



## - Erneuerbare Energien -

### Vergleich Sonne, Wind und Biogas für die Stromerzeugung

Walter Eggersgluß  
Energieberater



## Reihenfolge des Vorgehens

- Analysieren des Strom- und Wärmebedarfs  
Menge  
Zeiten  
Entwicklung
- Einsparpotentiale ausschöpfen  
Regeln  
Optimieren
- Technik und Energieträger ändern

# Vergleich Erneuerbare Energien



Energieform	Endenergie	Bedeutung	Förderung	Zukunft
<b>Windenergie</b>	Strom	hoch	EEG	keine neuen Flächen > Repowering; Offshore
<b>Sonnenenergie</b>	Strom	zunehmend	EEG	Dächer !; Freiflächen ?
	Wärme	noch gering	Zuschüsse	Neubauten !
<b>Biogas</b>	Strom (+Wärme)	stark zunehmend	EEG	NaWaRo-Anlagen
	Treibstoff	noch gering	Zuschüsse	F+E > Großanlagen
Holzscheite	Wärme	mittel	Zuschüsse	Einzelöfen; Vergaserkessel <100 kW
Holzhackschnitzel	Wärme	zunehmend	Zuschüsse	dezentral > 35kW; Heizwerke
	Strom (+Wärme)	noch gering	Zuschüsse	F+E; Holzvergasungstechniken
Holzpellets	Wärme	stark zunehmend	Zuschüsse	dezentral, meist < 30 kW
Stroh	Wärme	gering	Zuschüsse	Weiterentwicklung (Emissionen)
Strohpellets	Wärme	sehr gering	Zuschüsse	Weiterentwicklung (Emissionen)
Getreidekörner	Wärme	sehr gering	-	Weiterentwicklung (Emissionen; Gesetze)
Pflanzenöl pur	Treibstoff	stark zunehmend	Zuschüsse	Weiterentwicklung Motoren-Umrüstung
Pflanzenöl RME	Treibstoff	zunehmend	Zuschüsse	Motorenentwicklung > Freigaben
Ethanol	Treibstoff	zunehmend	Zuschüsse	Preisentwicklung Weltmarkt; Zumischung ?
BTL	Treibstoff	noch gering	Zuschüsse	F+E > Großanlagen
Wasser	Strom	gering	EEG	Problem Wasserrechte
Erdwärme	Wärme	leicht zunehmend	Zuschüsse	meist Wärmepumpentechnik

Quelle: IFEU

## → Energetische Amortisationszeit für Herstellung, Betrieb und Entsorgung

### Stromerzeugung

Windkraft	3 bis 7 Monate
Wasserkraft	9 bis 13 Monate
Solarthermisches Kraftwerk in Marokko	3 bis 7 Monate
Photovoltaik in Mitteleuropa	
• Polykristallines Silizium, moderne Herstellungstechnologie	3 bis 5 Jahre
• Dünnschicht-Zellen	2 bis 3 Jahre
Gaskraftwerk	Nie*
Kohlekraftwerk	Nie*
Atomkraftwerk	Nie*

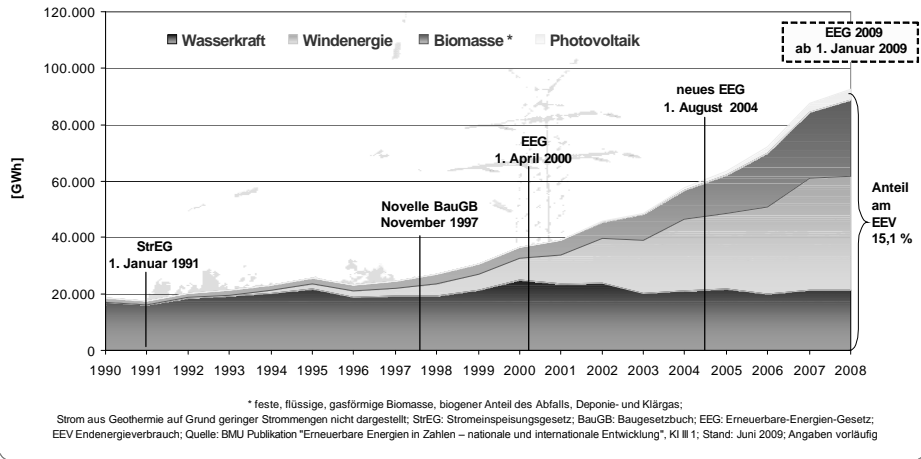
### Wärmeerzeugung

Sonnenkollektoren	1,5 bis 2,5 Jahre
Geothermie (hydrothermal)	7 bis 10 Monate
Gaskessel	Nie*
Ölkessel	Nie*

Die energetische Amortisationszeit beschreibt die Zeit, die die Anlage braucht, um die Energie für Herstellung, Betrieb und Entsorgung wieder bereit zu haben. (\* Kraftwerke und Kessel auf Basis erschöpflicher Energieträger amortisieren sich energetisch nie, da sie immer mehr Brennstoffe verbrauchen, als sie Nutzenergie erzeugen.)



### Beitrag der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung in Deutschland 1990 - 2008



### Mindestvergütungssätze EEG 2009-2010

Vergütungssätze in Ct/kWh für Neuanlagen

#### Strom aus Solarer Strahlungsenergie (Solarstrom)

Degression 2009->2010=9-11%/a Vergütungszeitraum 20 Jahre  
Anlagen auf Dachflächen und Lärmschutzwänden

Jahr der Inbetriebnahme	2009	2010
bis einschl. 30 kWp*	43,01	39,14
ab 30 bis 100 kWp	40,91	37,23
ab 100 kWp	39,58	35,23
Freiflächenanlagen	31,94	28,43

\* in unmittelbarer Nähe selbst verbrauchter Strom erhält 2010 noch 22,79 Ct/kWh

#### Strom aus Windenergie

Degression 1 %/a Vergütungszeitraum 20 Jahre  
Windenergieanlagen an Land

Jahr der Inbetriebnahme	2009	2010
erhöhte Anfangsvergütung	9,20	9,11
Basisvergütung	5,02	4,97

plus Repowering-Bonus 0,5 Ct/kWh und evtl. Systemleistungs-Bonus 0,5 Ct/kWh

#### Strom aus Biomasse

Degression 1 %/a Vergütungszeitraum 20 Jahre

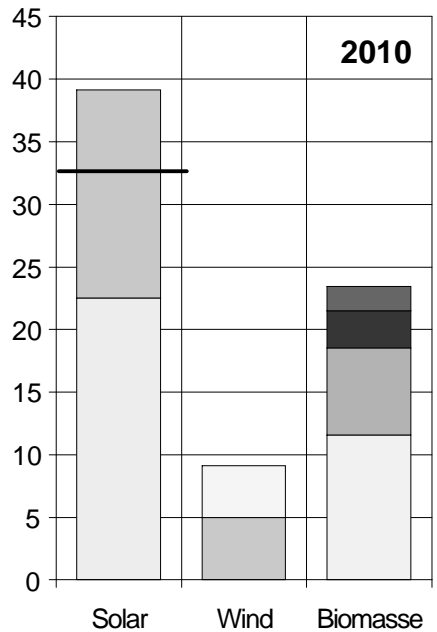
##### Grundvergütung

Jahr der Inbetriebnahme	2009	2010
bis einschl. 150 kW	11,67	11,55
bis einschl. 500 kW	9,18	9,09
bis einschl. 5000 kW	8,25	8,17

##### Anlagen die nachw. Rohstoffe nutzen

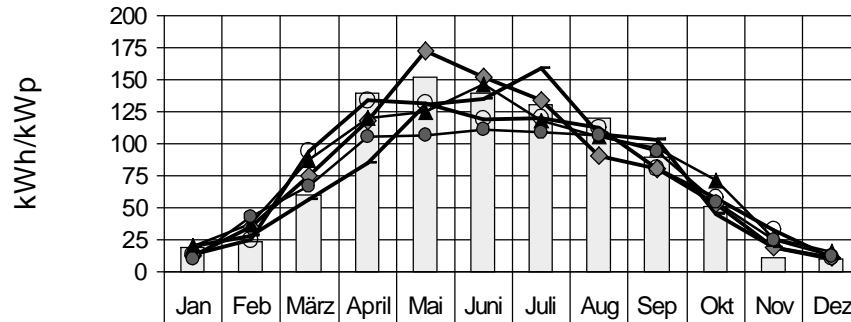
Jahr der Inbetriebnahme	2009	2010
bis einschl. 150 kW - 7,0 Ct/kWh	18,67	18,48
bis einschl. 500 kW - 7,0 Ct/kWh	16,18	16,02
bis einschl. 5000 kW - 4,0 Ct/kWh	12,25	12,13

bis 150 kW zusätzlicher Bonus für >30% Gülleanteil	4,00	3,96
bis 500 kW zusätzlicher Bonus für >30% Gülleanteil	1,00	0,99
zusätzlicher Bonus für Kraft-Wärme-Kopplung	3,00	2,97
zusätzlicher Bonus für innovative Anlagen	2,00	1,98



## Spezifische Solarstromerträge

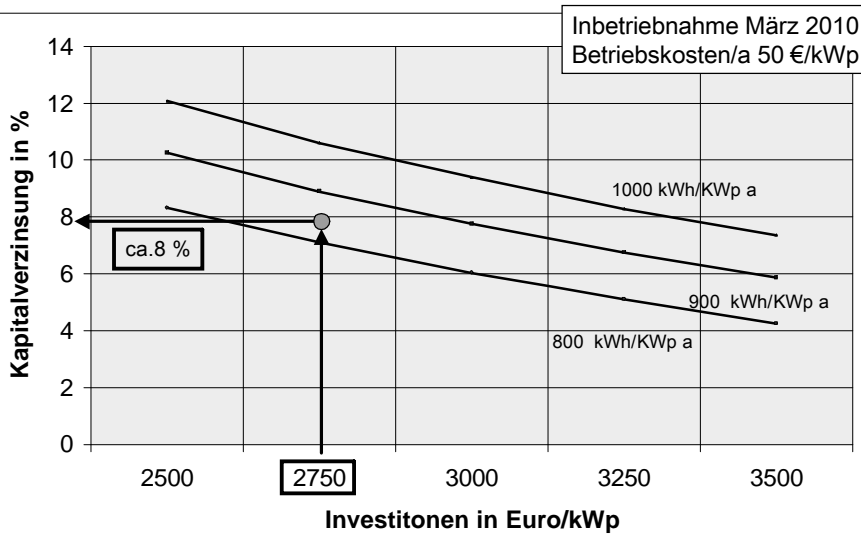
PLZ-Bereich 24xxx (Quelle: www.pv-ertraege.de)



<b>949</b>	□ 2009	19	24	60	140	152	140	131	121	90	51	11	10
<b>955</b>	◆ 2008	12	35	75	118	173	152	134	91	81	53	19	11
<b>937</b>	○ 2007	14	25	94	134	132	119	120	113	81	58	33	11
<b>894</b>	— 2006	20	28	57	85	131	135	159	108	103	45	19	10
<b>965</b>	▲ 2005	20	37	87	121	125	147	118	106	97	72	26	16
<b>839</b>	● 2004	10	43	67	106	107	111	109	107	94	55	25	12

## PV-Wirtschaftlichkeit 2010

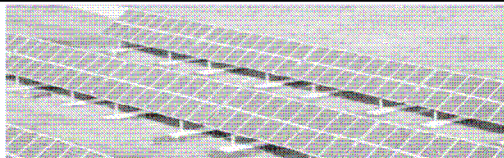
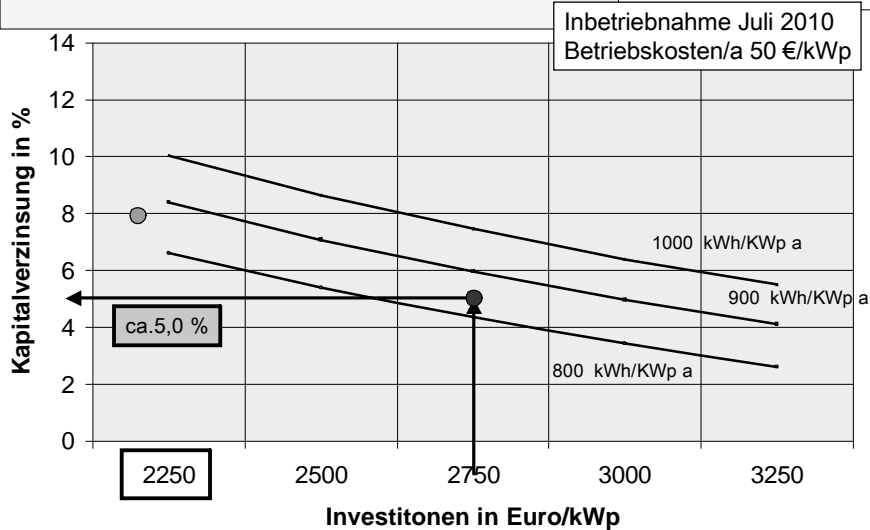
Zinsertrag bei unterschiedlichen Investitionskosten und spezifischen Jahreserträgen (<30kWp)



## PV-Wirtschaftlichkeit ab 7.2010

Zinsertrag bei unterschiedlichen Investitionskosten und spezifischen Jahreserträgen (<30 kWp)

# -16%?



## Kenndaten Freiflächen-PV-Anlage

Bauart	feststehend	
Modulart	Silicium-Module	
Flächenbezug	ha	1
Mehrertrag zu Dachanlage	%	10
Installierte Nennleistung	kWp/ha	350
<u>Investitionskosten</u>	<u>€/ha</u>	<u>1.000.000</u>
spez. Stromertrag	kWh/kWp/a	900
je ha und Jahr	MWh/a/ha	315
zum Vergleich:		
Biogasstrom aus Mais	MWh/a/ha	15 - 20

## **Windenergie Akzeptanz in der Region**



wenn

- sorgfältige Planung mit großen Abständen zu Wohngebäuden
- Auswahl besonders leise Anlagentypen,
- frühzeitige und umfassende Information,
- viele Einheimische sich beteiligen können,
- Betreibergesellschaft mit Sitz und Geschäftsführung in der Gemeinde,
- möglichst viele Landeigentümer berücksichtigt werden bei der Nutzungsentschädigung
- nicht nur die Standorte, sondern auch auf die gesamte Parkfläche berücksichtigt wird.

## **Bürger-Windpark Was ist das ?**



- interessierte Bürger bilden eine Interessengemeinschaft
- keine Pachtverträge mit einer Planungsgesellschaft
  
- Ortsansässige übernehmen Vorplanung (bilden oft GmbH)
- GmbH schließt Pachtverträge mit Landeigentümern
- Planer arbeiten im Auftrag der GmbH
  
- Gründung GmbH & Co KG
- Landeigentümer und weitere Bürger als Kommanditisten
- Kommanditisten aus Gemeinde > Amt > Kreis

## Windenergie und Baurecht



Landwirtschafts-  
kammer  
Schleswig-Holstein

### BauGB § 35 Bauen im Außenbereich

(1) Im Außenbereich ist ein Vorhaben nur zulässig, **wenn öffentliche Belange nicht entgegenstehen**, die ausreichende Erschließung gesichert ist **und** wenn es

1. einem land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb dient und nur einen untergeordneten Teil der Betriebsfläche einnimmt,
2. Sonstige Vorhaben können im Einzelfall zugelassen werden, wenn ihre Ausführung oder Benutzung **öffentliche Belange nicht beeinträchtigt** und die Erschließung gesichert ist.

## Windenergie und Baurecht



Landwirtschafts-  
kammer  
Schleswig-Holstein

- WEA dient landwirtschaftlichem Betrieb, wenn nachgewiesen wird, dass Windstrom überwiegend selbst verbraucht werden kann.
- „Raumbedeutsamkeit“ wird geprüft (< 70 m Höhe)
- Optische Zuordnung zum Betrieb, da Nebenanlage
- < 25 m Höhe allgemein genehmigungsfähig
- Innenministerium erarbeitet Erlass, da Kreise als Genehmigungsbehörde untersch. Anforderungen stellen
- Technische Nachweise immer erforderlich
- Typenprüfung bietet gute Grundlage

## Entscheidungshilfen



Landwirtschafts-  
kammer  
Schleswig-Holstein

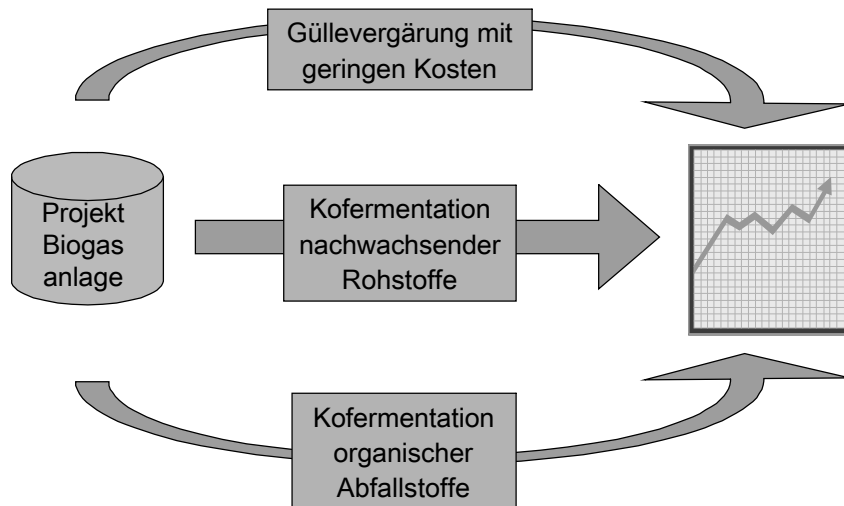
- Standortprüfung auf Windangebot u. Genehmigungsfähigkeit
- Ermittlung der Jahresproduktion auf den Standort bezogen
- Hersteller bietet garantierte Leistungskurve
- Versicherbarkeit und Wartungsvertrag klären
- Anbieter macht Komplettangebot (schlüsselfertig)
- Nachlässe bei Eigenleistungen eindeutig festlegen
- Referenzen befragen
- Rentabilität bei vorhandenen Randbedingungen prüfen
- Unabhängige Berater einschalten



Landwirtschafts-  
kammer  
Schleswig-Holstein

mittlere Windgeschwindigkeit am Standort in 30m ü.Gr.	5,3		m/s
Volllaststunden	1667	850	kWh/kW <sub>f</sub>
Jahresstromproduktion	10000	25500	kWh/a
spezifische Betriebskosten (geschätztes Mittel 20 a)	3,0	5,0	Ct/kWh
jährliche Betriebskosten (geschätztes Mittel 20 a)	300,00	1275,00	€/a
spez. Investitionskosten in Euro/kW Nennleistung	4000	2750	ca.€/kW <sub>f</sub>
Investitionskosten	24000	82500	ca.€
Jahreskosten für Abschreibung und Zins (7,5%)	1800,00	6187,50	ca.€/a
Jahresgesamtkosten	2100,00	7462,50	ca.€/a
Vergütung nach EEG in 2009	9,2	39,14	Ct/kWh
Jahreserlöse bei 100 % Stromverkauf	920,00	9980,70	€/a
<b>Jahresergebnis bei 100 % Stromverkauf</b>	<b>-1180,00</b>	<b>2518,20</b>	<b>€/a</b>
Mittlere Stromverwertung im Betrieb (netto) 2009	18,0	18,0	Ct/kWh
Zusatzvergütung Stromeigenverbrauch EEG 2009	-	22,79	Ct/kWh
Jahreserlöse bei 70 % Eigenverbrauch	1536,00	10275,23	€/a
<b>Jahresergebnis mit 70% Eigenverbrauch</b>	<b>-564,00</b>	<b>2812,73</b>	<b>€/a</b>

## 3 Wege zur Rentabilität der Biogas-Energie



## Voraussetzungen für hohe Gasausbeuten

- Temperaturen möglichst konstant
- Verweilzeit möglichst lang
- Dunkelheit
- Abwesenheit von Luftsauerstoff
- annähernd neutrale pH-Werte
- kontinuierliche Nährstoffzufuhr
- häufiges Rühren
- keine schädlichen oder giftigen Stoffe
- nur Material hoher Qualität

Genehmigung:

Für die Genehmigung maßgebliche Gesetze und Verordnungen:

<b>EEG</b>	<b>DüV</b>	<b>BlmschG</b>
	<b>Sicherheitsregeln</b>	
	<b>Viehverkehrsordnung</b>	
<b>VAwS</b>	<b>EAG Bau</b>	<b>1774/2002</b>
<b>Maschinenrichtlinie</b>	<b>EnWG</b>	
	<b>SchweinehaltungshygieneV</b>	<b>BioAbfV</b>
<b>Betriebssicherheitsverordnung</b>		<b>DümV</b>

Quelle: Fachverband Biogas e. V. - Freising

**Einsatz erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung**  
Solarstrom-, Windenergie- und Biogasanlagen im Vergleich (1/3)

	Solarstrom	Windenergie	Biogas
Kapitalbedarf je kW Nennleistung in Euro/kW	ca.2.750 €/kWp	ca.1.500 €/kW	ca.3.750 €/kWel
Vollbenutzungsstunden jährlich in kWh/kW/a (Mittel)	800- 1.000 (850)	1.500- 3.000 (2.000)	5.000-8.500 (7.300)
spez.Kapitalbedarf Euro/kWh/a im Mittel	3,25 €/kWh/a	0,70 €/kWh/a	0,51 €/kWh/a
Jahresstromertrag je ha Flächenbedarf	300.000 kWh/ha/a*	225.000 kWh/ha/a	15.000-20.000 kWh/ha/a (+Wärme)
zusätzliche Flächennutzung	bedingt / teilweise*	hoch / über 95 %	nein
Mindest-Anlagenleistung	ab 500 kWp* Dach ab 15 kWp	Windpark ab 5.000 kW	ab 150 kWel
	* nur Freiflächenanlage		

<b>Einsatz erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung</b>			
Solarstrom-, Windenergie- und Biogasanlagen im Vergleich (2/3)			
	Solarstrom	Windenergie	Biogas
<b>Stromvergütung nach EEG in ct/kWh</b>	28,43 - 39,14	4,97 - 9,11 o.SDL- u.Re-Bonus	16 - 22
<b>Leistungsregelung nach Strombedarf</b>	witterungsabhängig > Leistungsreduz.	witterungsabhängig > Leistungsreduz.	<b>bedingt möglich, aber unüblich</b>
<b>Verlässlichkeit Stromangebot</b>	gering / Tagstrom	gering / Vorhersage	gut / Grundlast
<b>zusätzliche Wärmenutzung</b>	nein	nein	möglich und sinnvoll
<b>Betreuungsaufwand</b>	gering / Kontrolle	gering / Kontrolle	hoch / Kontrolle, Beschickung, Bereitschaft

<b>Einsatz erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung</b>			
Solarstrom-, Windenergie- und Biogasanlagen im Vergleich (3/3)			
	Solarstrom	Windenergie	Biogas
<b>Kapitalbedarf je kW Nennleistung in Euro/kW</b>	ca.3.000 €/kWp	ca.1.500 €/kW	ca.3.750 €/kWel
<b>spezifische Umsatz in Euro/a/kW</b>	250 - 390 €/a/kWp	90 - 180 €/a/kW	1.200- 1.600 €/a/kW
<b>spezifische Betriebskosten</b>	30 - 60 €/a/kWp	40 - 70 €/a/kW	700 - 1.000 €/a/kW
<b>verbleibende Erlöse für Kapitalrückfluss</b>	210 - 360 €/a/kWp	20 - 140 €/a/kW	200 - 900 €/a/kWel
<b>Kapitalrückflusszeit in Jahren</b>	8 - 14 a	11 - >20 a	5 - 19 a

## Zusammenfassung



Landwirtschafts-  
kammer  
Schleswig-Holstein

- Sonne, Wind und Bioenergie sind keine Konkurrenten, sondern können sich ergänzen.
- Sonne und Wind sind kostenlos, aber die Nutzungstechnik ist besonders im Bereich Sonne noch sehr teuer.
- Ein Vorteil der Solaranlagen ist der modulare Aufbau, dadurch können auch kleine Anlagen den Strom zu ähnlichen Kosten wie große Anlagen produzieren.
- Für die Speicherung des schwankenden Solar- und Windstromangebotes sind leistungsfähige und kostengünstige Speichertechniken zu entwickeln.

## Zusammenfassung



Landwirtschafts-  
kammer  
Schleswig-Holstein

- Verschiedene Standorte bieten unterschiedliche Randbedingungen, wie das Strahlungsangebot, die Windgeschwindigkeit oder günstige Bedingungen für Biogasanlagen wie vorhandene Gülle, Gunststandorte für Silomais und günstige Möglichkeiten der Wärmenutzung.
- Solarstromanlagen bieten vorrangig einzelbetriebliche Möglichkeiten, während für Windenergieprojekte Bürgerwindparks derzeit das Optimum darstellen. Kleine Windenergieanlagen können nur bei hohem Eigenverbrauch annähernd wirtschaftlich betrieben werden.
- Biogasanlagen sind dauerhaft professionell zu betreuen um optimale Ergebnisse zu erzielen, der betriebswirtschaftliche Erfolg hängt ganz wesentlich von den Rohstoffkosten ab.