

# Regenerative Energien in Verbindung mit dem EEG



Vortrag bei den Stadtwerken Waren  
am 18.03.05

# Inhalt

- Wärmeversorgung Waren (1993 und 2004)
- Wasserkraft
- Deponie-Klär-Grubengas
- Geothermie
- Windkraft
- Solar (Photovoltaik- thermische Solaranlagen)
- Bioenergie (Heizkraftwerk- Biogasanlage)
- CO<sub>2</sub> Emmissionsvergleich

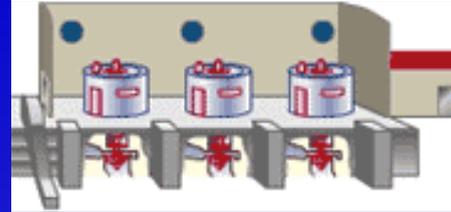
# Wärmeversorgung Waren

Nahwärmegebiet	Ausgangswerte 1993				Ist-Werte 2004			
	Versorgte Objekte			installierte Leistung	Versorgte Objekte			installierte Leistung
	Anzahl	Wohnfläche	i.M	kW	Anzahl	Wohnfläche	i.M	kW
	WE	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /W		WE	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /W	
1. Waren West	1746 Kita+Schule	98.800	57	Heizöl S	2.389 Kita+Schule	132.300	55	Erdgas 3x4.100
		7.000		Dampf		13.000		
		105.800		27.000		145.300		
2. Waren Papenberg (davon Geothermie und WP)	765 Kita+Schule	42.250	55	Elektr. 4.800	1.720 Kita+Schule	99.900	58	GWP Erdgas 8.700 Geoth.
		5.000		Geoth. 1.500		4.500		
		47.250		Sum.: 6.300		104.400		
3. Waren Engelsplatz	Kita, Schule u.a	6.000		Heizöl	387 Kita+Schule	20.250	52	Erdgas 2.500
				Erdgas		6.000		
						26.250		
4. Waren Strelitzerstraße	244	14.289	59	Erdgas 1.400	448	28.889	64	Erdgas 1.400
5. Objekt Warenhof	250 +Marinelager	13.000 +Marinelager	52	Heizöl 1.500	200	8.812	44	Heizöl 2.500
Summe		186.339				313.651		

# Wärmeversorgung Waren

Nahwärmegebiet	Ausgangswerte 1993				Ist-Werte 2004			
	Wärmearbeit beim Kunden		CO <sub>2</sub> -Ausstoß		Wärmearbeit beim Kunden		CO <sub>2</sub> -Ausstoß	
	gesamt	spez.	ges.	spez.	gesamt	spez.	ges.	spez.
	MWh	kWh/m <sup>2</sup> ,a	t/a	t/MW	MWh	kWh/m <sup>2</sup> ,	t/a	t/MW
1. Waren West	36.799	348	13.100	0,356	18.190	125	4.095	0,26
2. Waren Papenberg (davon Geothermie und WP)	11.732	248	900	0,130	9.011	86	1.620	0,18
3. Waren Engelsplatz	1.315	219	480	0,365	3.864	147	880	0,23
4. Waren Strelitzerstraße	2.155	150	490	0,277	2.404	83	550	0,23
5. Objekt Warenhof	4.204 <i>(mit Marinelager ca. 40 %)</i>	194 <i>(ohne Marinelager)</i>	1.580	0,375	1.182	134	270	0,23
Summe	56.205	302	16.550	0,294	34.651	110	7.415	0,214
		100%		100%		37%		73%

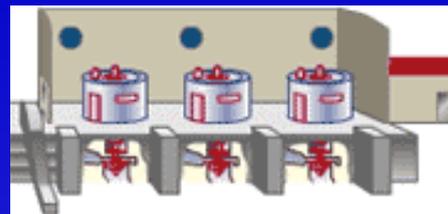
# Wasserkraft



- praktisch keine Wasserrechte zu bekommen
- keine Genehmigung zum Aufstauen
- an den meisten Standorten zu wenig Wasser
- selbst kleine Anlagen erzeugen schon hohe Investitionskosten



# Wasserkraft



Beispiel: **Bolter Mühle**

Leistung: 30 kW el.

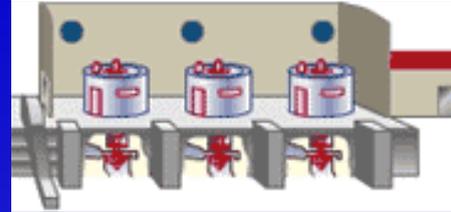
Stromerzeugung: 150.000 kWh/a

Invest-Kosten: 250.000,- €

Betriebskosten: 30.000,- € (incl. Kapitalkosten)

Erforderlicher Stromerlös für Kostendeckung:  
20 Ct / kWh

# Wasserkraft



Erforderlicher Stromerlös für Kostendeckung:  
20 Ct / kWh

## Vergütung nach EEG:

**bis 500 kW**

**9,67 Ct/kWh el.**

**bis 5.000 kW**

**6,65 Ct/kWh el.**

# Deponie-Klär-Grubengas

- Deponiegas ist in Waren nicht vorhanden
- Grubengas ebenfalls nicht
- bei Klärwerk mit anaerober Klärstufe ist Klärgasnutzung selbstverständlich

meistens im BHKW

- Stromerzeugung für Klärwerk
- Wärmenutzung für Faulturmheizung



# Deponie-Klär-Grubengas

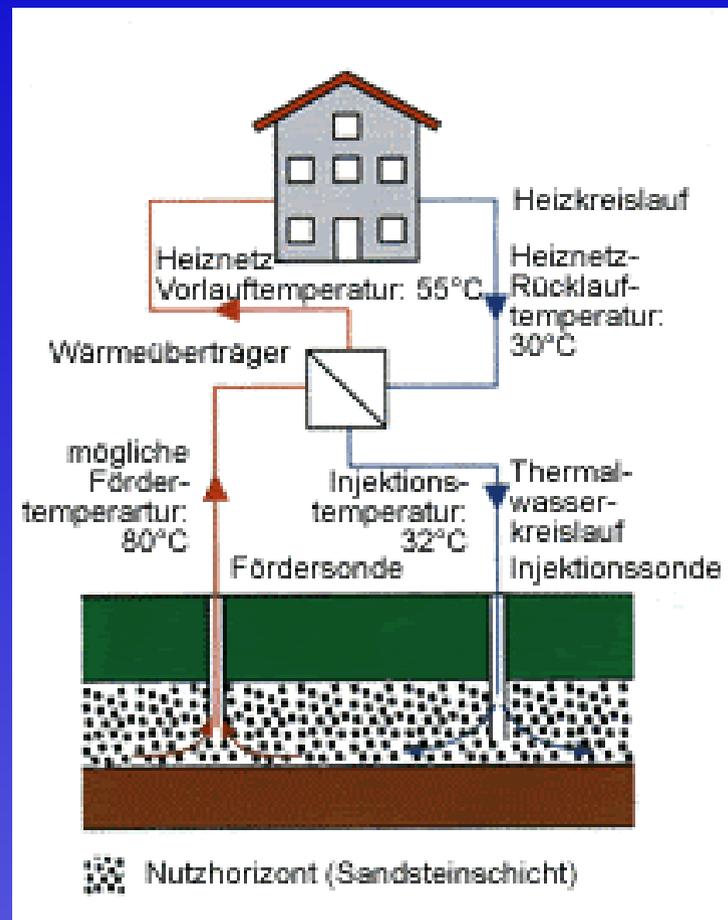
- Vergütung nach EEG:

bis 500 kW	7,67 Ct/kWh el.
bis 5.000 kW	6,65 Ct/kWh el.

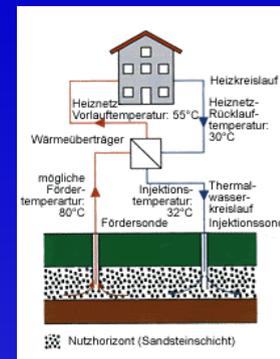


# Geothermie

- Oberflächennah  
(bis 400 m) 7-25 °C,
- Hydrothermal 25-120 °C  
(1000-2500 m)
- Dampf- und  
Heißwassersysteme /  
Hot-Dry-Rock-Systeme  
ab 175 °C (- 5000 m)



# Geothermie



- keine definierten Zahlen
- aber fast nie wirtschaftlich, da Investitionskosten extrem hoch
- Erfahrungen liegen in Waren vor

## Strom-Vergütung nach EEG:

**bis 5.000 kW**

**15,0 Ct/kWh el.**

**bis 10.000 kW**

**14,0 Ct/kWh el.**

**bis 20.000 kW**

**8,95 Ct/kWh el.**



# Windenergie

**Beispiel: 3 x 1,5 MW el. , (Nähe Rostock)**

**Nabenhöhe: 100 m**

**Rotordurchmesser: 77 m**

**mittl. Windgeschw.: 7 m/s**

**Betriebszeit: 2640 Vh/a**

**Stromerzeugung: 11.900.000 kWh/a**

**CO<sub>2</sub> Einsparung: 8.100 t/a**

**Investitionskosten: 7.500.000,- €**







# Windenergie

## Vergütung nach EEG:

**8,7 Ct/kWh el. (5 Jahre)**  
**danach 5,5 Ct/kWh el.**

**Erlös: 1.035.000,- €/a**



# Solar

Photovoltaik



**Beispiel: 1.000 kW el. , netto**

**Betriebszeit: 850 Vh/a (Waren)**

**Stromerzeugung: 850.000 kWh/a**

**CO<sub>2</sub> Einsparung: 5.800 t/a**

**Investitionskosten: 4.450,- €/kW el.  
4.450.000,- €**

# Solar

Photovoltaik



## Betriebskosten:

Kapitalkosten 8%/a      356.000,- €/a

Wartung/Instandhaltung

Pacht/ Versicherung/

Betriebsführung/Anlagen-

rückbau

54.000,- €/a

**Gesamt:**

**410.000,- €/a**

# Solar

Photovoltaik



Greenpeace

## Vergütung nach EEG:

**Dach: 51,3 Ct/kWh**

(+5 Ct/kWh bei Solargebäudeteilen)

**Erlös: 436.000,- €/a**

**Freifläche: 43,4 Ct/kWh**

**Erlös: 369.000,- €/a**

# Solar

## Thermische Solaranlage

### Anwendung:

- Brauchwarmwasserbereitung
- Raumheizung (selten)
- Schwimmbaderwärmung



Flachkollektor



Röhrenkollektor



Absorber

# Solar

Thermische Solaranlage



**Beispiel: Studentenwohnheim, 240 Personen**

**Kollektorfläche: 165 m<sup>2</sup>**

**Pufferspeicher: 4 m<sup>3</sup>**

**Deckungsanteil: 40%**

**Solarertrag: 38.000 kWh/a**

**CO<sub>2</sub> Einsparung: 8,7 t/a**

**Investitionskosten: 600,- €/m<sup>2</sup>**

**100.000,-€**

# Solar

## Thermische Solaranlage



Förderung durch den Bund: 110,- €/m<sup>2</sup>

Förderung in Hamburg 160,- €/m<sup>2</sup>

bei > 30 m<sup>2</sup> zusätzlich 90,- €/m<sup>2</sup>

Summe 360,- €/m<sup>2</sup>

**Zuschuss bei 165 m<sup>2</sup> 60.000,- €**

**Verbleibende Investitionskosten:**

**40.000,- €/a**

# Solar

Thermische Solaranlage



## Betriebskosten:

Kapitalkosten 8%/a 3.200,- €/a

Wartung/Instandhaltung 1.000,- €/a

**Gesamt:** 4.200,- €/a

## Brennstoffkostensparnis:

47.000 kWh(Ho) x 3 Ct/kWh = 1.400,- €/a



## Vergütungen für Biomasseanlagen

nach der EEG-Novelle ab 01.08.2004

Das novellierte Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) regelt die gesetzlichen Einspeisevergütungen für Strom aus Biomasseanlagen. Dabei hängt die Vergütung von der installierten Leistung der Anlage ab. Folgende Vergütungen sind vom EEG vorgesehen (alle Angaben in Ct./kWh):

Anlage	Grundvergütung	Brennstoffbonus Holz	Brennstoffbonus Biogas	KWK-Bonus	Technologiebonus
bis 150 kW	11,5	6,0	6,0	2,0	2,0
bis 500 kW	9,9	6,0	6,0	2,0	2,0
bis 5 MW	8,9	2,5	4,0	2,0	2,0
bis 20 MW	8,4			2,0	

Den Brennstoffbonus erhalten Anlagen, wenn der Strom ausschließlich aus Pflanzen- und Pflanzenbestandteilen im Sinne der Biomasseverordnung und/oder aus Gülle gewonnen wird.

Der Bonus für KWK-Anlagen wird gewährt, soweit es sich um Strom im Sinne des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes handelt.

# Bioenergie

Heiz-Kraftwerk



Brennstoffe:

## **Getreide-/Reststoffe**

- + trocken, homogen, 4. BImSchV
- Preis, Verbrennungseigenschaften

## **Naturbelassenes Holz (Waldrestholz)**

- + NaWaRo-Bonus, 4. BImSchV
- feucht, teuer, hoher Rindenanteil

# Bioenergie



Heiz-Kraftwerk

Brennstoffe:

**Altholz A1** (mechanisch behandelt)

- + trocken, kaum Fremdpartikel, 4. BImSchV
- teuer, kein NaWaRo-Bonus, Industrieholz

**Altholz A2-A4** (Bau- und Abbruchholz, auch belastet)

- + Preisvorteil
  - 17. BImSchV, UVP, geringe EEG Vergütung
- Kontingente sind fast verkauft

# Bioenergie



Holz-Heiz-Kraftwerk

**Großanlagen: 80 MW th, 20 MW el.**

**Brennstoffbedarf: 130.000 t/a**

**keine KWK Anlagen, da Standort zu weit weg von Wärmeabnehmern**

**Kleinere Anlagen: 20 MW th, 5 MW el.**

**Brennstoffbedarf: 35.000 t/a**

**KWK Anlagen mit Dampf- und Heizwärmeauskopplung**

# Technische Daten

Holz-Heiz-Kraftwerk



## Beispiel:

- Feuerungsleistung 20 MW
- Elektrische Leistung 5,0 MW max.
- Erzeugung:

**22 t/h Dampf (450 °C, 40 bar)**

# Technische Daten

## Holz-Heiz-Kraftwerk

Wirkungsgrad der Anlage bei KWK:

Stromerzeugung 32.000 MWh/a

Wärmeverkauf 20.000 MWh/a

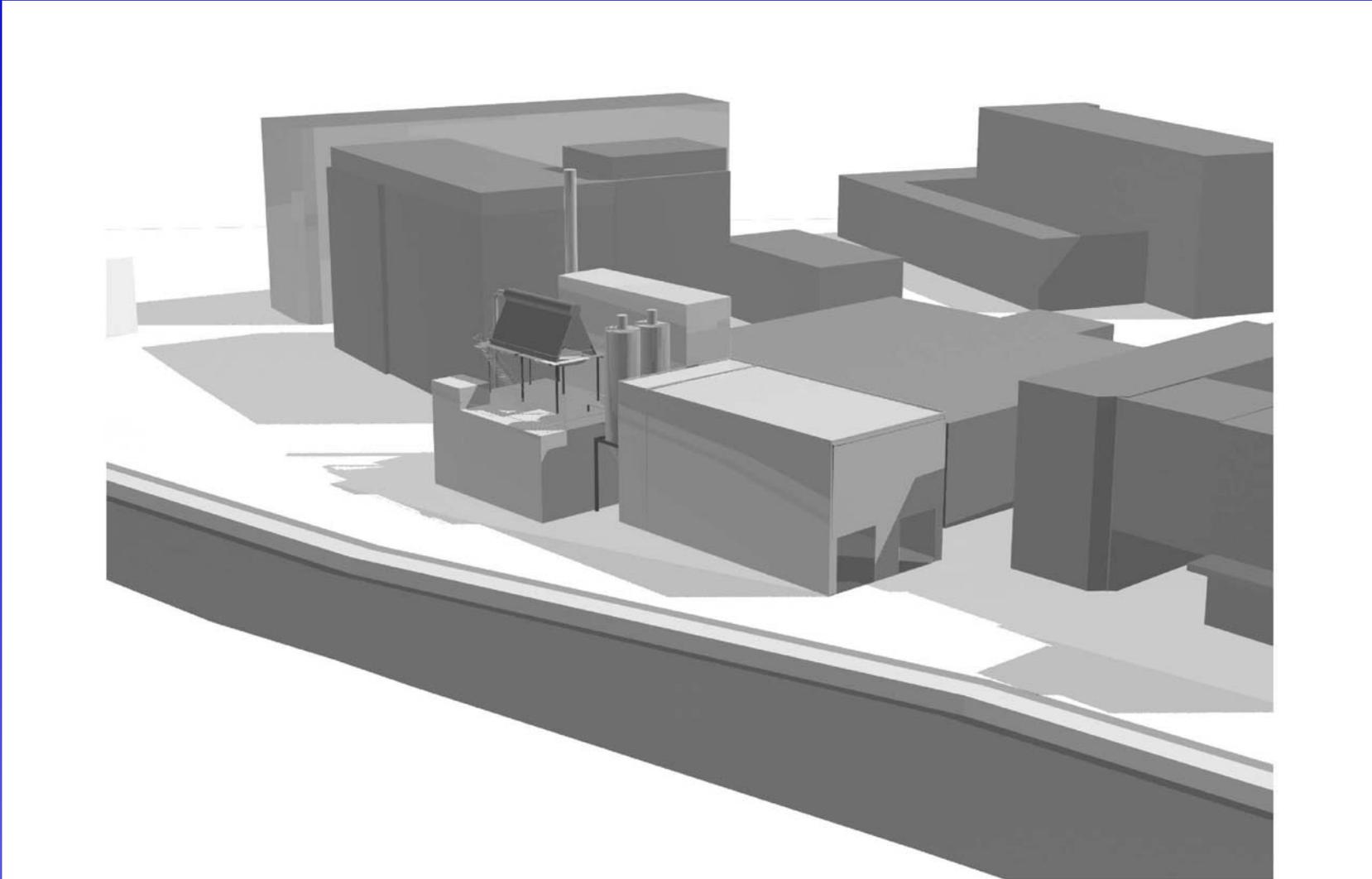
Summe Erzeugung 52.000 MWh/a

Brennstoffeinsatz 130.000 MWh/a

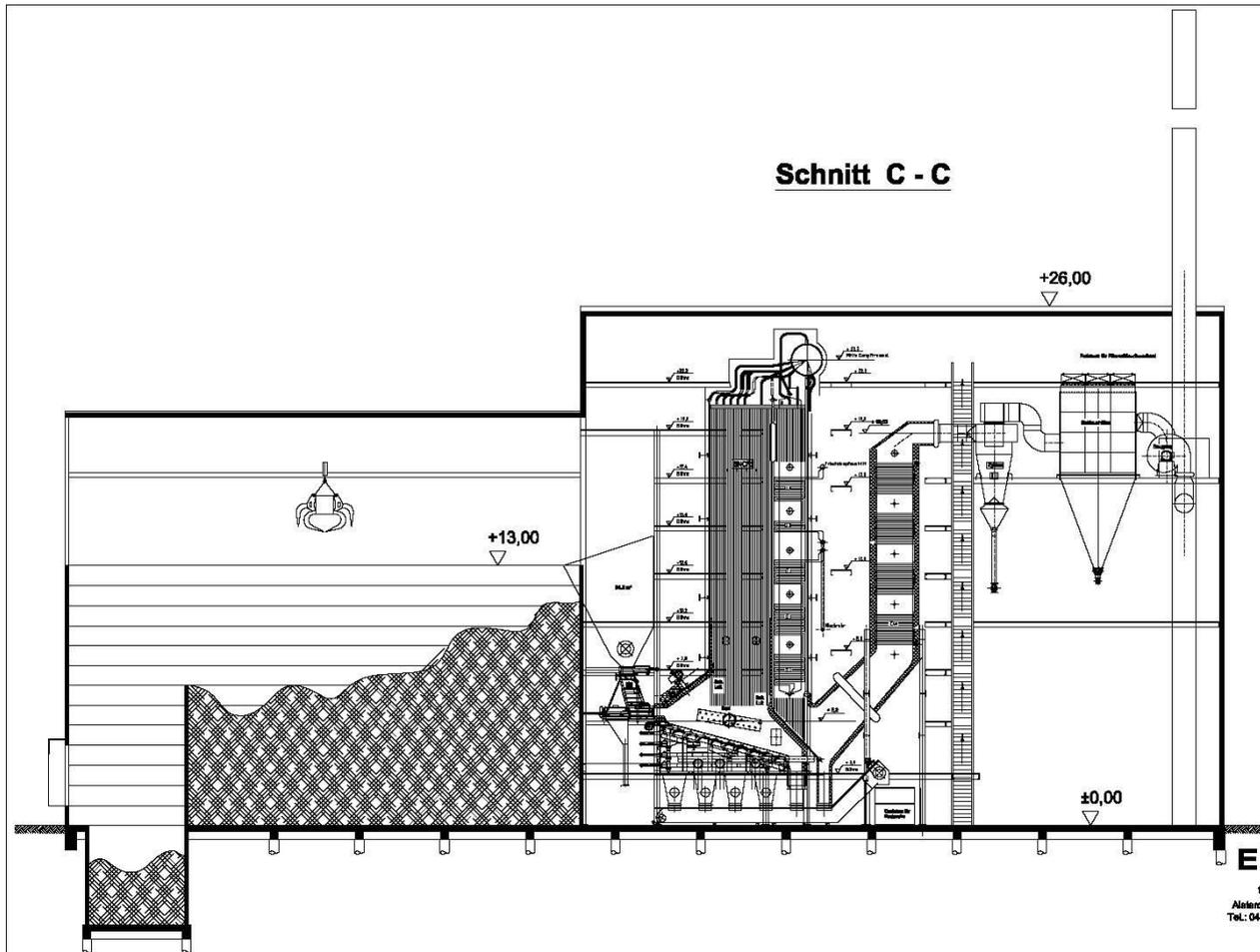
**Anlagen-Wirkungsgrad 40,0 %**

**Elektrischer Wirkungsgrad 25,0 %**

# Aufstellung



# Aufstellung



# EEG - Vergütung

## Grundvergütung:

Bei 5 MW elt.: 9,05 Ct/kWh (2004)

(je Jahr 1,5 % Reduzierung)

➔ 8,78 Ct/kWh (2006)

## Brennstoffbonus

(NaWaRos)

➔ 2,60 Ct/kWh

nur bei Waldholz / Getreide

## KWK Bonus

(nur für den Stromanteil, der parallel zur genutzten Wärme erzeugt wird)

Stromkennziffer x externe Wärme x 2,0 Ct/kWh

➔ 0,37 Ct/kWh

Summe Altholz 9,15 / NaWaRo 11,75 Ct/kWh

# Erlöse / Kosten



Investitionskosten (incl. Nebenkosten) :  
**13.000.000,- €** (= 2.600,- € / kW el.)

## Altholz

Wärmeerlös            700 T€/a

Stromerlös            2.900 T€/a

---

Summe                **3.600 T€/a**

Kapitalkosten        1.340 T€/a

Brennstoff            875 T€/a

Betriebskosten       905 T€/a

---

Summe                **3.120 T€/a**

## NaWaRo

Wärmeerlös            700 T€/a

Stromerlös            3760 T€/a

---

Summe                **4.460 T€/a**

Kapitalkosten        1.340 T€/a

Brennstoff            2.100 T€/a

Betriebskosten       905 T€/a

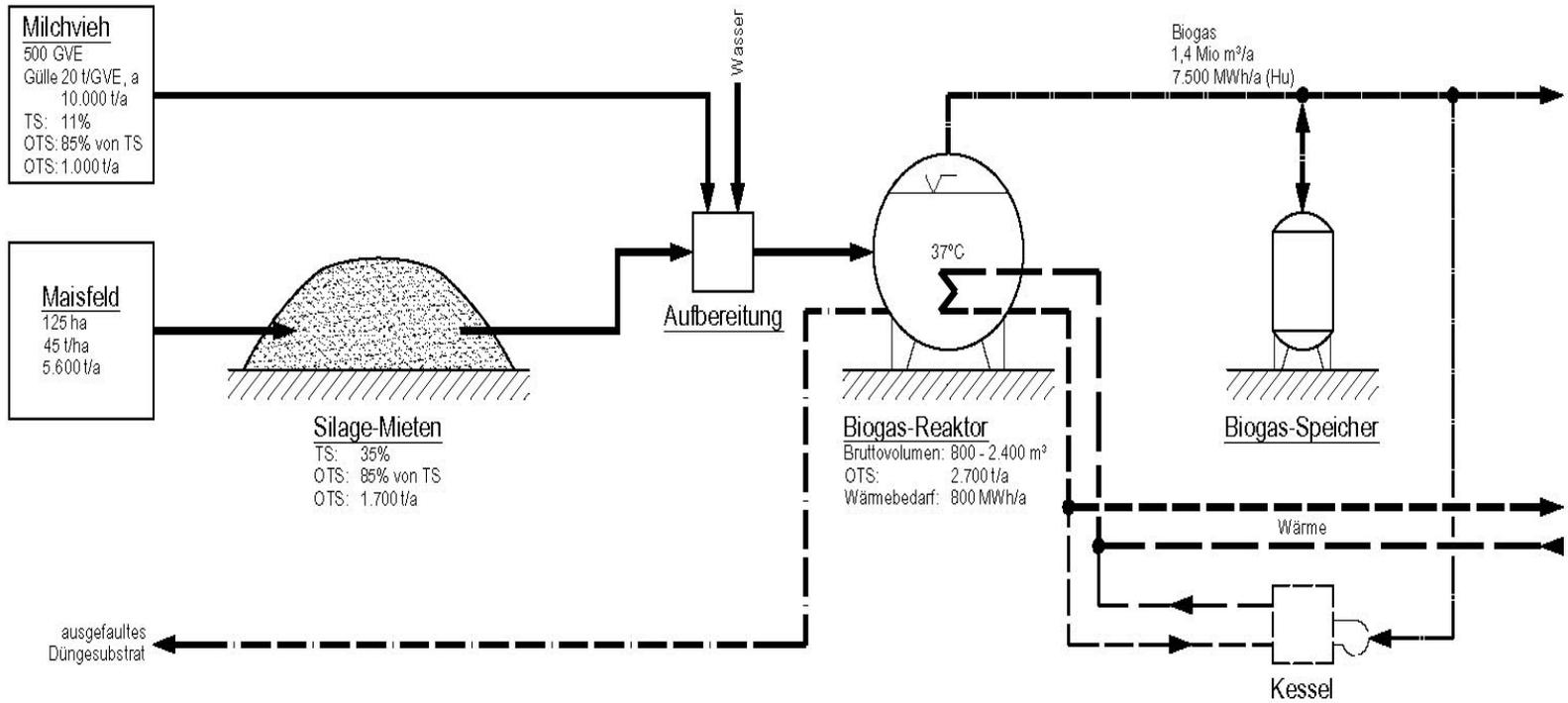
---

Summe                **4.345 T€/a**

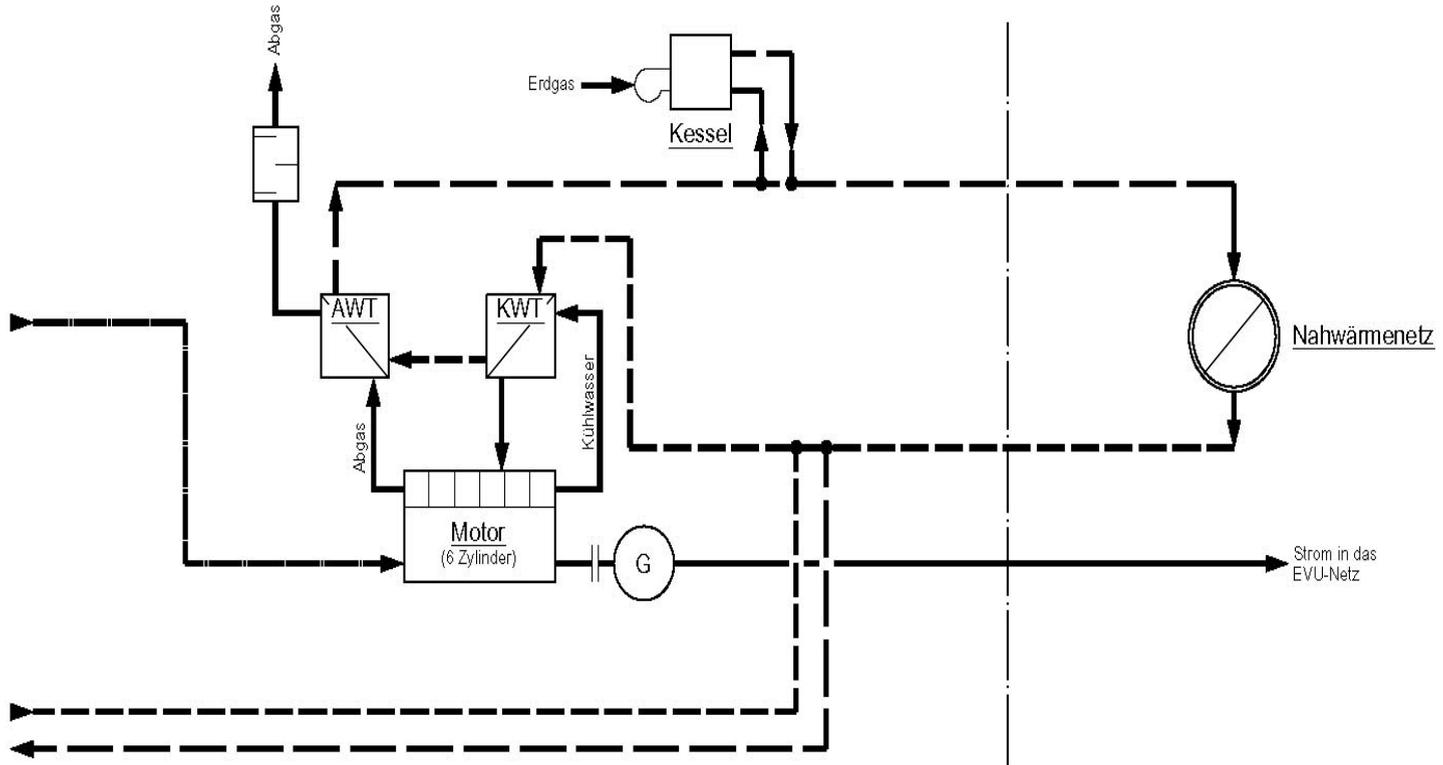
# Biogas-Anlage



# Biogas-Anlage



# Biogas-Anlage



Jahres-Energiebilanz BHKW

	Leistung		Arbeit		
	%	kW	Erzeugung MWh/a	Eigenbedarf MWh/a	Netto MWh/a
Elektro	40	380	3.000	200	2.800
Wärme	50	470	3.750	800	2.950
Nutzleistung	90	850	6.750	-	-
Brennstoff	100	950	7.500	-	-

Betriebszeit 7.900 h/a

	Wirtschaftlichkeitsberechnung		Zwischen- summe	Summe
1.	Investitionskosten			1,2 Mio €
2.	Betriebskosten		T€/a	T€/a
2.1	Kapitalkosten	Zins: 6 %/a Laufzeit: 20 Jahre	105	
2.2	Unterhaltungskosten	Bedienung Wartung Instandhaltung	pauschal 60	
2.3	Sonstiges	Versicherung Allgemeines	20	
2.4	Brennstoffkosten	Maissilage: 20 €/t 5600 t/a	112	
2.5	Gülle			
2.6	Gesamtbetriebskosten			297
3.	Erlöse			
3.1	Stromerlös gemäß EEG	165 €/MWh 2800 MWh/a		462
4.	Zusätzliche Erlöse bei KWK			
4.1	zusätzlicher Stromerlös	20 €/MWh 2.800 MWh/a	56	
4.2	Wärmeerlös (Arbeit)	25 €/MWh 2.950 MWh/a	74	130
4.3	Düngesubstrat			
5.	Überschuß			
5.1	ohne KWK			165

# CO<sub>2</sub> – Emmissionsvergleich zur Wärme- und Strom- Bereitstellung



<u>Strom</u>	g CO <sub>2</sub> /kWh el.
Steinkohle Kraftwerk	930
Atomkraftwerk (ohne Entsorgung)	32
Steinkohle-Heiz-Kraftwerk	500
Strom-Mix	700
Erdgas – BHKW	20
Wasser-Kraftwerk	40
Photovoltaik	160
Windkraft	20

# CO<sub>2</sub> – Emmissionsvergleich zur Wärme- und Strom- Bereitstellung

<u>Wärme</u>	g CO <sub>2</sub> /kWh th.
Öl- Heizwerk	350
Erdgas- Heizwerk	230
Elektroheizung	850
Holz-Heizwerk	40
Erdgas – Wärmepumpe	- 100

Daten nach **GEMIS**:

**Gesamt-Emmissions-Model integrierter Systeme**



# Regenerative Energien - viele Möglichkeiten !!

**Dipl.-Ing. Erhard Holtkamp**

**Dipl.-Ing. Olaf Ahrens**

**ENERATIO**

Ing. Büro

Alsterdorfer Strasse 276

22297 Hamburg