

Holzbeheiztes Blockheizkraftwerk mit Heissluftturbine: Pilotanlage in Rümlang mit 450 kWt und 100 kWe

Dipl.-Ing. FH Martin Schmid, Ökozentrum Langenbruck

Zum Inhalt

- **Energie-Strategie-Vorschlag des Ökozentrums Langenbruck**
- **Regionale Energie Zentren**
- **Regionales Energie Zentrum Rümlang**
- **Heissluftturbinen-Anlage – Betriebserfahrungen, Technische Hintergründe und Wirtschaftlichkeit**
- **Ausbau zum Biomass-Combined-Cycle® BCC und zukünftige Wirtschaftlichkeit**
- **Diskussion**

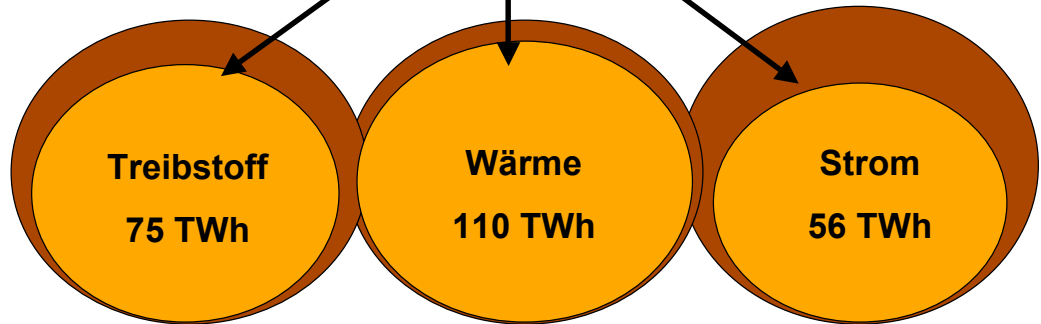


Biomasse-Energie für Wärme, Strom oder Treibstoff?

Biomassepotenzial CH
2025 (Infras)



Energiebedarf CH (2005)

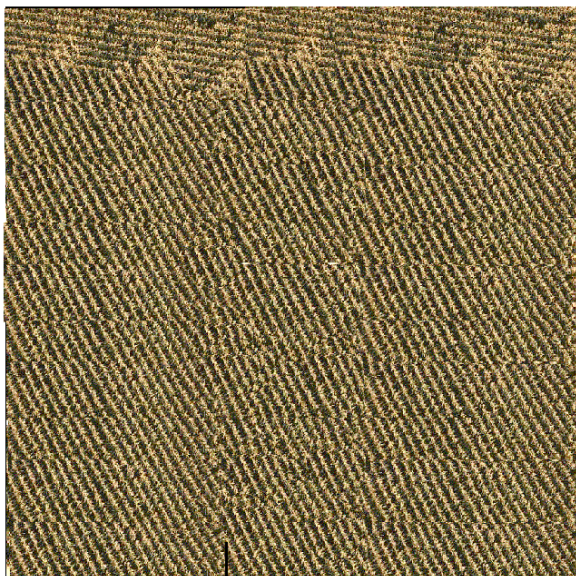


Endenergie Total 241 TWh

Primärenergie Total 327 TWh



Elektrische Mobilität Faktor >300 flächeneffizienter als mit „Agro-Treibstoff“

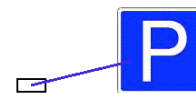


=15'000 km
à 20 kWh Strom / 100km

Solarstrom:
ca. 20 m² pro Auto
= 2 Parkplätze
= 0.002 ha



Biofuel:
ca. 1 ha pro Auto
= 10'000 m²



=15'000 km à 6.6 l Diesel / 100km

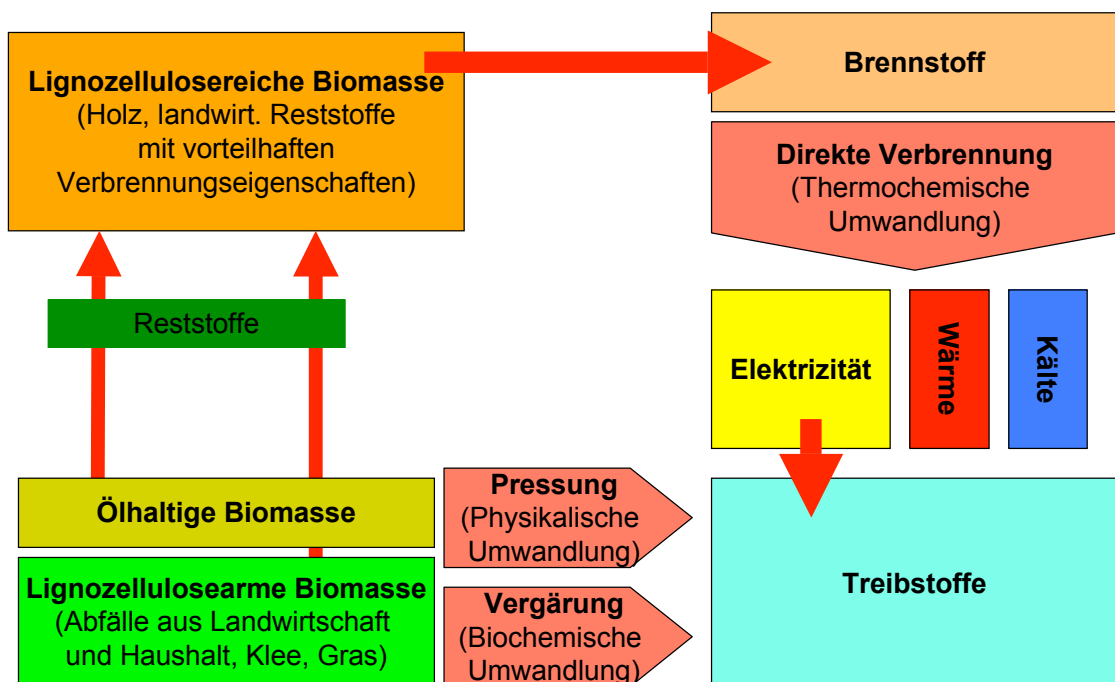


Fazit

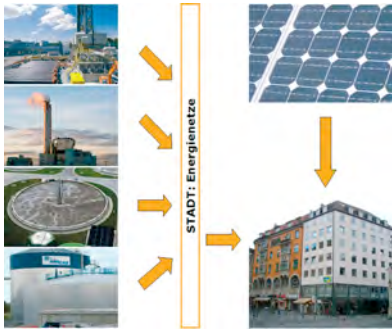
- Nur die Technische Solarenergie, sowie Wind und Geothermie können einen Grossteil der nachhaltigen Energieversorgung darstellen.
→ *Dachflächen nutzen*
- Die Biomasse soll kaskadisch und effizient genutzt werden und kann als Saisonspeicher wertvolle Dienste leisten
→ *stoffliche und danach thermische Nutzung*
- Strom wird die Leitenergie der Zukunft
→ *kein Feuer ohne Strom, Dachflächen nutzen*
- Schutz der Ressource Boden
→ *Stoffkreisläufe schliessen*



Unsere Biomasse-Nutzungs Strategie für die Schweiz und Europa



Angepasste Lösungen für Stadt und Land

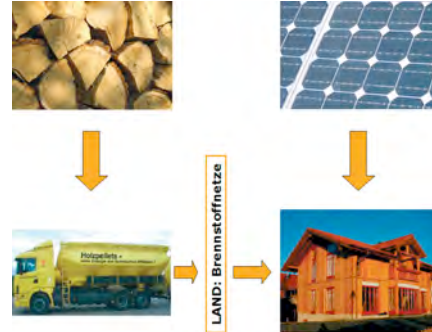


Energienetze für den urbanen Raum

Leitungsgebundene Energieverteilung für Wärme, Kälte und Strom, evtl. Gas

Mittlere und grössere Kraftwerke:

Geothermie, KVA's ggf. mit Co-Verbrennung von „schwierigen“ Biomassen.



Brennstoffnetze für den ländlichen Raum

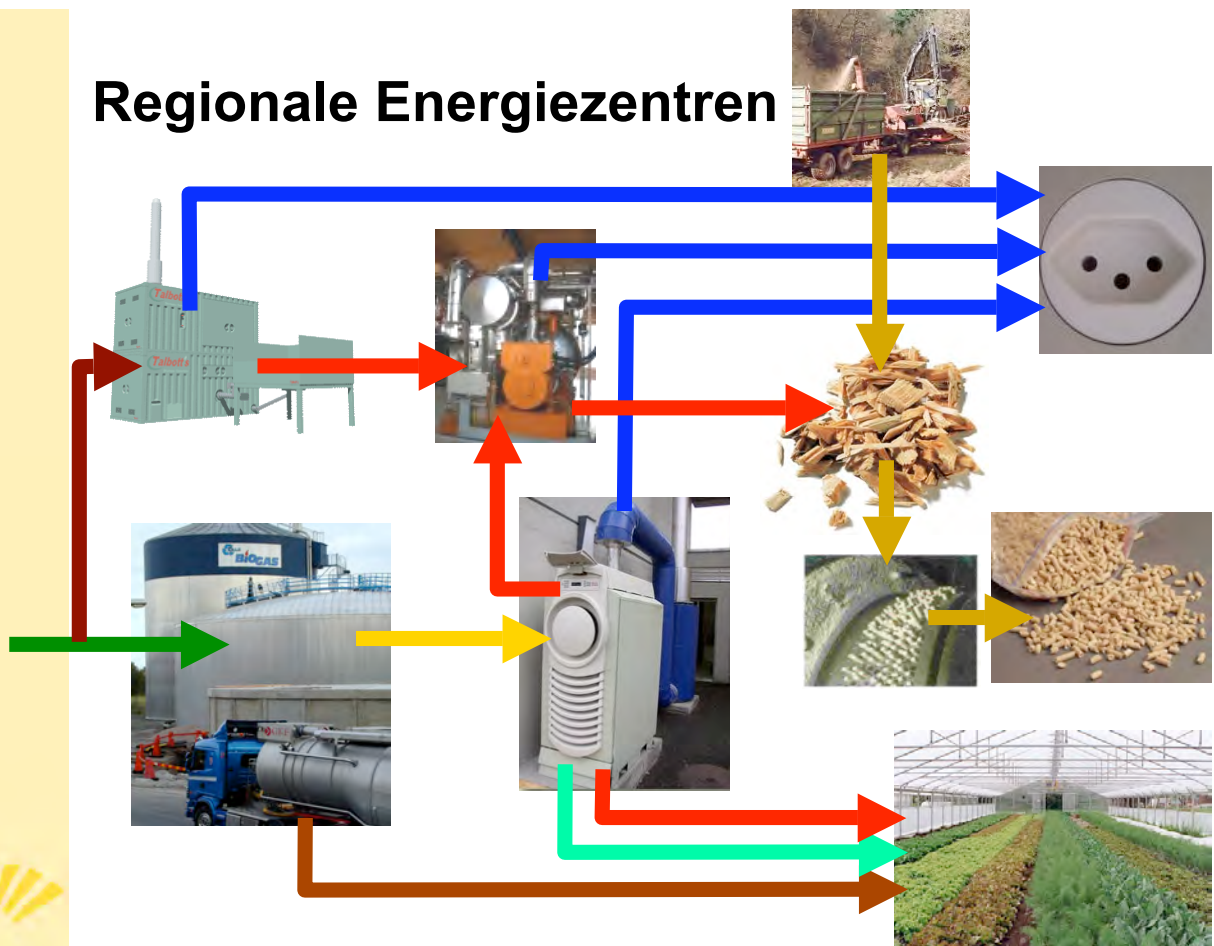
Gebäude werden mit raffinierten Bio-Brennstoffen versorgt (Pellets).

Energieverteilung über regionalen Brennstoffverbund

Dezentrale Energieanlagen

Regionale Energiezentren produzieren Brennstoff, Treibstoff und Strom

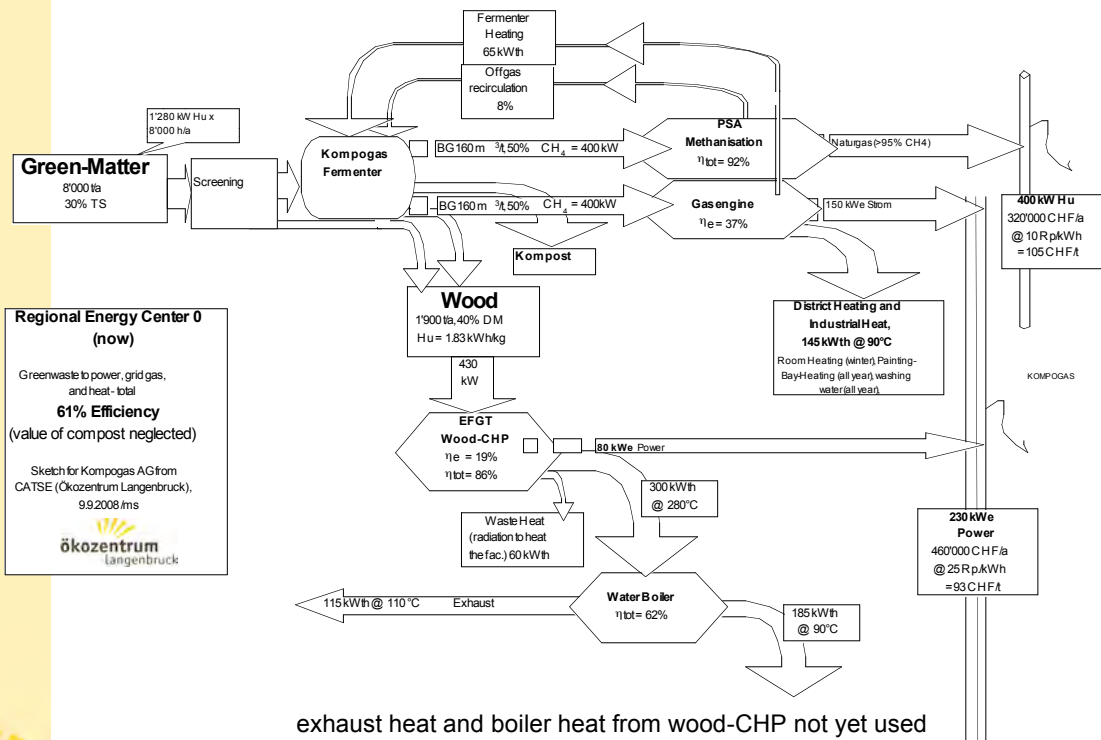
Regionale Energiezentren



Regionales Energie Zentrum Rümlang



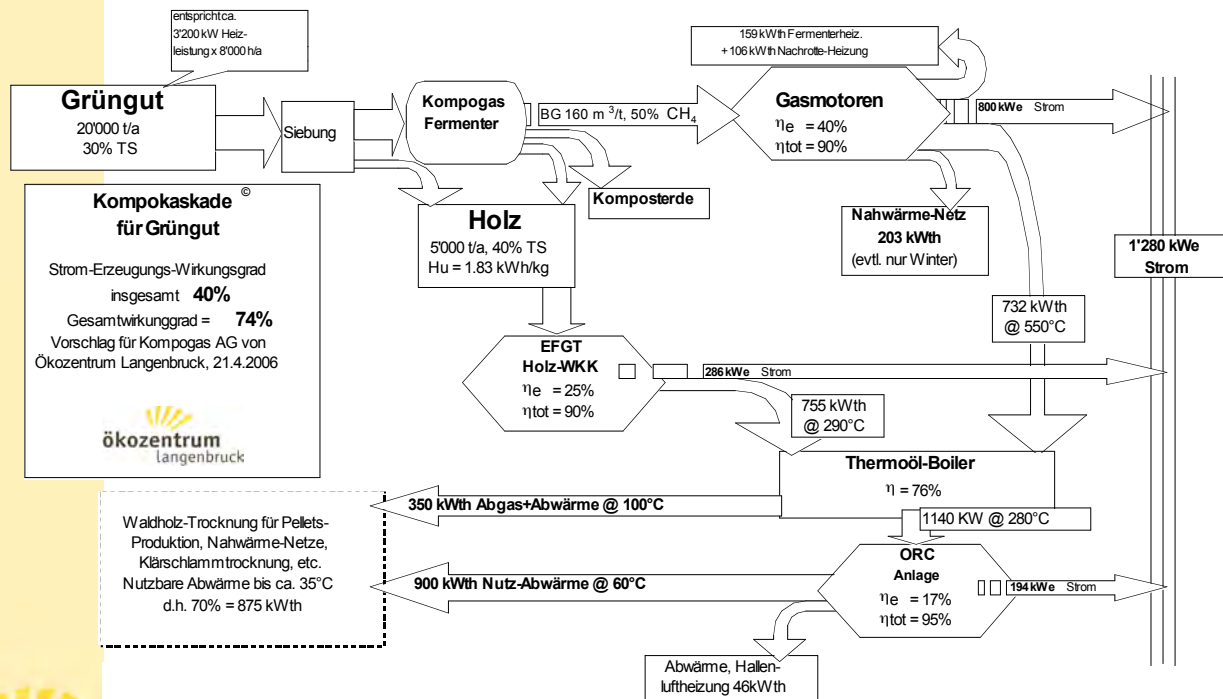
Regional Energy Center 0 (Rümlang, now)



exhaust heat and boiler heat from wood-CHP not yet used



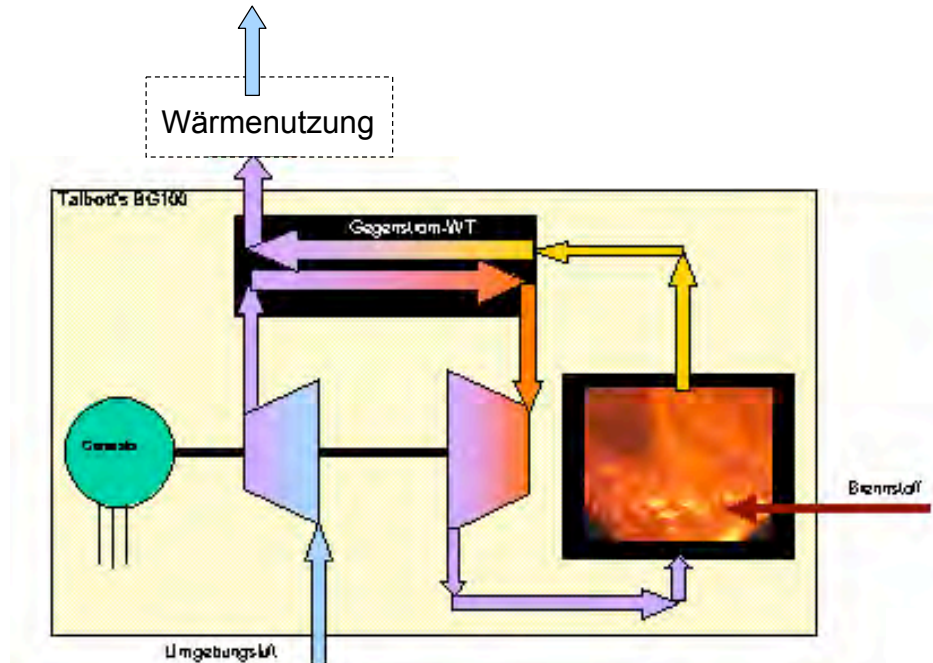
Regional Energy Center III-Power Kompokaskade[®]



BCC 1. Stufe – EFGT, jetzt



So funktioniert die Heissluftturbine



Screenshot vom 15.8.08

Biomass Generator v1.7.1

Settings:

Combuster	T1 Combustor = 809°C	T2 Combustor = 786°C	P1 Combustor = -4.4 mB	P2 Compressor = 2.71 B
T3 Screw = 30°C	T4 CHP in = 287°C	T5 Exhaust = 201°C	P3 Turbine inlet = 2.56 B	P4 Turb.exhaust = -30.9mB
T7 Hot water out = 74°C	T8 Compressor air = 184°C	T9 Turbine inlet = 14°C	Oxy = 640	DT = 4 °C
T10 Turbine exhaust = 450°C	LC1 - Full tank : ON	LC2 - Empty tank : off	CAN Init = 2	Status : T nom
S1 - Door : off	PS1 - High pressure : off	PS2 - Low pressure : off	M1 Sweeper : off 0 %	Level : none
S2 - Water valve : off	FM1 - Primary flow : off	FM2 - Secondary flow : off	M2 Rotary valve : off 0 %	T Set point : 800 °C
S3 - Container temp. : off	ES1 - Emergency : off	ES2 - Door container : off	M3 Feed screw : off	Air start 1 : off
S4 - Back flap : off	CR - Drivers ready : ON		M4 Grate forward : ON	Air start 2 : off
			M5 Grate backward : off	EM. relay : ON
			M6 I.D.Fan : ON 76 %	Pump : ON
			M7 De-ashing screw : ON	

Turbine	RPM 1 = 54490 min-1	OILP - Oil pressure : Ok	EV - El. valve : ON
T30 Turbine = 696°C	RPM 2 = 55220 min-1	OILM - Min. oil level : Ok	ACOM - Air compressor : ON
T1 Bearing = 41°C	T Oil = 88°C	ELU - Lub. unit : Ok	UOIL - Oil pump : ON
T2 Bearing = 54°C	TSW1 = 93°C	DPAF - Air filter : Ok	GENV - Generator fan : ON
T Internal temp. = 40°C	TSW2 = 93°C	STOP - Emerg. stop : Ok	
TSB = 30°C	ByPass = 0 %	HW_NADOT - HW over speed : Ok	Debug = 74039
		DPGF - Generator filter : Ok	Status : RPM corr. to

Starter	T heatsink = 0°C
Status : Stanby	AVG Current = 0.1 A
RPM = 190 min-1	

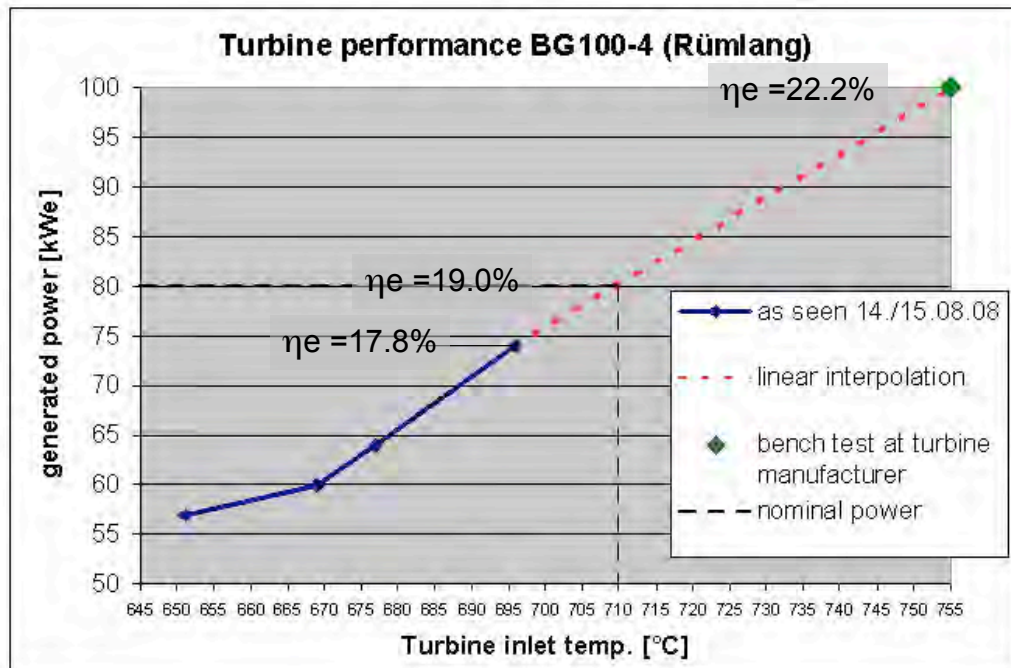
Power	Power = 74 kW	FRQ = 50 Hz
Uu = 249 V	Uv = 248 V	Uw = 249 V
Iu = 96 A	Iv = 99 A	Iw = 99 A
Pu = 25 kW	Pv = 24 kW	Pw = 25 kW
T skip = 75°C	T rect = 58°C	T sin = 70°C
T amb = 38°C		
DC Bus+ = 452 V	DC Bus- = 441 V	
Status : Grid Mode		

Buttons: Stop, Clear Error Level, Clear Error

File: 08_08_15.dat
Line: 5178
Backup: OK, 09:45:26

Tx: 10363 Rx: 303154 Err: 4 CC01: 51373 TC01: 39386 SC02: 86474 PC01: 81293 Status: writing

Leistungsverhalten befriedigend



EFGT - Vorteile und Nachteile

- Einfaches, robustes System
- Hohe Brennstoff-Flexibilität
- Vergleichsweise hoher elektrischer Wirkungsgrad
- Hohe Abgastemperatur (280°C) = gute Nutzbarkeit der Abwärme
- Grosser, einfacher Wärmetauscher, niedriger Druck
- Zur Zeit einzige verfügbare Technologie
- Erst ein Hersteller weltweit
- Grosser Massenstrom verteuert Filteranlagen
- Grosser Wärmetauscher ist grösster Kostenfaktor und Risiko bei Stahlpreis-Erhöhungen - Endkunden-Preis von 2006 bis 2008 um 22% gestiegen.



Emissionen

Lärm-Emissionen

- Ein Zuluft-Schalldämpfer ist zusätzlich anzubauen, falls die Anlage nicht in einer geschlossenen Halle aufgestellt wird.

Abgasemissionen im Rohgas, gemessen an BG100-4

- Kohlenmonoxid CO 0 bis 254 mg/m³_n (Ø 80.5)
- Stickstoffoxide NOx als NO2 0 bis 337 mg/ m³_n (Ø 83.3)

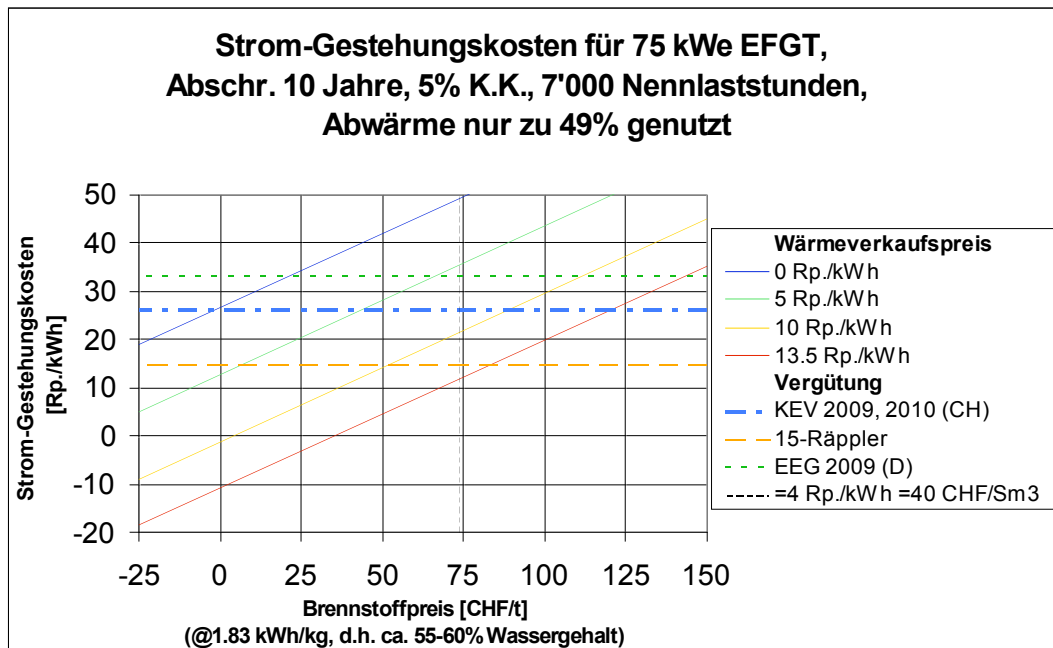
Abgasemissionen im Rohgas, Herstellerangaben für Holz, Chinaschilf und Weiden-Kurzumtrieb

- Gesamtstaub PM 50 bis 150 mg/ m³_n
- Kohlenwasserstoffe HC unterhalb des Messb.

Alle Zahlen normiert auf 13% Restsauerstoff im Abgas



Wirtschaftlichkeit der EFGT heute



Basierend auf heutigem Endkundenpreis, inkl. bauliche Massnahmen, Filter und CH-MWST
(Total = 944'000 CHF)



Betriebsunterbrüche von Sept. 2007 bis Juli 2008

- zu sensible Netzüberwachungssoftware und vermutlich ungenau kalibrierte Spannungswächter
- Nachrüstung des Schalldämpfers
- Umbauten in der Brennstofflogistik und im Entaschungssystem (Steintoleranz)
- ausgefallener Drehzahlsensor
- ausgefallene Temperaturfühler
- defekter Hilfskompressor für Pressluft
- Falschanzeige von Fehlermeldungen
- Übermotorisierte Zellradschleuse
-



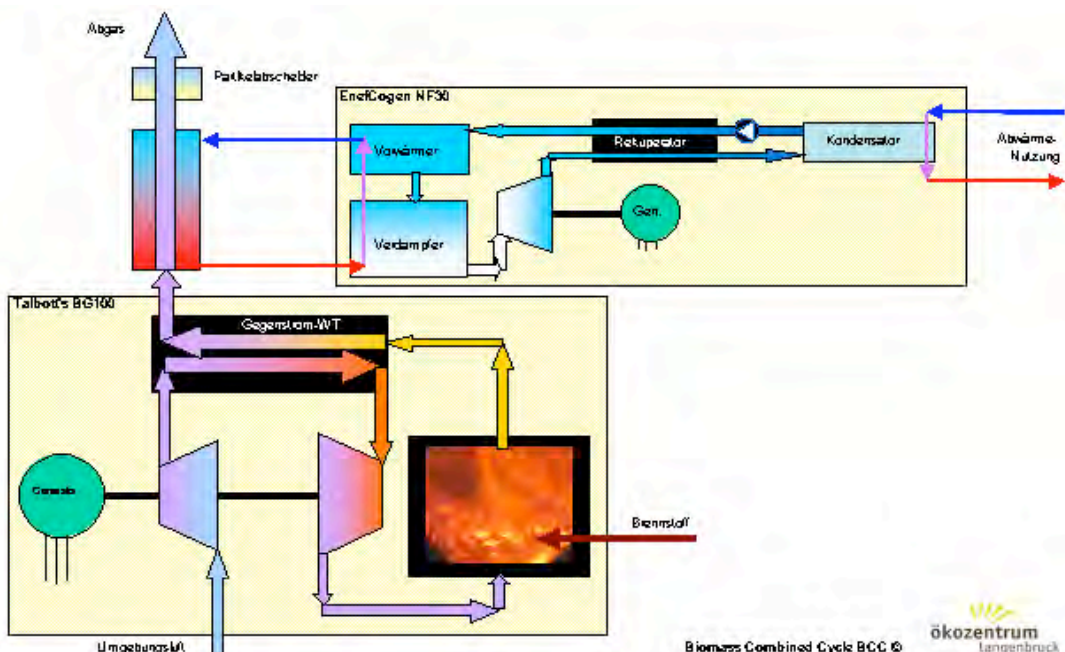
Schlacke-Bildung wegen Sand im Brennstoff



Massnahmen zur Erhöhung der Leistung

- Mit „Foging“ soll die Abhängigkeit der Leistung von der Umgebungstemperatur reduziert werden, d.h. im Sommer um bis zu 10 kWe erhöht werden.
- Mit einem 60 kW Biogas-Afterburner soll bei gleicher Wärmetauscherbelastung die Leistung von 80 auf 100 kWe gesteigert werden – und dabei ca. 30 kW Holz gespart werden – da die höhere Turbinentemperatur den Biomasse-Brenner unterstützt.
- Mit einem Abwärme-Sattdampfkessel soll das Leistungssteigerungspotential mittels Cheng-Cycle (STIG) ermittelt werden.

BCC Anlagekonzept



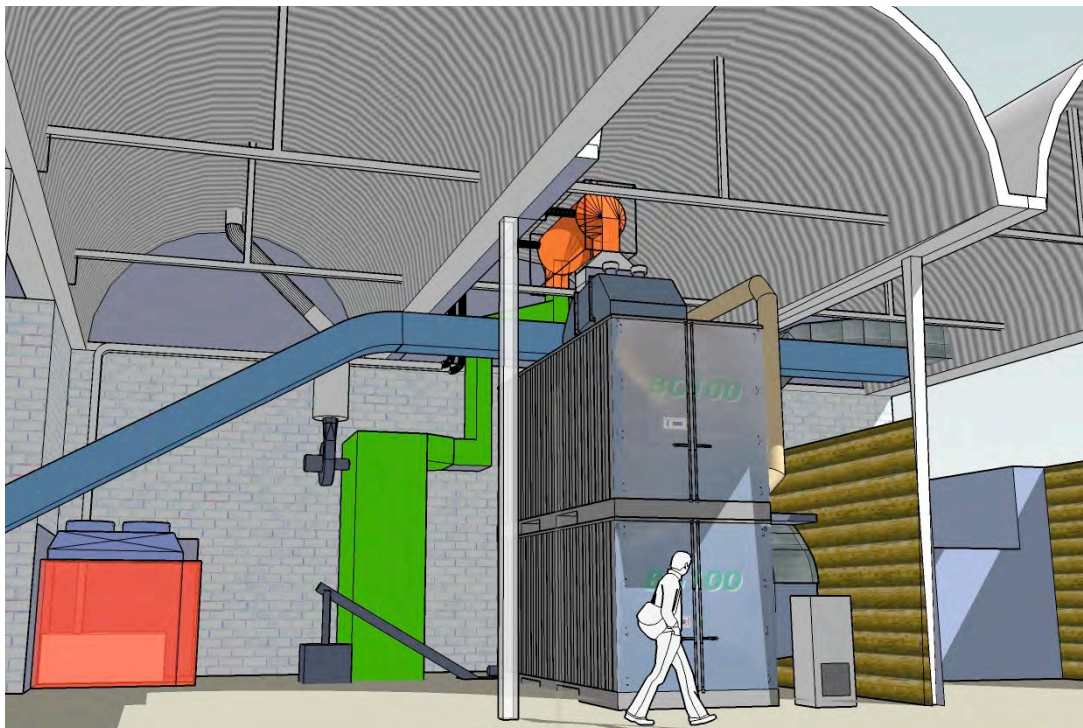
ORC Anlage, z.Zt. Inbetriebnahme in Lausanne

F+E Projekt mit Micro-ORC

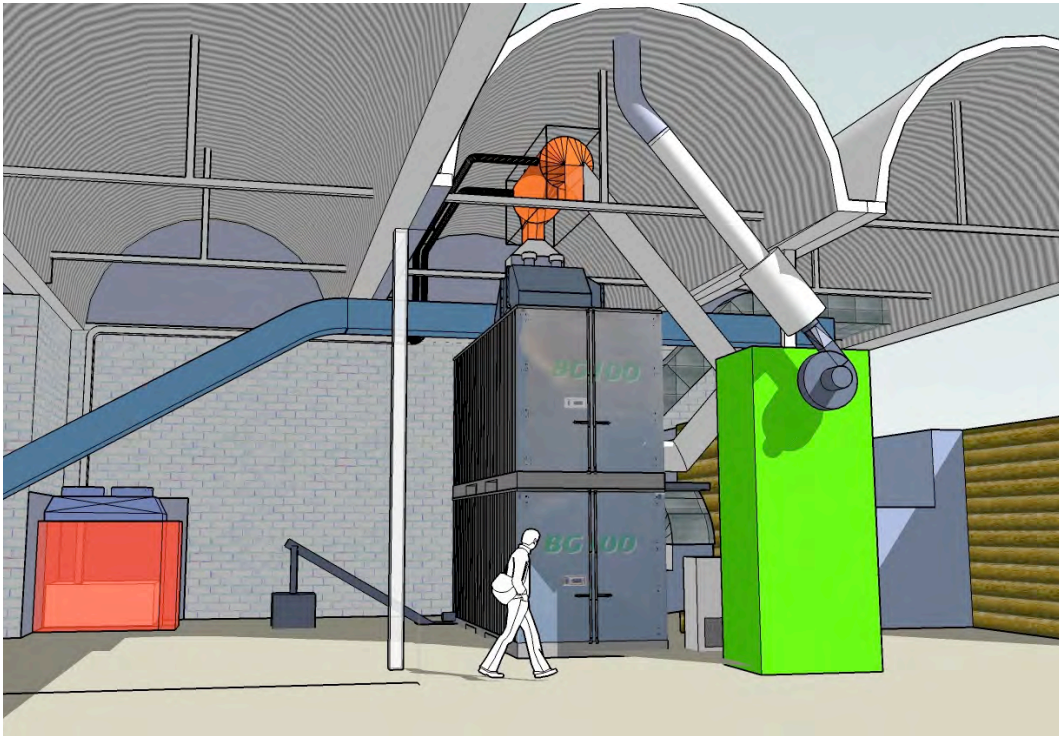
- Kombination EFGT und ORC
- Mikro-ORC-Anlage von Eneftech Innovations SA
- Leistung ORC-Anlage 30 kWel
- Scroll-Kompressor
- Standartkomponenten



BCC – Anlagen-Aufstellungsplan

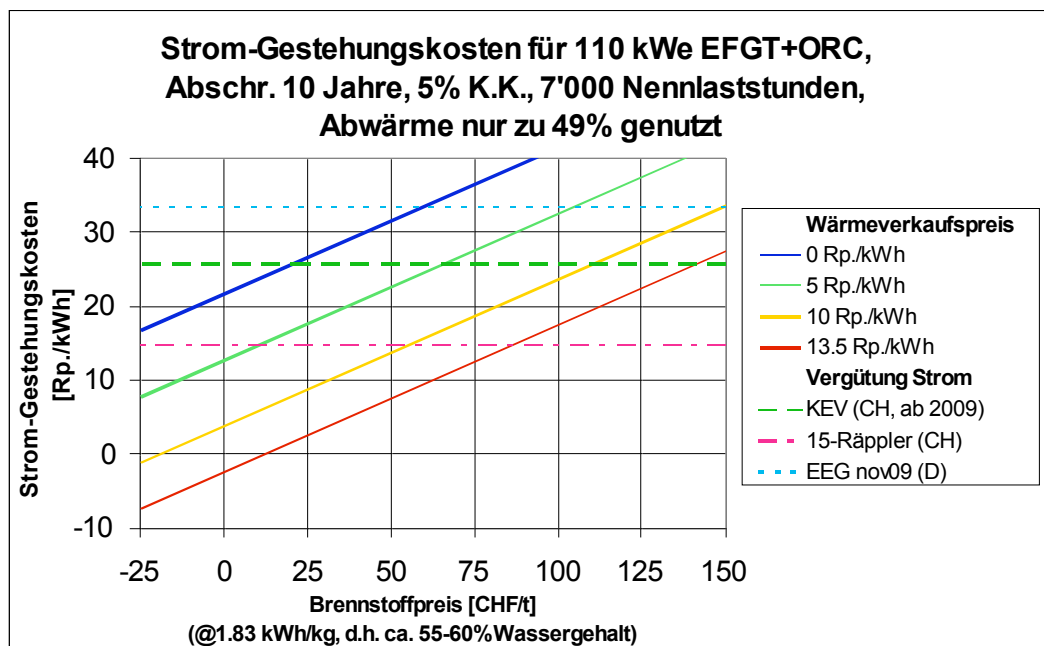


BCC – Anlagen-Aufstellungsplan



Weniger elegant aber praktischer...

BCC-Wirtschaftlichkeit



Sensitivitätsanalyse der Strom-Gestehungskosten einer BCC® Anlage. Berücksichtigt sind die kompletten Baukosten (1.19 Mio. CHF) inklusive zu kaufendes Gewerbeland, Abgasfilter, bauliche Massnahmen und Schweizer Mehrwertsteuer. Werden die Kapitalkosten als Eigenkapitalrendite dem Gewinn zugeschlagen, reduzieren sich die Gestehungskosten um 4.5 Rp./kWh.

Danksagung

Projektförderung

- Axpo Naturstrom-Fonds



Projektpartner

- Kompogas AG
- Talbott's Heating Ltd.
- Eneftech Innovations SA



Ideen mit Zukunft - seit 28 Jahren !

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.oekozentrum.ch

Brennstoff „Siebüberstand aus Grüngutsammlung“



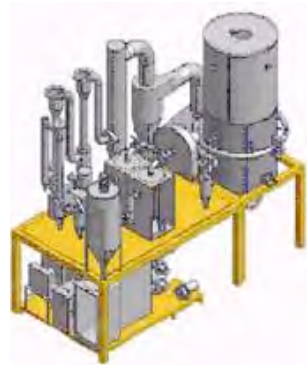
Dampfturbinen (auch ORC) vs. EFGT

- geringer elektrischer Wirkungsgrad
- Sicherheitsvorgaben bei Druckkessel
- KWK: Abwärme auf tiefem Temperaturniveau
- Hoher Anlagenaufwand



Holzvergaser vs. EFGT

- hohe Anforderungen an Brennstoffqualität
- hohe Anlagekomplexität
- Stromwirkungsgrad nur marginal höher
- Viele Peripherieaggregate (Kläranlage, Kühlanlage)



Stirlingmotor vs. EFGT

- Wärmetauscher
 - grosse Fläche bei kleinem Volumen
 - Hoher, oszillierender Druck
 - Temperaturspitzen
- Verschleiss
- Wirkungsgrad theoretisch höher, praktisch tiefer



Vergleich MES-DEA Twingo Elektra - Renault Twingo Eco



- 36 kW Asynchron mit Wasserkühlung +Zebra-Batterie (160kg/20kWh)
- Gewicht leer: 933 kg
- Höchstgeschwindigkeit 130 km/h
- Verbrauch ab Steckdose: 16.5* kWh/100 km
- Made in Svizzera



- 43 kW 1.15l/16V Benzin mit Wasserkühlung +Tank (40 Liter)
- Gewicht leer: 895 kg
- Höchstgeschwindigkeit 151 km/h
- Verbrauch ab Tanksäule: 45** kWh/100km
- Made in France

* mit typischen Standverlusten,
Messwerte Bundesamt für Energie

** 5.0 Liter, ohne Standverluste, Angaben VCS

