

**Praxisbuch Energiewirtschaft**  
**4. Auflage 2017**



**Kapitel 4**  
**Strom aus Erneuerbaren Energien**  
**Technik und Kosten**

**Fall Studie 4.1**  
**Integriertes Modell**  
**Stromgestehungskosten**  
**Solar Parabolrinnen Kraftwerke**

**Letzte Aktualisierung**  
**Mai 2017**

Position	Einheit Unit	100 MW		
		TES 0 h	TES 7 h	TES 10 h
<b>Kraftwerksleistung, brutto</b>	<b>MW</b>	<b>100</b>		
Anzahl Kollektoren	-	800	1,280	1,480
Thermischer Speicher	h	0	7	10
Investitionsausgaben	Mio. €	384	610	700
Jahreseinstrahlung	kWh / ( m <sup>2</sup> a)	2,700		
Nettostromerzeugung	GWh /a	249.8	389.8	445.5
Stromgestehungskosten	€ / MWh	141.2	141.8	142.2
Jahreseinstrahlung	kWh / ( m <sup>2</sup> a)	2,400		
Nettostromerzeugung	GWh /a	222.8	346.5	396.0
Stromgestehungskosten	€ / MWh	158.3	159.5	160.0
Jahreseinstrahlung	kWh / ( m <sup>2</sup> a)	2,100		
Nettostromerzeugung	GWh /a	195.0	303.2	346.5
Stromgestehungskosten	€ / MWh	180.9	182.3	182.8

F1St\_4.1\_Modell\_Parabolrinnen.xls

Solarfied\_Dimensionierung

Position	Einheit Unit	100 MW TES 0 h	100 MW TES 9 h	100 MW TES 13,5 h
<b>Größe des Solarfeldes</b>				
Ausrichtung der Kollektoren	-	N-S	N-S	N-S
Netto Spiegelfläche pro Kollektor	m <sup>2</sup>	817.50	817.50	817.50
Gesamt-Spiegelfläche	1000 m <sup>2</sup>	654	1,046	1,210
Nord-Süd Länge des Solarfeldes	m	1,950	1,950	1,950
Ost-West Länge des Solarfeldes	m	1,378	2,070	2,359
Gesamt -Landfläche	1000 m <sup>2</sup>	2,688	4,037	4,599
Verhältnis Land/Spiegelfläche	-	4.11	3.86	3.80
<b>Anzahl Kollektoren und Loops</b>				
Anzahl Subfelder	-	6	6	6
Anzahl Kollektoren	-	800	1,280	1,480
Anzahl Kollektoren per Loop	-	4	4	4
Anzahl Loops	-	200	320	370
Länge eines Kollektors	m	148.50	148.50	148.50
Breite des Kollektors	m	5.77	5.77	5.77
Breite HTF Sammler Korridors im Zentrum des Feldes	m	10	10	10
Abstand zwischen der Zentrallinie banachberter Kollektoren	m	17.3	17.3	17.3
Längenabstand zwischen einzelnen Kollektoren in Reihe	m	3	3	3
Breite der Straßen um das Solarfeld	m	35	35	35

## CAPEX

Position	Unit	100 MW TES 0 h	100 MW TES 9 h	100 MW TES 13,5 h
<b>Auslegungsdaten</b>				
Nennleistung	MW <sub>e</sub>	100	100	100
Spiegelfläche des Solarfeldes	1000 m <sup>2</sup>	654	1,046	1,210
Anzahl thermischer Speicher	-			
Speicherkapazität	MWh	0	1,918	2,740
<b>EPC Kontrakt Kosten</b>	<b>Mio €</b>	<b>362.4</b>	<b>582.8</b>	<b>670.3</b>
Solarfeld	Mio €	160.2	252.5	290.5
HTF System	Mio €	29.4	46.4	53.4
Thermischer Speicher	Mio €	0.0	86.3	123.3
Kraftwerksblock	Mio €	80.0	80.0	80.0
Verschiedenes	Mio €	32.4	37.2	38.3
Ingenieurleistungen	Mio €	24.2	30.1	32.2
Unvorhergesehenes	Mio €	36.2	50.2	52.7
Eigentümerkosten	Mio €	21.1	27.6	29.3
<b>Investitionsausgaben, gesamt, ± 20%</b>	<b>Mio €</b>	<b>383.6</b>	<b>610.4</b>	<b>699.6</b>
Spezifische Kosten	€ / kW	3,836	6,104	6,996

F1St\_4.1\_Modell\_Parabolrinnen.xls

OPEX

Position			Unit	100 MW TES 0 h	100 MW TES 9 h	100 MW TES 13,5 h
<b>Technisch-wirtschaftliche Eckdaten</b>						
Wechselkurs			EURO / US\$	1.40	1.40	1.40
Spiegelfläche			1000 m <sup>2</sup>	654	1,046	1,210
Stromerzeugung, brutto			GWh / a	281.7	450.6	521.1
<b>EPC-Preis</b>			<b>Mio €</b>	<b>302.0</b>	<b>502.4</b>	<b>585.4</b>
Solarfeld			Mio €	160.2	252.5	290.5
Thermischer Speicher			Mio €	29.4	132.7	176.6
Kraftwerksblock			Mio €	112.4	117.2	118.3
Bedienungspersonal			-	40	50	55
Personalkosten			1000 € / a	65.0	65.0	65.0
Heizölpreis			€ / liter	0.8	0.8	0.8
Brennstoffkosten			1000 Liter / a	120	120	120
Wasserpreis			1.5 € / m <sup>3</sup>	1.00	1.00	1.00
Wasserverbrauch			0.14 kg/m <sup>2</sup> a 1000* m <sup>3</sup> / a	90.3	144.4	167.0
HTF Verbrauch			0.05 kg/m <sup>2</sup> a t / a	60.8	54.3	64.1
HTF Preis			€ / t	3,000	3,000	3,000
<b>Betriebskosten</b>						
<b>Fixe Betriebskosten</b>			<b>1000 €/a</b>	<b>7,130</b>	<b>10,787</b>	<b>12,359</b>
Solarfeld & Speicher			1.0% 1000 € / a	1,897	3,852	4,671
Kraftwerksblock			1.0% 1000 € / a	1,124	1,172	1,183
Personal			1000 € / a	2,600	3,250	3,575
Landpacht			- 1000 € / a	-	1	2
Versicherungen			0.5% 1000 € / a	1,510	2,512	2,927
<b>Betriebsstoffe</b>			<b>1000 € / a</b>	<b>791</b>	<b>1,079</b>	<b>1,237</b>
Brennstoff			1000 € / a	96	96	96
Wasser			1000 € / a	90	144	167
HTF			1000 € / a	182	163	192
Andere betriebsstoffe *)			1.5 1000 € / a	422	676	782
			<b>1000 € / a</b>	<b>7,922</b>	<b>11,867</b>	<b>13,595</b>

\*) Elektrizität, Stickstoff, chemikalien

F1St\_4.1\_Modell\_Parabolrinnen.xls

WACC

Position	Einheit Unit	Eigen- kapital	
		Equity	Debt
<b>Kapitalanteile</b>	%	<b>20</b>	<b>80.0</b>
Risikofreier Rendite/Zinssatz	% /a	5.0%	5.0%
Investitions-Risikoaufschlag	% /a	5.0%	0.0%
Technologie-Risikoaufschlag	% /a	0.0%	0.0%
<b>Zwischensumme nach Steuer</b>	<b>% /a</b>	<b>10.0%</b>	<b>5.0%</b>
Körperschaftsteuer 25%	% /a	3.3%	0.0%
<b>Kapitalkosten vor Steuer</b>	% /a	<b>13.3%</b>	<b>5.0%</b>
<b>Gewichtetes Mittel der Kapitalkosten (WACC)</b>	<b>% /a</b>	<b>6.7%</b>	
./. Inflation	% /a	2.0%	
<b>WACC inflationsbereinigt, vor Steuer</b>	<b>% /a</b>	<b>4.6%</b>	

FlSt\_4.1\_Modell\_Parabolrinnen.xls  
Kostenrechnungsmodell

<b>Kraftwerksleistung</b>		<b>MW</b>
<b>Speichergröße (Entladezeit)</b>		<b>h</b>
<b>Jahreseinstrahlung</b>		<b>kWh /m<sup>2</sup> a</b>
<b>Standort Breitengrad</b>		<b>grad</b>
<b>Solarfeld</b>		
Auslegung Referenz DNI		W /m <sup>2</sup>
Auslegungszeit		
IAM (Incidence Angle Modifier)		
Auslegung DII		W /m <sup>2</sup>
Thermischer Wirkungsgrad Kollektoren	80%	
Anzahl Kollektoren		-
Anzahl Loops	4	-
Spiegelfläche, gesamt	817.5	1000 m <sup>2</sup>
Thermische Leistung		MJ /s
Solarwärme zum Kraftwerk		MJ / s
Solar Multiple		-
<b>Thermischer Speicher</b>		
Aufladezeit		h
Entladezeit		h
<b>Technische Parameter, Kraftwerk</b>		
Leistung, brutto, Feldbetrieb		MW
Elektrischer Wirkungsgrad, brutto		%
Kondensator		-
<b>Jahresertrag</b>		
Jahreseinstrahlung		kWh /m <sup>2</sup> a
Jahreswirkungsgrad Kollektor	85%	-
Solarwärme zum Kraftwerk		GWh <sub>th</sub> / a
elektrischer Jahreswirkungsgrad	95.0%	-
Stromerzeugung		GWh <sub>e</sub> / a
Eigenverbrauch		-
Stromeigenverbrauch	4% 10.0%	GWh <sub>e</sub> / a
<b>Nettostromerzeugung</b>		
<b>Vollbenutzungsstunden</b>		
<b>h / a</b>		
<b>Technisch/wirtschaftliche Eckdaten</b>		
Basisjahr	2012	-
kalkulatorische Lebensdauer	25	a
kalkulatorischer Zinssatz, real	4.58%	%
<b>Investitionsausgaben, 2012; ± 20%</b>		
spezifisch		Mio. € €/ kW
<b>Jahreskosten</b>		
Kapitaldienst		1000 € /a
Betriebskosten	1.50%/a	1.16 1000 € /a
<b>Summe</b>		<b>1000 € /a</b>
<b>Spez. Stromgestehungskosten</b>		<b>€/ MWh</b>

FlSt\_4.1\_Modell\_Parabolrinnen.xls  
Kostenrechnungsmodell (2)

<b>Kraftwerksleistung</b>		<b>MW</b>
<b>Speichergröße (Entladezeit)</b>		<b>h</b>
<b>Jahreseinstrahlung</b>		<b>kWh /m<sup>2</sup> a</b>
<b>Standort Breitengrad</b>		<b>grad</b>
<b>Solarfeld</b>		
Anzahl Kollektoren		-
Anzahl Loops	4	-
Spiegelfläche, gesamt	817.5	1000 m <sup>2</sup>
Thermische Leistung		MJ /s
Solarwärme zum Kraftwerk		MJ / s
Solar Multiple		-
<b>Thermischer Speicher</b>		<b>MWh</b>
<b>Technische Parameter, Kraftwerk</b>		
Leistung, brutto, Feldbetrieb		MW
Elektrischer Wirkungsgrad, brutto		%
Kondensator		-
<b>Jahresertrag</b>		
<b>Nettostromerzeugung</b>		<b>GWh<sub>e</sub> / a</b>
<b>Vollbenutzungsstunden</b>		<b>h / a</b>
<b>Technisch/wirtschaftliche Eckdaten</b>		
Basisjahr	2012	-
kalkulatorische Lebensdauer	25	a
kalkulatorischer Zinssatz, real	4.58%	%
<b>Investitionsausgaben, 2012; ± 20%</b>		
spezifisch		<b>Mio. €</b> €/ kW
<b>Jahreskosten</b>		
Kapitaldienst		1000 € /a
Betriebskosten	1.50%/a	1.16
<b>Summe</b>		<b>1000 € /a</b>
<b>Spez. Stromgestehungskosten</b>		<b>€/ MWh</b>