**	**4.872.000 €**				
Summe (netto) mit Förderung	**4.495.500 €**	**4.708.000 €**				

Kesseltausch

Varianten (Neuanlage / Gebrauchtanlage)	Variante 3: TWW-Kessel mit TÖ-ECO (Einkesselanlage Biomasse)					
Investitionskosten	ohne Option	mit Option	Förderung	Förderung	%	%
Gewerk I - Feuerung & Kessel inkl. Nebeineinrichtungen						
1. Feuerungs- und Kesselanlage inkl. Nebenanlagen wie EMI-Messung, Visualisierung, etc.	**1.250.000 €**	**1.250.000 €**	100.000 €	100.000 €	8%	8%
2. Option SNCR Anlage ("AdBlue" für den Holzkessel)		150.000 €	- €	- €	0%	0%
3. Rauchgasentstaubung (20mg/m³ i.N.tr. 6%O2)	650.000 €	650.000 €	- €	- €	0%	0%
4. Schornstein	60.000 €	60.000 €	- €	- €	0%	0%
5. Anpassung an die Brennstoffversorgung Holz (Schätzung)	**25.000 €**	**25.000 €**	- €	- €	0%	0%
Gewerk II - Wärmeverteilung						
6a. Pufferspeicheranlage 50m³	35.000 €	35.000 €	12.500 €	12.500 €	36%	36%
6b. Option größerer Puffer 2x50 m³ (50 m³ zusätzlich zu Pos. 3.)	- €	35.000 €	- €	12.500 €	0%	36%
7. Option Rückkühler-WW (1,5 MW)	**25.000 €**	25.000 €	- €	- €	0%	0%
8. WW-Hydraulik (Verteiler, Verrohrung, Armaturen, Pumpen)	250.000 €	250.000 €	- €	- €	0%	0%
9. TÖ-Hydraulik (neuer Verteiler in KH 1)	**30.000 €**	**30.000 €**	9.000 €	9.000 €	30%	30%
10. TÖ-Trasse KH1 - KH3 (120 m)	100.000 €	100.000 €	30.000 €	30.000 €	30%	30%
11. TÖ-WW Wärmetauscher (6 MW)	**- €**	**- €**	- €	- €	0%	0%
12. Anbindung neue Wärmekunden (Kosten siehe Kap. 2.8.8)	- €	- €	- €	- €	0%	0%
13. Erweiterung der Druckhaltung / Ausdehnungsanlage (WW)	30.000 €	30.000 €	- €	- €	0%	0%
14. Anpassung der Lufterhitzer (Nachrüstung Mengenregelung)	- €	15.000 €	- €	- €	0%	0%
15. Einbindung MSR	30.000 €	30.000 €	- €	- €	0%	0%
Gewerk III - Sonstiges						
16. Demontagekosten / Entsorgung Kessel und Verrohrung	20.000 €	20.000 €	- €	- €	0%	0%
17. Inbetriebnahmekosten (soweit nicht in I und II enthalten)	10.000 €	10.000 €	- €	- €	0%	0%
18. Baukosten (Fundamente/Kesselhausdach öffnen/schließen/Gebäude)	**90.000 €**	**90.000 €**	- €	- €	0%	0%
19. Planungskosten komplett Verfahrenstechnik	250.000 €	250.000 €	- €	- €	0%	0%
20. Planungskosten Bau (Architekt, Statik Prüfungen)	55.000 €	55.000 €	- €	- €	0%	0%
21. Unvorhergesehenes	150.000 €	150.000 €	- €	- €	0%	0%
Summe (netto) Förderung			**151.500 €**	**164.000 €**		
Summe (netto) ohne Förderung	**3.060.000 €**	**3.260.000 €**				
Summe (netto) mit Förderung	**2.908.500 €**	**3.096.000 €**				

6.3 Prüfung von Fördermöglichkeiten

6.3.1 Zusätzliche Untersuchungen für Wärmegutscheine

Die Anforderungen sind auf der Internetseite der WiE dargestellt.

In Hinblick auf die Anforderungen kann festgestellt werden:

- Eine Förderung wurde gewährt. Diesbezüglich erfolgte seitens SE frühzeitig eine Empfehlung zur Antragstellung.
- Der beauftragte Umfang passt recht gut zum Anforderungsprofil, es gibt jedoch auch Bereiche, die zusätzlich erstellt werden müssen. Dies sind insbesondere:
    - Die Struktur der Studie ist gem. den Anforderungen anzupassen und einige Bereiche sind inhaltlich zu ergänzen (siehe nachfolgende Punkte)
    - Aussagen zur Wärmelieferung an dritte (benachbarte Unternehmen oder private Haushalte).
    - Darstellung des zu erwartenden End- u Primär-Energieeinsparung und die Höhe der CO2-Reduktion.
    - Aussagen zur Übertragbarkeit auf andere Wärmeprojekte
    - Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von Wärmespeichern, Power – to – Heat oder der ORC-Technologie.
      Hier ist eine Abstimmung vor Antragstellung nötig (was untersucht werden soll).

- Eine Förderung ist nur möglich, wenn der Kunde einer Veröffentlichung der Ergebnisse auf www.wiefm.eu zustimmt. Auch einem Auslesen von Messwerten im späteren Betrieb muss ermöglicht werden. Dies ist ggf. noch im Detail zu klären.

6.3.2 KFW-Förderung

Das KfW-Energieeffizienzprogramm- Abwärme unterstützt Maßnahmen zur Abwärmevermeidung bzw. -nutzung durch zinsgünstige Darlehen der KfW und durch Tilgungszuschüsse, die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) finanziert werden

Das Programm

- wendet sich u.a. an inländische Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, die sich mehrheitlich in Privatbesitz befinden.
- fördert u.B. die innerbetriebliche Nutzung von Abwärme, sowie explizit auch die Verstromung von Abwärme z.B. mittels der ORC-Technologie
- kann bis zu 100% der förderfähigen Investitionskosten finanzieren (i.d.R. max. 25 Mio. €). Es Sind Modelle mit verschiedenen Laufzeiten (5, 10, 20 Jahr) möglich. Hierbei wird der Zinssatz für die ersten 10 Jahre festgeschrieben.
- gewährt einen **Tilgungszuschuss von voraussichtlich 30% der förderfähigen Investitionssumme**.

Bei Antragstellung ist der Hausbank ein von einem Sachverständigen erstelltes Abwärmekonzept vorzulegen (z.B. durch den nachfolgend genannten Energieberater). Der Energieberater muss in der Energieeffizienz-Experten-Liste für Förderprogramme des Bundes geführt sein und für die Kategorie "Energieberatung im Mittelstand (BAFA)". Seeger ist nicht gelistet, hat aber in vergangenen Projekten mit für gelistete Beratern eng zusammengearbeitet (das Papier erstellt so dass der gelistete Berater nur prüfen und abzeichnen muss).

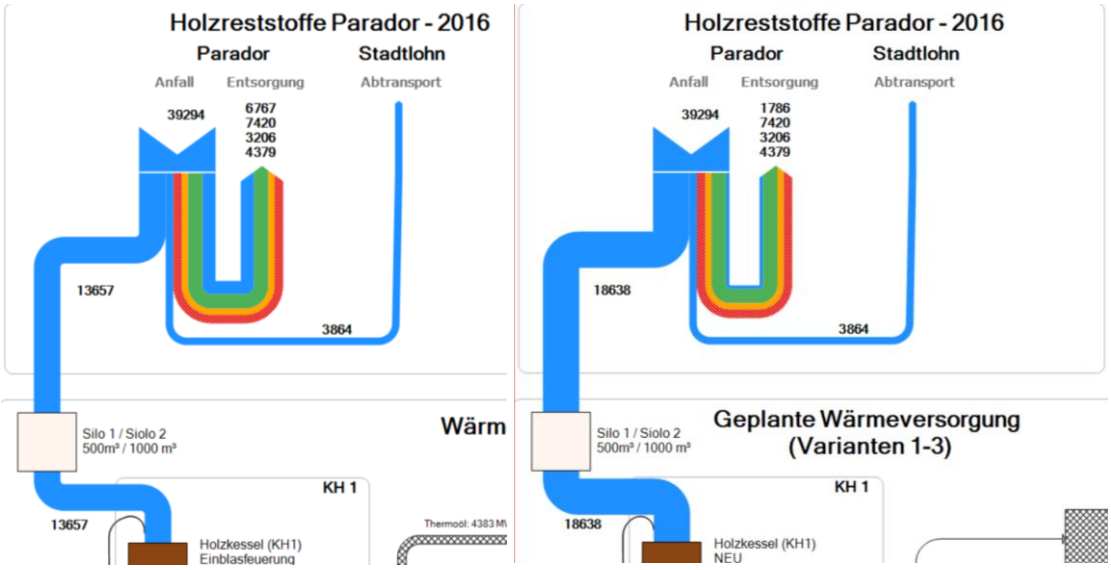
Weitere

6.3.3 Länderspezifische Förderung – PIUS Check

Diesbezügliche Fördermöglichkeiten (für die Studie) bestehen, wurden jedoch nicht weiterverfolgt da eine Förderzusage bzgl. Wärmegutscheine vorliegt.

6.4 Variantenvergleich / Wirtschaftlichkeit inkl. Förderung

Aufgrund der Substitution von Heizöl EL durch Holz kann der TÖ-Kessel im KH 3 (Ness-Kessel) von 5.800 MWh/a Hu auf 0 MWh/a zurückgefahren werden. Hierdurch erhöht sich der Holzbedarf für den neuen Kessel wie nachfolgend gezeigt (links IST-Zustand 2016, rechts geplanter Zustand mit neuer Anlage bzgl. Energiebedarfe 2016).



Dies führt zu einer CO2-Einsparung in Höhe von 1.409 t/a CO2.

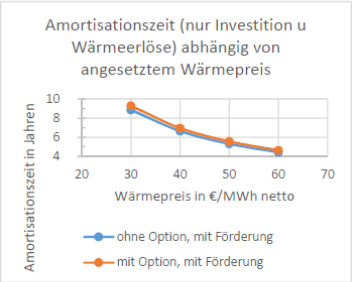
Nachfolgende Darstellungen zeigen für jede Erzeugungsvariante (ohne ORC-Anlage, ohne Versorgungsszenario weiterer externer Wärmekunden) wie folgt:

- Diagramm mit Amortisationszeit
  (berücksichtigt wurde die Investition mit/ohne Förderung. Betriebskosten und Brennstoffeinsparungen wurden nicht berücksichtigt)
  Als Ergebnis wird für angenommene Wärmepreise eine Amortisationszeit errechnet.
- Minderung der Holz-Entsorgungskosten (bei Angenommenen 50 €/t)
- Minderkosten Heizölbezug für den Thermoölkessel (bei angenommenen 60 €/MWh HEL)

Variante 1: TÖ-Kessel mit TÖ-WW-WT (Einkesselanlage Biomasse)

Wärmelieferung neue Anlage(n)	16.927	MWh/a
angenommener Wärmepreis	30	€/MWh
angenommene Wärmeerlöse	507.810	€/a

	ohne Option	mit Option
Amortisationszeit in Jahren ohne Förderung (o. Betriebskosten)	9,2	9,6
Amortisationszeit in Jahren mit Förderung (o. Betriebskosten)	**8,9**	**9,3**



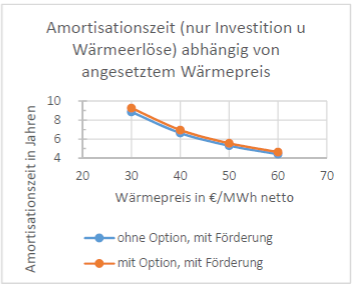
Änderung Holz-/Ölkosten (ohne Betrachtung ORC oder weitere externe Wärmekunden)

Ölpreis	60	€/MWh
Wärme über Holz zusätzlich (TÖ)	4.383	MWh/a
Vermiedene Ölkosten	**262.980**	**€/a**
Zusätzl. zu entsorgende Holzmenge	1.083	t/a
Holzentsorgungskosten spezifisch	50	€/t
Holzentsorgungskosten	**54.138**	**€/a**
Summe: Vermiedene Kosten	**317.118**	**€/a**
Vermiedene Kosten in 15 J.	**4.756.768**	€

Variante 2: TÖ-Kessel & WW-Kessel (Zweikesselanlage Biomasse)

Wärmelieferung neue Anlage(n)	16.927	MWh/a
angenommener Wärmepreis	30	€/MWh
angenommene Wärmeerlöse	507.810	€/a

	ohne Option	mit Option
Amortisationszeit in Jahren ohne Förderung (o. Betriebskosten)	9,2	9,6
Amortisationszeit in Jahren mit Förderung (o. Betriebskosten)	**8,9**	**9,3**



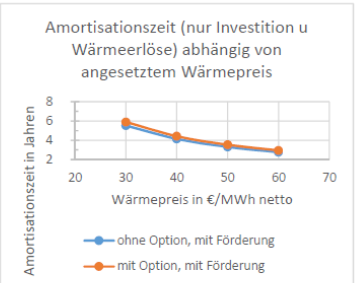
Änderung Holz-/Ölkosten (ohne Betrachtung ORC oder weitere externe Wärmekunden)

Ölpreis	60	€/MWh
Wärme über Holz zusätzlich (TÖ)	4.383	MWh/a
Vermiedene Ölkosten	**262.980**	**€/a**
Zusätzl. zu entsorgende Holzmenge	1.083	t/a
Holzentsorgungskosten spezifisch	50	€/t
Holzentsorgungskosten	**54.138**	**€/a**
Summe: Vermiedene Kosten	**317.118**	**€/a**
Vermiedene Kosten in 15 J.	**4.756.768**	€

Variante 3: TWW-Kessel mit TÖ-ECO (Einkesselanlage Biomasse)

Wärmelieferung neue Anlage(n)	16.927	MWh/a
angenommener Wärmepreis	30	€/MWh
angenommene Wärmeerlöse	507.810	€/a

	ohne Option	mit Option
Amortisationszeit in Jahren ohne Förderung (o. Betriebskosten)	5,8	6,2
Amortisationszeit in Jahren mit Förderung (o. Betriebskosten)	**5,5**	**5,9**



Änderung Holz-/Ölkosten (ohne Betrachtung ORC oder weitere externe Wärmekunden)

Ölpreis	60	€/MWh
Wärme über Holz zusätzlich (TÖ)	4.383	MWh/a
Vermiedene Ölkosten	**262.980**	**€/a**
Zusätzl. zu entsorgende Holzmenge	1.083	t/a
Holzentsorgungskosten spezifisch	50	€/t
Holzentsorgungskosten	**54.138**	**€/a**
Summe: Vermiedene Kosten	**317.118**	**€/a**
Vermiedene Kosten in 15 J.	**4.756.768**	€

7. Zusammenfassung und Empfehlung

Es lässt sich wie folgt feststellen:

- Die Wirtschaftlichkeit einer Holzenergieanlage ist am Standort Parador gegeben. Demnach sollte zukünftig nicht nur das WW-Netz sondern auch das TÖ-Netz möglichst weitgehend mit Holz als Energieträger beheizt werden
- Bzgl. der Konzeption der Holzenergieanlage wurden mehrere Anlagenkonzepte beschrieben. Alle Konzepte basieren auf den Holzsortimenten die frei von halogenorganischen Stoffen (Chlor) sind (rechte Spalte Kapitel 2.1.3).
  Je nach Konzept kommen verschiedene Lieferanten in Frage. Hierbei ergeben sich geringfügige Unterschiede in Hinblick auf die Energiebereitstellung, sowie große Unterschiede hinsichtlich der Investitionskosten.
- Die heutige Energiebereitstellung wird u. A. in den Kapiteln 2.5 und 2.8.6 gezeigt, die zukünftige Wärmebereitstellung ist in Kapitel 4.3 dargestellt.
  Ergänzend zu den durchgeführten Berechnungen empfehlen wir kurzfristig eine Wärmemengenmessung im Bereich der Wasserhydraulik zu installieren, um die Annahmen zum Bedarf zu verifizieren (Kosten ca. 5.000 und 8.000 €) und weitere Optimierungsmaßnahmen einleiten zu können.
- Im Zuge der Erneuerung der Kesselanlagen sollte auch die Wasserhydraulik optimiert werden. Für den Pumpentausch und den hydraulischen Abgleich kann hierbei auf KfW-Förderprogramme zurückgegriffen werden. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hierzu ist erst nach Festlegung des genauen Kesselkonzepts in einer nächsten Planungsphase möglich, beispielhafte Berechnungen erfolgten jedoch bereits. So zeigt Kapitel 4.6 das unter Berücksichtigung der Förderung sowohl ein Pumpentausch als auch die geplanten Umbauten zur hydraulischen Optimierung zielführend sind. In diesem Zusammenhang empfehlen wir auch die Installation eines Wärmespeichers.
- Die Nutzung von Holzüberschüssen zur Eigenstromerzeugung (Abwärmenutzung mittels ORC-Anlage) ist bei Einsatz eines WW-Systems (Input ORC) auch unter Berücksichtigung der KfW-Förderung nicht wirtschaftlich darstellbar (vgl. Kapitel 3.6). Der Einsatz einer Anlage mit TÖ-Input ist nur für größere Anlagen (ab 500 kWel) möglich. Diese Variante ist zu groß für die verfügbaren Holzmengen.
  Eine Sektorenkopplung wäre am Standort somit lediglich möglich, wenn eine PtH-Anlage errichtet würde (im Zusammenhang mit dem Wärmespeicher – dies wurde in der Studie nicht untersucht).
- Vor dem Hintergrund der Holzüberschüsse (die ohne Zubau der ORC-Anlage auch mit der neuen Variante entstünden) sollte versucht werden neben Parador auch externe Wärmekunden zu versorgen. Dies geschieht bereits heute mit dem Kunden Halco. Zielsetzung muss sein den Wärmeabsatz zur Fa. Halco zu erhöhen (den Ölbedarf der Fa. Halco weiter zu reduzieren). Der derzeitige Heizölbedarf der Fa. Orbilan sollte komplett durch die Holzenergiebereitstellung ersetzt werden.

Hierzu ist eine kleine Nahwärmetrasse nötig. Kapitel 2.8.8 zeigt das Umfeld um den Standort Parador mit Zielsetzung weitere Wärmeabnehmer zu finden die zukünftig über die Anlagen Parador teilversorgt werden. Hierbei könnten unter Annahme einer Abnahme mit 2.000 Vollbenutzungsstunden neuer Wärmekunden etwa 1.179 MWh/a MWh/a Wärme zusätzlich an neue Wärmekunden geliefert werden. Wir empfehlen mit den in Kapitel 2.8.8 aufgeführten Unternehmen (weitere) Gespräche zu führen und für die interessantesten Abnehmer detailliertere Untersuchung / Verhandlungen zu führen.

- Der Einsatz der Solarthermie als Alternative oder Ergänzung zum erneuerbaren Energieträger Holz ist – wie in Kapitel 4.5 gezeigt - am Standort nicht darstellbar.
- Als Terminschiene ist wie folgt geplant:
    - Vor-/Entwurfsplanung, Genehmigungsplanung in 2018,
    - Ausschreibung 2018/2019,
    - Bau 2019 (Umbauten sollten im Sommer 2019 erfolgen).
- Nach Umsetzung der Maßnahmen können folgende Wärmeenergiemengen von fossiler auf erneuerbare Energieträger umgestellt werden:
    - Hochtemperaturwärme 4.383 MWh/a (TÖ-Netz)
    - Niedertemperaturwärme abhängig von Anschlusszenario (WW-Netz)

  Hierbei ist die komplette Hochtemperaturwärme und Anteile der Niedertemperaturwärme Parador dem Bereich der technischen Wärme zuzuordnen.
- Durch die Maßnahmen ergeben sich CO2-Einsparungen von ca. 1.400 t/a (TÖ-Netz Versorgung zukünftig über Holz), sowie zusätzliche Mengen abhängig vom gewählten Szenario (Versorgung externer Wärmekunden).
- Bezüglich der Investitionskostenschätzung verweisen wir auf das Kapitel 6.2, ein wirtschaftlicher Variantenvergleich, welcher auch die in Kapitel 6.3 dargestellten Fördermöglichkeiten berücksichtigt, findet sich in Kapitel 6.4.

Hessisch Lichtenau, den 29. Januar 2018
i. A. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Tim Steindamm