

# 1 Dampfturbine 5 MWel

## 1.1 Allgemeine Informationen

### Datensatzname(n):

#### a) Anlagenbau

„Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Maschinen- und Elektrotechnik, am Standort“

„Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Bautechnik, am Standort“

#### b) Anlagenbetrieb

„Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 5 MWel), Kurzumtriebsplantagenhackschnitzel, ab Anlage“

„Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Waldrestholzhackschnitzel, ab Anlage“

„Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Landschaftspflegeholzhackschnitzel, ab Anlage“

„Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Industrierestholzhackschnitzel, ab Anlage“

#### 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:

Betrachtet wird eine Dampfturbine mit 6,1 MWel mit den Brennstoffen Waldrestholzhackschnitzel (WRH), Landschaftspflegeholzhackschnitzel (LPH) und Industrierestholzhackschnitzel (IRH) sowie eine Dampfturbine mit 5,06 MWel (13,86 MWth) und Kurzumtriebsplantagenholzhackschnitzeln (KUP).

Im Prozess „*Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Maschinen- und Elektrotechnik, am Standort*“ werden die Materialaufwendungen zum Bau und Erhalt (Reparaturen) der Maschinen- und Elektrotechnik einer DT Anlage mit 6.1 MWel über ihre Lebensdauer von 20 Jahren sowie der Abbruch/ Entsorgung (ohne rock wool, silicone, graphite, polyester, electronic component, ceramic tiles) bilanziert (nach Briem et al. 2004)

Der Prozess „Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MW<sub>el</sub>), Bautechnik, am Standort“ beinhaltet die Materialaufwendungen und die Erdarbeiten zum Bau der Bautechnik einer DT Anlage mit 6.1 MW<sub>el</sub> über die Lebensdauer von 50 Jahren sowie der Abriss/ Entsorgung (ohne ceramic tiles, zinc, titanium zinc plate, silicone product) (nach Briem et al. 2004).

Die Prozesse „Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 5 MW<sub>el</sub>), ...hackschnitzel, ab Anlage“ bilanzieren den Betrieb einer DT Anlage mit 6.1 MW<sub>el</sub> einschließlich des Eigenstrombedarfs, der Betriebsmittel (Schmieröl, Wasser, Frostschutzmittel) und des Brennstoffes sowie der Ascheentsorgung.

Technische Daten der Anlage (WRH, IRH und LPH) nach Briem et al. 2004 (HKW Pfaffenhofen):

- Anlagenkapazität Strom: 6,1 MW<sub>el</sub>
- Feuerungswärmeleistung: 26.7 MW
- Kesselleistung: 23.3 MW
- Kesselwirkungsgrad: 87.3%
- Vollaststunden Strom: 6560 h/a
- Vollaststunden Wärme: 4660 h/a
- Nutzungsgrad elektrisch: 19,5%
- Nutzungsgrad thermisch: 50,1%
- Prozessenergie/ Strombedarf: 0,1 MJ<sub>el</sub>/MJ<sub>out</sub>
- Abgasreinigung durch Multizyklon und Elektrofilter

Technische Daten der Anlage für KUP nach Gemis 4.7:

- 5.06 MW<sub>el</sub>
- Vollaststunden: 8000 h/a
- Nutzungsgrad: 23 %
- Elektrofilter

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 Gewebiband 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 Gewebiband 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 Anlage werden Daten einer detaillierten Untersuchung des Biomasse-HKW Pfaffenhofen/Ilm in Bayern verwendet (Quelle: Briem et al. 2004). Anhand von Bauplänen und Materialmenge/ Eigenschaften wurden Massenbilanzen erstellt.

Bilanziert werden die Materialaufwendungen und die Erdarbeiten zum Bau und Erhalt (Reparaturen) der Anlage über ihre Lebensdauer von 20 a.

Zur Anlage gehören:

- Bautechnik (Betriebsgebäude, Verwaltungsgebäude, Außenanlagen, Baugrube, Kanalleitungen etc)
- Maschinentechnik (Kessel und Dampferzeuger, Brennstofflager und -zufuhr, Asche- und Schlackeabfuhr, Speisewasserhaltung und Pumpen, Primär- und Sekundärluftzufuhr, Rauchgasführung und -reinigung, Turbine mit Zubehör, Wärmetauscher, Nebenaggregate)
- Elektrotechnik (Generator, Drehstromtransformator, elektrische Leitungen, Steuerungskomponenten)

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

Für das im Anlagenbau eingesetzte Holz wird eine Dichte von 690 kg/m<sup>3</sup> (Hartholz) angenommen und zur Umrechnung von kg (s. Briem) in m<sup>3</sup> verwendet.

### **Betrieb Heizkraftwerk (Dampfturbine):**

Bestände und Verbräuche von Betriebsstoffen (Speisewasser, Öl, Frostschutzmittel) sowie der Eigenstromverbrauch wurden durch Vor-Ort-Erfassung im Kraftwerk, Befragung des Betreibers und rechnerische Plausibilitätskontrollen ermittelt. Quelle: Briem et al. 2004

### **Verbrennung von Waldrestholz:**

Emissionen der Biomasseverbrennung (NO<sub>x</sub>, CO und Staub) werden nach Briem et al. 2004 angenommen, da diese aus Messungen des HKW (Mittelwerte einer kontinuierlichen Messung über 4850 Betriebsstunden) stammen und daher als verlässlich gesehen werden. Da Briem et al. 2004 von der Verbrennung von naturbelassenen HS ausgeht können diese Werte auch für Waldrestholz eingesetzt werden. Sonstige Emissionen stammen (da sie bei Briem Literaturangaben entnommen sind) aus Gemis 4.7. "Holz-Waldrest-HKW-DT-DE-2030/en".

CO<sub>2</sub>- Emissionen (biogen) wurden berechnet anhand des Kohlenstoffgehaltes (49.8%) von Holz und der eingesetzten Holzmenge.

Brennstoffeigenschaften und Asche:

- Heizwert: 11,335 MJ/kg
- Aschegehalt: 1,6 % 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  $K_2O$ : 6,4% der Trockensubstanz (nach FNR: Leitfaden Bioenergie Tab. 4-16)
- Grobasche Inhaltsstoff  $P_2O_5$ : 2,6% der Trockensubstanz (nach FNR: Leitfaden Bioenergie Tab. 4-16)

### **Verbrennung von Landschaftspflegeholz:**

Mangels Emissionsdaten wurden dieselben Werte wie für Waldrestholz angenommen und lediglich Heizwert, Wassergehalt und Aschemenge angepasst.

Brennstoffeigenschaften und Asche:

- Heizwert: 2,72 kWh/kg
- Wassergehalt: 42%
- Aschegehalt: 8,7 % der TM

### **Verbrennung von Industrierestholz:**

Emissionen der Biomasseverbrennung ( $NO_x$ , CO und Staub) stammen aus Messungen des HKW (Mittelwerte einer kontinuierlichen Messung über 4850 Betriebsstunden). Für die  $SO_x$ -, HC- und HCl-Emissionen wurden typische Literaturwerte aus vergleichbaren Anlagen genutzt. (Briem et al. 2004)

$CO_2$ - Emissionen (biogen) wurden berechnet anhand des Kohlenstoffgehaltes (49.8%) von Holz und der eingesetzten Holzmenge.

Brennstoffeigenschaften und Asche:

- Heizwert: 11,2 MJ/kg
- Wassergehalt: 35%
- Aschegehalt: 1 % der TM

### **Verbrennung von Kurzumtriebsplantagenholz:**

Emissionen der Biomasseverbrennung aus Gemis 4.7 "Holz-KUP-0LUC-HKW-DT-30/en".  $CO_2$ - Emissionen (biogen) wurden berechnet anhand des Kohlenstoffgehaltes (49.8%) von Holz und der eingesetzten Holzmenge.

Brennstoffeigenschaften und Asche:

- Heizwert: 12,95 MJ/kg
- Wassergehalt: 23,07%
- Aschegehalt: 1,39 % der FM

KUP Trocknung:

Verdampfungsleistung:	1,2 t/h (Swiss Combi)
Bandfläche:	34 m <sup>2</sup> (SWISS Combi)
Gewicht (gesamt):	22 t (SWISS COMBI)
Wärmebedarf:	1,2 kWh <sub>th</sub> /kg <sub>Wasser verdampft</sub> (SWISS COMBI, Kahl 2012)
Strombedarf:	0,0372 kWh <sub>el</sub> /kg <sub>Wasser verdampft</sub> (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 sieht ohne Vorketten) für WRH (IRH, LPH analog) wie folgt aus:

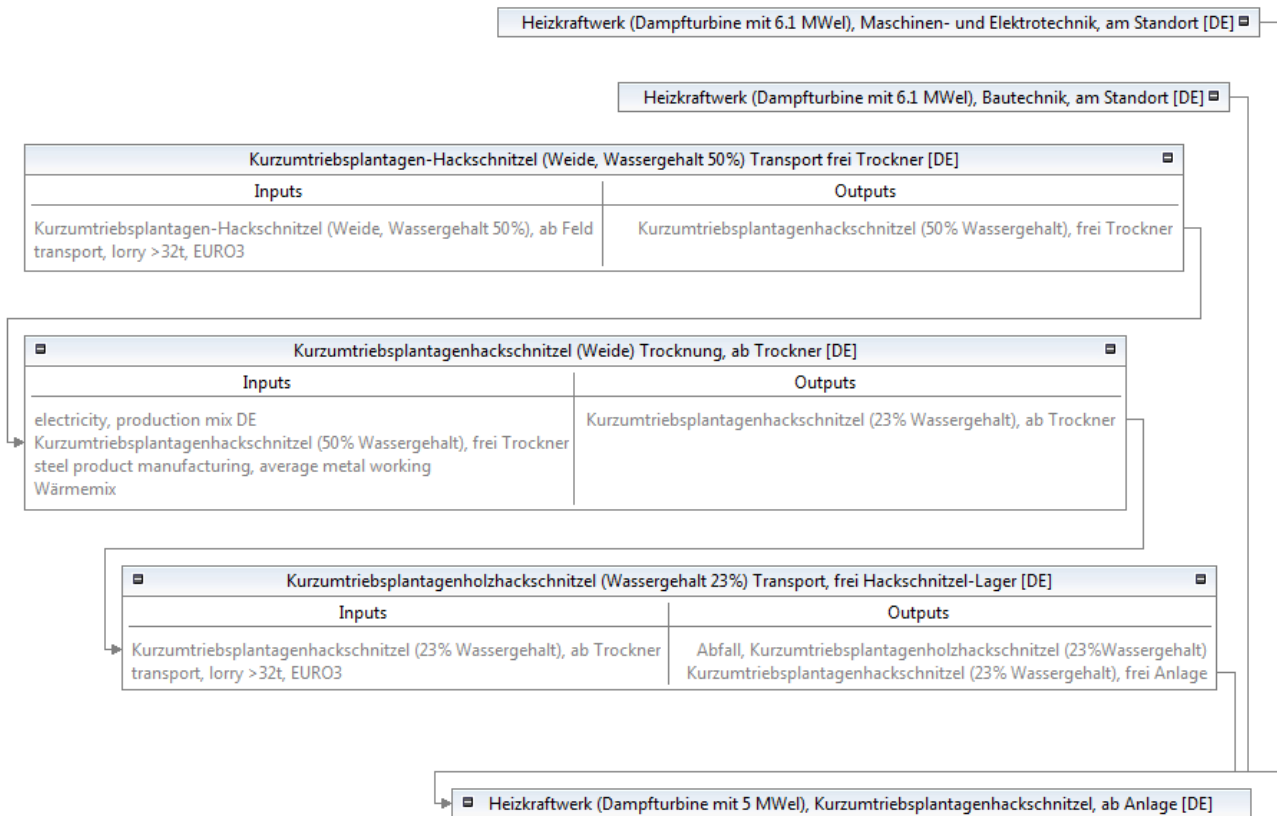
Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Maschinen- und Elektrotechnik, am Standort [DE]	
Inputs	Outputs
aluminium, production mix, at plant aluminium, production mix, wrought alloy, at plant cast iron, at plant ceramic tiles, at regional storage chromium steel 18/8, at plant copper, at regional storage disposal, aluminium, 0% water, to municipal incineration disposal, building, glass sheet, to sorting plant disposal, building, reinforcement steel, to sorting plant disposal, copper, 0% water, to municipal incineration disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration disposal, refractory SPL, Al elec.lysis, 0% water, to residual material landfill disposal, steel, 0% water, to municipal incineration electronic component, unspecified, at plant flat glass, uncoated, at plant graphite, at plant polyester resin, unsaturated, at plant polyvinylchloride, at regional storage refractory, fireclay, packed, at plant rock wool, at plant silicone product, at plant steel, converter, unalloyed, at plant steel, low-alloyed, at plant	Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Maschinen- und Elektrotechnik, am Standort

Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Bautechnik, am Standort [DE]	
Inputs	Outputs
aluminium, production mix, at plant base plaster, at plant bitumen sealing, at plant cast iron, at plant cement, unspecified, at plant ceramic tiles, at regional storage copper, at regional storage disposal, aluminium, 0% water, to municipal incineration disposal, building, bitumen sheet, to final disposal disposal, building, brick, to sorting plant disposal, building, bulk iron (excluding reinforcement), to sorting pl... disposal, building, cement (in concrete) and mortar, to final disposal disposal, building, concrete gravel, to final disposal disposal, building, glass sheet, to sorting plant disposal, building, mineral plaster, to final disposal disposal, building, reinforcement steel, to recycling disposal, copper, 0% water, to municipal incineration disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration disposal, rubber, unspecified, 0% water, to municipal incineration disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration excavation, hydraulic digger excavation, skid-steer loader flat glass, uncoated, at plant glass wool mat, at plant gravel, crushed, at mine light clay brick, at plant polyvinylchloride, at regional storage round wood, hardwood, under bark, u=70%, at forest road silicone product, at plant steel, converter, unalloyed, at plant synthetic rubber, at plant titanium zinc plate, without pre-weathering, at plant zinc, from combined metal production, at refinery	Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Bautechnik, am Standort

Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Waldrestholzackschnitzel, ab Anlage [DE]	
Inputs	Outputs
electricity, production mix DE ethylene glycol, at plant Feinmasche, frei Entsorgungsanlage Grobasche Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Bautechnik, am Standort Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel), Maschinen- und Elektrotechnik, am Standort Schmieröl, ab Hof Strom, Heizkraftwerk (Dampfturbine), für Gutschrift/Substitution tap water, at user Waldrestholz Hackschnitzel (Fichte, Wassergehalt 35%), frei Anlage Wärme, Heizkraftwerk (Dampfturbine) für Gutschrift/Substitution	Abwärme (45°C), ab Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel) Strom, ab Heizkraftwerk (Dampfturbine) Wärme, Prozessdampf (13 bar und 210°C), ab Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel) Wärme, Warmwasser (130°C), ab Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel) Wärme, Warmwasser (85°C), ab Heizkraftwerk (Dampfturbine mit 6.1 MWel)

Für KUP ist die Prozesskette folgende:



Im Anhang befinden sich Excel- Dateien mit den Sachbilanzergebnissen.

## 1.4 Quellen

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

[Brie-04]: Briem et al.: Lebenszyklusanalysen ausgewählter Stromerzeugungstechniken, 2004