

1 Organic Rankine Cycle 1 MWel

1.1 Allgemeine Informationen

Datensatzname(n):

a) Anlagenbetrieb:

„Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MWel), Waldrestholzhackschnitzel, ab Anlage“

„Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MWel), Industrierestholzhackschnitzel, ab Anlage“

„Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MWel), Kurzumtriebsplantagenholzhackschnitzel, ab Anlage“

„Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MWel), Landschaftspflegeholzhackschnitzel, ab Anlage“

b) Anlagenbau/abriss

„Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MWel), Elektrotechnik, am Standort“

„Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MWel), ORC Modul, am Standort“

„Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MWel), Bautechnik, am Standort“

„Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MWel), Maschinentechnik, am Standort“

c) Hilfsprozesse (KUP Bereitstellung)

„Kurzumtriebsplantagen-Hackschnitzel (Weide, Wassergehalt 50%) Transport frei Trockner“

„Kurzumtriebsplantagenhackschnitzel (Weide) Trocknung, ab Trockner“

„Kurzumtriebsplantagenholzhackschnitzel (Wassergehalt 23%) Transport, frei Hackschnitzel-Lager“

Zeit: Anlagenbestand 2010

Geographie: Deutschland

Technologie und Beschreibung:

Die Prozesse „Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MWel), ...hackschnitzel, ab Anlage“ bilanzieren den Betrieb einer ORC Anlage mit 1 MWel einschließlich des Eigenstrombedarfs, der Betriebsmittel (Schmieröl, Wasser, Silikonöl) und des Brennstoffes sowie der Ascheentsorgung.

Die Anlage stammt von der Firma Kohlbach und wurde im Jahr 2004 in Betrieb genommen. Betreiber ist eine gemeinsam von den Stadtwerken Esslingen, der Stadt Ostfildern und der

KWA Contracting AG gegründete Gesellschaft. Standort ist die Kommune Scharnhäuser Park.

Als Brennstoffe kommen zum Einsatz: Waldrestholzhackschnitzel, Landschaftspflegeholzhackschnitzel, Industrierestholzhackschnitzel und Kurzumtriebsplantagenholzhackschnitzel.

Im Prozess „Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MW_{el}), Elektrotechnik, am Standort“ werden die Materialaufwendungen zum Bau der Elektrotechnik einer ORC Anlage mit 1 MW_{el} (Transformatoren, Elektrokabel, Kraftwerkssteuerung, Instrumentierung) sowie der Abriss (Müllverbrennung, Deponierung oder Recycling) bilanziert.

Der Prozess „Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MW_{el}), ORC Modul, am Standort“ beinhaltet die Materialaufwendungen zum Bau des ORC Moduls (Lebensdauer: 15a) und seine Entsorgung.

Bilanziert werden die Materialaufwendungen der Bautechnik einer ORC Anlage mit 1 MW_{el} (inkl. Erdarbeiten) (Lebensdauer: 50a) sowie der Abriss (Müllverbrennung, Deponierung oder Recycling) im Prozess „Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MW_{el}), Bautechnik, am Standort“.

In „Organic Rankine Cycle- Anlage (1 MW_{el}), Maschinenteknik, am Standort“ werden die Materialaufwendungen zum Bau der Maschinenteknik einer ORC Anlage mit 1 MW_{el} (Feuerung, Thermoölkessel, Asche- und Schlackeabfuhr, Brennstofflager/-zuführung, Rauchgasreinigung/ -führung, Luftführung, Rohrsysteme, Wärmetauscher, Nebenanlagen) sowie der Abriss (Müllverbrennung, Deponierung oder Recycling). (ohne Mineralwolle und Keramikfaser) bilanziert.

Der Prozess „Kurzumtriebsplantagen-Hackschnitzel (Weide, Wassergehalt 50%) Transport frei Trockner“ beschreibt den LKW Transport der erntefrischen KUP- Hackschnitzel über 20 km zum Trockner.

Der Prozess „Kurzumtriebsplantagenhackschnitzel (Weide) Trocknung, ab Trockner“ beschreibt einen Bandtrockner zum Trocknen von Kurzumtriebsplantagenholzhackschnitzeln.

KUP-Weide- HS werden gleichmäßig auf einem luftdurchlässigen Trocknerband aufgebracht. Umgebungsluft wird von einem Absaugventilator durch Wärmetauscher sowie die Produktschicht und das Gewebband von oben nach unten hindurchgesaugt bevor sie weitgehend mit Wasser gesättigt ins Freie entweicht. Am Ende des Trocknungsbands wird das vorgetrocknete Gut mit einer Rückführschnecke zu einer Verteilschnecke gefördert und dort auf die erste noch feuchtere Produktschicht aufgetragen und nochmals getrocknet. Am Ende des Trockners wird die obere trockene Produktschicht abgeschält und die untere, vorgetrocknete Schicht wieder zurückgeführt. Durch die Luftführung von oben nach unten wirkt die untere Produktschicht zusammen mit dem Gewebband als Filter, der die Staubemissionen minimiert.

Der Prozess „Kurzumtriebsplantagenholzhackschnitzel (Wassergehalt 23%) Transport, frei Hackschnitzel-Lager“ beschreibt den Transport per LKW über 20 km zur Anlage.

Datensatzersteller:

Kirsten Biemann (KIT)

1.2 Modellierung und Validierung

Für den Bau der ORC Anlage werden Planungsdaten aus den Jahren 2002/2003 verwendet (Quelle: Briem et al. 2004) welche detaillierte Materiallisten enthalten. Die Lebensdauer der gesamten Anlage beträgt 20 Jahre, wobei das ORC Modul nach 15 Jahren ersetzt werden muss, die Bautechnik hingegen 50 Jahre hält.

Für das im Anlagenbau eingesetzte Holz wird eine Dichte von 690 kg/m³ (Hartholz) angenommen und zur Umrechnung von kg (s. Briem) in m³ verwendet.

Die Lagerverluste der Hackschnitzel werden vernachlässigt, da das Lager alle paar Tage neu gefüllt wird.

Für die ORC Anlage wurden folgende Daten angenommen (Briem et al. 2004):

- Anlagenkapazität: 1 MW_{el} bzw. 6,26 MW_{th}
- 90°C Vorlauftemperatur
- Feuerungswärmeleistung: 8.7 MW
- Kesselleistung: 7.61 MW
- Kesselwirkungsgrad: 87.5%
- Wärmegeführte Betriebsweise
- Volllaststunden: 4.890 h/a (Wärme) und 4600 h/a (Strom)
- Nutzungsgrad: 10,6 % elektrisch; 70,4% thermisch
- Prozessenergie/ Strombedarf: 0,12 MJ_{el}/MJ_{out}
- Betriebsmittelverbräuche: Frostschutzmittel, Wasser, Silikonöl und Schmieröl: Statt Silikonöl (Polydimethylsiloxan) wird mangels Daten Methylchlorid, eine Vorstufe bei der PDMS Herstellung, verwendet.

Verbrennung von Waldrestholz hackschnitzeln:

- SO₂-, NO_x-, Staub-, NMVOC-, CH₄-, N₂O-, PAH-, HCl-, TCDD- Emissionen aus Gemis 4.7 "Holz-HS-Waldholz-ORC-HKW 5MW DE 2010-th/en"
- CO-, As-, Cd-, Cr-, Ni- und Pb- Emissionen aus ProBas "Holz-HS-Waldholz-HKW-ORC-2010/brutto"
- biogene Kohlendioxidemissionen wurden anhand des Kohlenstoffgehaltes (49,8% in der TM) im Holz berechnet
- Heizwert: 11,335 MJ/kg
- Wassergehalt: 35%
- Aschegehalt: 0,6 % der TM
- Anteil der Grobasche an der Gesamtasche: 80% (nach FNR: Leitfaden Bioenergie Tab. 4-14)
- Anteil der Feinasche an der Gesamtasche: 20% (nach FNR: Leitfaden Bioenergie Tab. 4-14)
- Grobasche Inhaltsstoff K₂O: 6,4% der Trockensubstanz (nach FNR: Leitfaden Bioenergie Tab. 4-16)
- Grobasche Inhaltsstoff P₂O₅: 2,6% der Trockensubstanz (nach FNR: Leitfaden Bioenergie Tab. 4-16)

Industrierestholz:

- Emissionen nach Briem et al. 2004
- CO₂- Emissionen (biogen) berechnet anhand des Kohlenstoffgehaltes von Holz.
- Heizwert: 3,11 kWh/kg (nach Wolff 2004)
- Wassergehalt: 35%

- Aschegehalt: 0,86% (nach Wolff 2004) (80% Grobasche, 20% Feinasche)

Landschaftspflegeholz:

- Emissionen aus Messprotokoll (worst case) für 70% Landschaftspflegeholz und 30% Waldrestholz (Heizwert: 0,65 MWh/m³, Wassergehalt 55%) (aus Fink 2007)
- CO₂- Emissionen (biogen) berechnet anhand des Kohlenstoffgehaltes von Holz
- Heizwert: 2,72 kWh/kg (nach Wolff 2004)
- Wassergehalt: 42% (nach Wolff 2004)
- Aschegehalt: 8,7% der TM (nach Wolff 2004) (80% Grobasche, 20% Feinasche)

Kurzumtriebsplantagenholz:

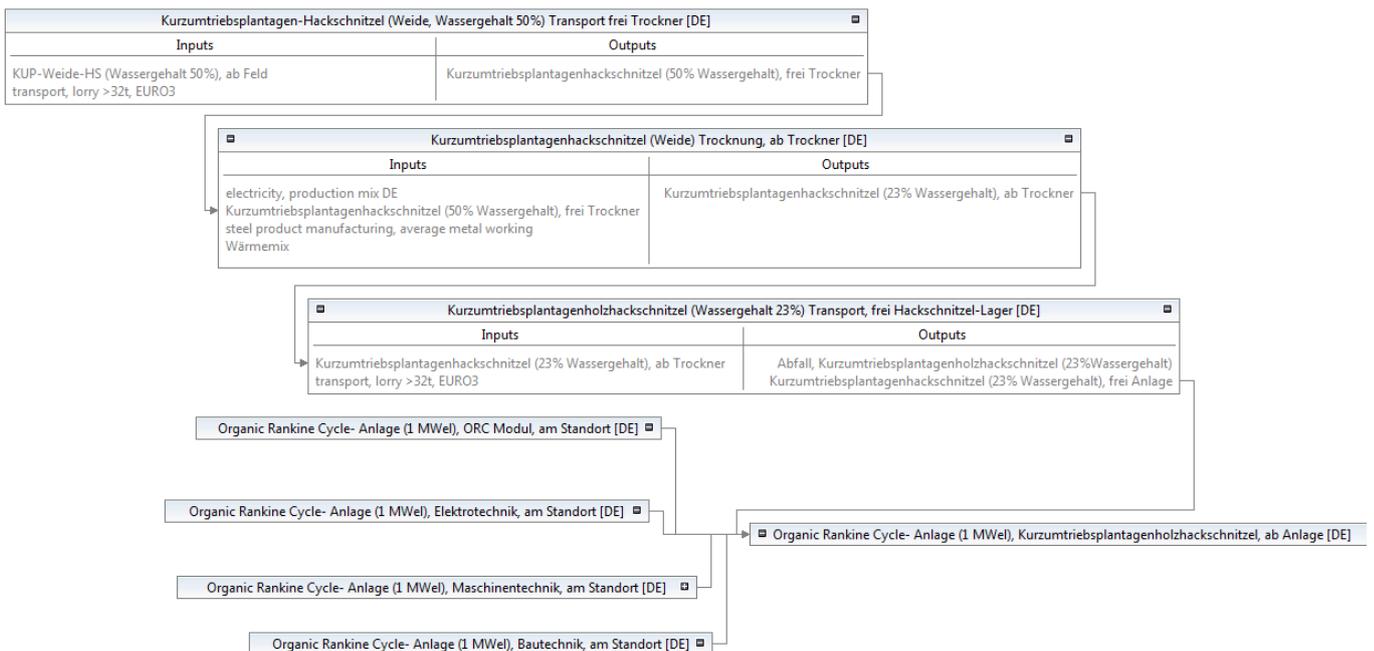
- Emissionen aus ProBas "Holz-HS-KUP-Pappel-HKW-ORC-SNCR-2010/brutto"
- CO₂- Emissionen (biogen) berechnet anhand des Kohlenstoffgehaltes von Holz
- Heizwert: 12,95 MJ/kg
- Wassergehalt: 23,08%
- Aschegehalt: 1,39% der FM (80% Grobasche, 20% Feinasche)

KUP Trocknung:

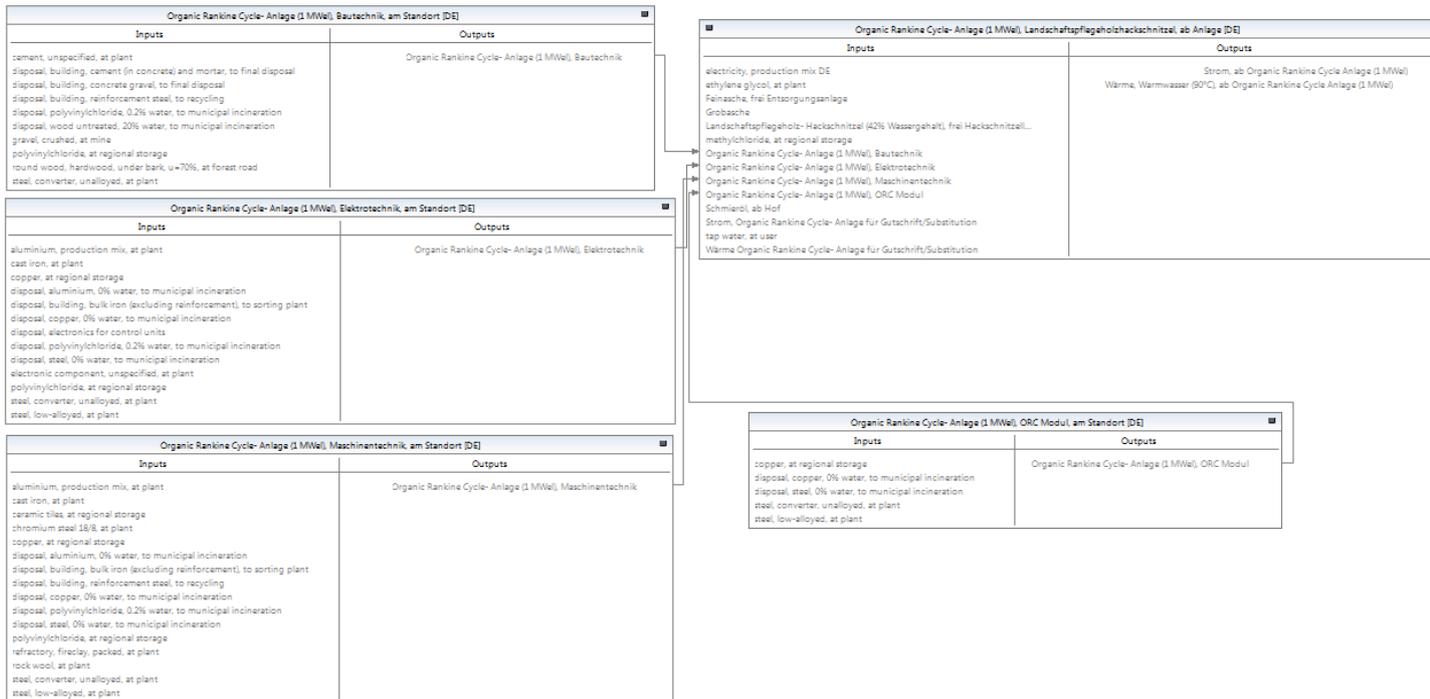
Verdampfungsleistung:	1,2 t/h (Swiss Combi)
Bandfläche:	34 m ² (SWISS Combi)
Gewicht (gesamt):	22 t (SWISS COMBI)
Wärmebedarf:	1,2 kWh _{th} /kg _{Wasser verdampft} (SWISS COMBI, Kahl 2012)
Strombedarf:	0,0372 kWh _{el} /kg _{Wasser verdampft} (SWISS COMBI)
Nutzungsdauer:	20a (Swiss Combi)
Wassergehalt ein:	50 m-%, (FNR: Leitfaden Bioenergie)
Wassergehalt aus:	23,075 m-% (Gemis 4.7)

1.3 Prozesskette

Die Prozesskette für den Prozess mit KUP (ohne Vorketten) sieht wie folgt aus:



Im folgenden Bild sind noch einmal nur die Prozesse zum Anlagenbau und der Anlagenbetrieb (mit WRH) näher gezeigt. Die anderen Prozessketten sehen analog aus.



Im Anhang befinden sich Excel- Dateien mit den Sachbilanzergebnissen.

1.4 Quellen

[GEMIS 4.7]: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme Version 4.7

[Briem 2004]: Briem et al.: Lebenszyklusanalysen ausgewählter Stromerzeugungstechniken, 2004

[ProBas]: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente
<http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>

[Fink 2007]: Jochen Fink: Holzheizkraftwerk Scharnhäuser Park, 2007
http://www.duh.de/uploads/media/6_Fink_291107_01.pdf