

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



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

**Fallstudie 4.2**  
**Integriertes Modell**  
**Stromgestehungskosten**  
**Solarturm Krafwerke**

**Disclaimer:** Die Rechenbeispiele sind als Unterstützung für das Buch gedacht und haben ausschließlich den Zweck, dem Leser Hilfestellung zu bieten, um die Inhalte besser zu verstehen und den Rechengang nachzuvollziehen. Eine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität kann nicht übernommen werden. Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt, eine Vervielfältigung ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des gültigen Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland zulässig.

Hinweise, Anregungen und Verbesserungsvorschläge sind erwünscht und willkommen!

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

FlSt\_4.2\_Modell\_Tower.xls  
Ergebniiübersicht

Position	Einheit Unit	100 MW		
		TES 9 h	TES 12 h	TES 15 h
<b>Kraftwerksleistung, brutto</b>	<b>MW</b>	<b>100</b>		
Anzahl Kollektoren	-	7,158	8,978	11,074
Thermischer Speicher	h	9	12	15
Investitionsausgaben	Mio. €	584	698	822
Jahreseinstrahlung	kWh / ( m <sup>2</sup> a)	2,700		
Nettostromerzeugung	GWh /a	410.8	499.5	587.2
Stromgestehungskosten	€ / MWh	138.1	135.1	134.9
Jahreseinstrahlung	kWh / ( m <sup>2</sup> a)	2,400		
Nettostromerzeugung	GWh /a	365.2	444.0	521.9
Stromgestehungskosten	€ / MWh	155.3	152.0	151.8
Jahreseinstrahlung	kWh / ( m <sup>2</sup> a)	2,100		
Nettostromerzeugung	GWh /a	319.5	388.5	456.7
Stromgestehungskosten	€ / MWh	177.5	173.7	173.5

F1St\_4.2\_Modell\_Tower.xls

CAPEX

Position	Unit	Different Location		
<b>Auslegungsdaten</b>				
Nennleistung	MWe	100	100	100
Receiver Kapazität	MWt	475	594	713
Spiegelfläche des Solarfeldes	1000 m <sup>2</sup>	866	1,086	1,340
Anzahl thermischer Speicher	-			
Speicherkapazität	MWh	2,143	2,857	3,571
<b>EPC Kontrakt Kosten</b>	<b>Mio €</b>	<b>557.9</b>	<b>666.4</b>	<b>784.9</b>
Solarfeld	Mio €	190.5	235.4	288.9
Receiver	Mio €	85.5	105.3	124.5
Tower	Mio €	10.0	10.5	11.0
Thermischer Speicher	Mio €	64.3	85.7	107.1
Kraftwerksblock + SSG	Mio €	95.0	95.0	95.0
Verschiedenes	Mio €	35.6	42.6	50.1
Ingenieurleistungen	Mio €	28.9	34.5	40.6
Unvorhergesehenes	Mio €	48.1	57.4	67.7
Eigentümerkosten	Mio €	26.5	31.6	37.2
<b>Investitionsausgaben, gesamt, ± 20%</b>	<b>Mio €</b>	<b>584.4</b>	<b>698.0</b>	<b>822.1</b>
Spezifische Kosten	€ / kW	5,844	6,980	8,221

F1St\_4.2\_Modell\_Tower.xls

OPEX

Position			Unit	#REF!		
<b>Technisch-wirtschaftliche Eckdaten</b>						
Wechselkurs			EURO / US\$	1.40	1.40	1.40
Spiegelfläche			1000 m <sup>2</sup>	866	1,086	1,340
Stromerzeugung, brutto			GWh / a	451.5	548.9	645.3
<b>EPC-Preis</b>			<b>Mio €</b>	<b>471.0</b>	<b>564.0</b>	<b>665.6</b>
Solarfeld			Mio €	190.5	235.4	288.9
Thermischer Speicher			Mio €	149.8	191.0	231.6
Kraftwerksblock			Mio €	130.6	137.6	145.1
Bedienungspersonal			-	45	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	119.5	149.9	184.9
HTF Verbrauch		0.05 kg/m <sup>2</sup> a	t / a	60.8	54.3	64.1
HTF Preis			€ / t			
<b>Betriebskosten</b>						
<b>Fixe Betriebskosten</b>			<b>1000 €/a</b>	<b>9,989</b>	<b>11,710</b>	<b>13,560</b>
Solarfeld & Speicher		1.0%	1000 € / a	3,403	4,264	5,205
Kraftwerksblock		1.0%	1000 € / a	1,306	1,376	1,451
Personal			1000 € / a	2,925	3,250	3,575
Landpacht		-	1000 € / a	-	-	-
Versicherungen		0.5%	1000 € / a	2,355	2,820	3,328
<b>Betriebsstoffe</b>			<b>1000 €/a</b>	<b>893</b>	<b>1,069</b>	<b>1,249</b>
Brennstoff			1000 € / a	96	96	96
Wasser			1000 € / a	120	150	185
HTF			1000 € / a	-	-	-
Andere betriebsstoffe *)		1.5	1000 € / a	677	823	968
			<b>1000 € / a</b>	<b>10,882</b>	<b>12,779</b>	<b>14,809</b>

F1St\_4.2\_Modell\_Tower.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%	1.0%
Technologie-Risikoaufschlag	% /a	1.0%	0.0%
<b>Zwischensumme nach Steuer</b>	<b>% /a</b>	<b>11.0%</b>	<b>6.0%</b>
Körperschaftsteuer 25%	% /a	3.7%	0.0%
<b>Kapitalkosten vor Steuer</b>	% /a	<b>14.7%</b>	<b>6.0%</b>
<b>Gewichtetes Mittel der Kapitalkosten (WACC)</b>	<b>% /a</b>	<b>7.7%</b>	
./. Inflation	% /a	2.0%	
<b>WACC inflationsbereinigt, vor Steuer</b>	<b>% /a</b>	<b>5.6%</b>	

FlSt\_4.2\_Modell\_Tower.xls  
DifferentLocation

<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		
Solarwirkungsgrad (DNI zu Wärme)	80%	
Anzahl Heliostaten		-
Spiegelfläche, gesamt	121	1000 m <sup>2</sup>
<b>Receiverkapazität</b>		<b>MWt</b>
Thermische Leistung		MJ /s
Solarwärme zum Kraftwerk		MJ / s
Solar Multiple		-
<b>Thermischer Speicher</b>		<b>MWh</b>
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	92%	-
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>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	5.62%	%
<b>Investitionsausgaben, 2012; ± 20%</b>		<b>Mio. €</b>
spezifisch		€ / 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>

FlSt\_4.2\_Modell\_Tower.xls  
DifferentLocation (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>		
Spiegelfläche, gesamt	121	1000 m <sup>2</sup>
Receiverkapazität		MWt
<b>Thermischer Speicher</b>		MWh
<b>Technische Parameter, Kraftwerk</b>		
Leistung, brutto, Feldbetrieb		MW
Elektrischer Wirkungsgrad, brutto		%
Kondensator		-
<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	5.62%	%
<b>Investitionsausgaben, 2012; ± 20%</b>		<b>Mio. €</b>
spezifisch		€/ kW
<b>Jahreskosten</b>		
Kapitaldienst		1000 € /a
Betriebskosten	1.50%/a	1.16
<b>Summe</b>		<b>1000 € /a</b>
<b>Spez. Stromgestehungskosten</b>		€/ MWh