

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



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

**Fallstudie 4.3**  
**Integriertes Modell**  
**Stromgestehungskosten**  
**Windpark Onshore**

**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**

<b>Leistungsklasse kW</b>	<b>Nabenhöhe m</b>	<b>€ /kW</b>
1000	50 - 70	1050 - 1100
1500	70 - 90	1100 - 1150
2000	110 - 135	1150 - 1250
2500	140 - 160	1250 - 1300
3000	140 - 160	1250 - 1320

Preise inkl. Lieferung innerhalb von Deutschland

Windpark-Komponente	Einheit	Windparkgröße	
		50 MW	100 MW
<b>Leistungsdaten</b>			
Leistung pro WKA	MW	2.0	2.5
Anzahl WKA	-	25	40
WKA Lieferung und Aufstellung	€/MW	1,150	1185
<b>Investitionsausgaben, Kostenstand 2013, ±20%</b>			
Erschließung	1,000 €	1,730	3,560
WKA inkl. Lieferung & Aufstellung	1,000 €	57,500	118,500
Fundamente	1,000 €	2,300	4,740
Interne Verkabelung	1,000 €	2,880	5,925
Netzanbindung, 110 kV	1,000 €	3,160	5,674
Projektentwicklung, Ingenieurleistungen	1,000 €	2,880	5,158
Unvorhergesehenes, Sonstiges	1,000 €	2,880	5,158
<b>Summe</b>	<b>1,000 €</b>	<b>73,330</b>	<b>148,715</b>
<b>Spezifische Kosten</b>	<b>€/kW</b>	<b>1,470</b>	<b>1,490</b>

Position	Einheit Unit	Eigen- kapital	
		Equity	Debt
<b>Kapitalanteile</b>	%	<b>20</b>	<b>80</b>
Rendite/Zinssatz, risikofrei	% /a	5.0%	5.0%
Investitions-Risikoaufschlag	% /a	5.0%	0.0%
<b>Zwischensumme nach Steuern</b>	<b>% /a</b>	<b>10.0%</b>	<b>5.0%</b>
Körperschaftsteuer 25%	% /a	3.3%	0.0%
<b>Kapitalkosten vor Steuern</b>	% /a	<b>13.3%</b>	<b>5.0%</b>
<b>Gewichtetes Mittel der Kapitalkosten (WACC)</b>	% /a	<b>6.7%</b>	
./. Inflation	% /a	2.0%	
<b>WACC inflationsbereinigt, vor Steuern</b>	% /a	<b>4.6%</b>	

Position	Einheit	Wert
kalkulatorische Lebensdauer	a	20
Stromeigenverbrauch bei Anlagenstillstand	%	0.15
Wartungsvertrag	Cent / kWh	1.00
Betriebsführung/techn. Überwachung	% /a Invest.*)	1.30
Personal	Pers / WKA	0.10
Rücklagen für Entsorgung **)	% /a Invest.*)	0.80
Versicherungen ***)	% /a Invest.*)	0.50
Pachtkosten ****)	Cent / kWh	0.35

\*) bezogen auf die Gesamtinvestition ohne Ausgaben für Planung/Genehmigung und Bauzinsen

\*\*\*) entspricht 40% der Erstinvestition, verteilt über die letzten 10 Jahre

\*\*\*\*) Haftpflicht-, Maschinen- und Betriebsunterbrechungsversicherung

\*\*\*\*\*) abhängig von der jeweiligen Standortgüte, deswegen in Cent / kWh

Position	Einheit	Zahlenwert
<b>Technische Randbedingungen</b>		
Mittlere Windgeschwindigkeit am Standort	m / s	6.2
Elektrische Leistung der WKA	kW	2,500
Anzahl der WKA	Stck.	40
Energieertrag pro WKA	MWh/a	8,046
Gesamtleistung des Windparks	MW	100
Total Energieverluste	%	13%
Stromerzeugung, netto	MWh/a	280,001
Vollaststunden	h/a	2,800
<b>Wirtschaftliche Randbedingungen</b>		
Kalkulatorische Lebensdauer	a	20
Bauzeit	a	1.0
Eigenkapitalanteil	%	20
Inflation	% / a	2.0%
Kalkulatorischer-Mischzinssatz, nominal	% / a	6.7%
Kalkulatorischer Mischzinssatz, real *)	% / a	4.6%
Wartungsvertrag	Cent / kWh	1.00
Betriebsführung/techn. Überwachung	% Invest / a	1.3%
Versicherungen	% Invest / a	0.5%
Rücklagen Entsorgung	% Invest / a	0.8%
Personalbedarf	Pers/a	4
Personalkosten	T€/(Pers. a)	70
Pachtkosten	Cent / kWh	0.35
<b>Investitionsausgaben, Stand 2012, ±20%</b>	<b>Mio. €</b>	<b>148.7</b>
<b>Betriebskosten</b>	<b>1,000 €</b>	<b>8,776</b>
<b>Kapitaldienst</b>	<b>1,000 €</b>	<b>11,507</b>
<b>Gesamtjahreskosten</b>	<b>1,000 €</b>	<b>20,283</b>
<b>Spez. Stromgestehungskosten, real</b>	<b>€ / MWh</b>	<b>72.44</b>

\*) damit wird gerechnet

Position	Einheit	Betriebsjahr	Betriebsjahr																			
			Einheit																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Stromverkauf</b>		<b>GWh</b>	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	280.0	
Stromvergütung	75.84 €/MWh 2.00% a	€/MWh	77.4	78.9	80.5	82.1	83.7	85.4	87.1	88.9	90.6	92.5	94.3	96.2	98.1	100.1	102.1	104.1	106.2	108.3	110.5	112.7
<b>Erlöse aus Stromverkauf</b>		<b>Mio. € / a</b>	21.66	22.09	22.54	22.99	23.45	23.92	24.39	24.88	25.38	25.89	26.41	26.93	27.47	28.02	28.58	29.15	29.74	30.33	30.94	31.56
<b>Betriebsausgaben</b>	CAPEX= 148.7 Mio €		7.17	7.30	7.43	7.57	7.71	7.85	8.00	8.15	8.31	8.47	8.63	8.80	8.97	9.14	9.32	9.51	9.70	9.89	10.09	10.29
Wartungsvertrag	1.00 c/kWh 2.80 Mio € 2.50% a	Mio. € / a	2.87	2.94	3.02	3.09	3.17	3.25	3.33	3.41	3.50	3.58	3.67	3.77	3.86	3.96	4.06	4.16	4.26	4.37	4.48	4.59
Betriebführung/techn. Überwachung	1.30% a 1.93 Mio € 2.50% a	Mio. € / a	1.98	2.03	2.08	2.13	2.19	2.24	2.30	2.36	2.41	2.47	2.54	2.60	2.67	2.73	2.80	2.87	2.94	3.02	3.09	3.17
Versicherungen	0.50% a 0.74 Mio € 0.00% a	Mio. € / a	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Rücklagen Entsorgung	0.80% a 1.19 Mio € 0.00% a	Mio. € / a	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
Personalkosten	280 t/ha 0.28 Mio € 3.00% a	Mio. € / a	0.29	0.30	0.31	0.32	0.32	0.33	0.34	0.35	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.48	0.49	0.51
Pachtkosten	0.35 c/kWh 0.10 Mio € 0.00% a	Mio. € / a	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<b>Operatives Ergebnis (EBIDA)</b>		<b>Mio. € / a</b>	14.49	14.79	15.10	15.42	15.74	16.06	16.39	16.73	17.07	17.42	17.78	18.14	18.50	18.88	19.26	19.65	20.04	20.44	20.85	21.26
./. Abschreibungen	148.7 Mio € 20 a	Mio. € / a	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44
./. Fremdkapitalzinsen	119.0 Mio € 15 a 5.00% a	Mio. € / a	5.95	5.55	5.16	4.76	4.36	3.97	3.57	3.17	2.78	2.38	1.98	1.59	1.19	0.79	0.40	-	-	-	-	-
<b>Ergebnis vor Steuern</b>		<b>Mio. € / a</b>	1.11	1.81	2.51	3.22	3.94	4.66	5.39	6.12	6.86	7.61	8.36	9.11	9.88	10.65	11.43	12.21	12.60	13.01	13.41	13.83
./. Gewerbesteuer	0.00% MZ 400% Hebesatz	Mio. € / a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
./. Körperschaftsteuer	25.00% KSt-Satz	Mio. € / a	0.28	0.45	0.63	0.81	0.98	1.16	1.35	1.53	1.72	1.90	2.09	2.28	2.47	2.66	2.86	3.05	3.15	3.25	3.35	3.46
<b>Ergebnis nach Steuern</b>		<b>Mio. € / a</b>	0.83	1.35	1.88	2.42	2.95	3.49	4.04	4.59	5.15	5.70	6.27	6.84	7.41	7.99	8.57	9.16	9.45	9.75	10.06	10.37
+ Abschreibungen		Mio. € / a	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44
<b>Cashflow vor Darlehenstilgung</b>		<b>Mio. € / a</b>	8.26	8.79	9.32	9.85	10.39	10.93	11.48	12.03	12.58	13.14	13.70	14.27	14.84	15.42	16.01	16.59	16.89	17.19	17.50	17.81
Darlehenstilgung	119.0 Mio € 15 a Graco 0 a	Mio. € / a	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93	7.93
<b>Freies Cashflow</b>		<b>Mio. € / a</b>	0.3	0.9	1.4	1.9	2.5	3.0	3.5	4.1	4.6	5.2	5.8	6.3	6.9	7.5	8.1	8.6	8.9	9.2	9.5	9.8
<b>Schuldendeckungsgrad (DCR)</b>			1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	-	-	-	-	-
<b>IRR auf Investition</b>		<b>9.4%</b>																				
Erlöse		0.00	21.66	22.09	22.54	22.99	23.45	23.92	24.39	24.88	25.38	25.89	26.41	26.93	27.47	28.02	28.58	29.15	29.74	30.33	30.94	31.56
Investitionsausgaben		-148.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Betriebsausgaben		0.00	-7.17	-7.30	-7.43	-7.57	-7.71	-7.85	-8.00	-8.15	-8.31	-8.47	-8.63	-8.80	-8.97	-9.14	-9.32	-9.51	-9.70	-9.89	-10.09	-10.29
<b>Summe cash flows</b>		<b>-148.71</b>	<b>14.49</b>	<b>14.79</b>	<b>15.10</b>	<b>15.42</b>	<b>15.74</b>	<b>16.06</b>	<b>16.39</b>	<b>16.73</b>	<b>17.07</b>	<b>17.42</b>	<b>17.78</b>	<b>18.14</b>	<b>18.50</b>	<b>18.88</b>	<b>19.26</b>	<b>19.65</b>	<b>20.04</b>	<b>20.44</b>	<b>20.85</b>	<b>21.26</b>
<b>IRR auf Eigenkapital vor Steuern</b>		<b>15.5%</b>																				
Erlöse		0.00	21.66	22.09	22.54	22.99	23.45	23.92	24.39	24.88	25.38	25.89	26.41	26.93	27.47	28.02	28.58	29.15	29.74	30.33	30.94	31.56
Darlehen		118.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Investitionsausgaben		-148.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Betriebsausgaben		0.00	-7.17	-7.30	-7.43	-7.57	-7.71	-7.85	-8.00	-8.15	-8.31	-8.47	-8.63	-8.80	-8.97	-9.14	-9.32	-9.51	-9.70	-9.89	-10.09	-10.29
Darlehenstilgung		0.00	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93	-7.93
Darlehenszinsen		0.00	-5.95	-5.55	-5.16	-4.76	-4.36	-3.97	-3.57	-3.17	-2.78	-2.38	-1.98	-1.59	-1.19	-0.79	-0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Summe cash flows vor Steuern</b>		<b>-29.74</b>	<b>0.61</b>	<b>1.31</b>	<b>2.02</b>	<b>2.73</b>	<b>3.44</b>	<b>4.16</b>	<b>4.89</b>	<b>5.62</b>	<b>6.36</b>	<b>7.11</b>	<b>7.86</b>	<b>8.62</b>	<b>9.38</b>	<b>10.15</b>	<b>10.93</b>	<b>11.65</b>	<b>12.44</b>	<b>13.24</b>	<b>14.05</b>	<b>14.87</b>
<b>IRR auf Eigenkapital nach Steuern</b>		<b>12.6%</b>																				
Körperschaft- & Gewerbesteuer		-	-0.28	-0.45	-0.63	-0.81	-0.98	-1.16	-1.35	-1.53	-1.72	-1.90	-2.09	-2.28	-2.47	-2.66	-2.86	-3.05	-3.15	-3.25	-3.35	-3.46
<b>Summe cash flows nach Steuern</b>		<b>-29.74</b>	<b>0.33</b>	<b>0.86</b>	<b>1.39</b>	<b>1.92</b>	<b>2.46</b>	<b>3.00</b>	<b>3.54</b>	<b>4.09</b>	<b>4.65</b>	<b>5.21</b>	<b>5.77</b>	<b>6.34</b>	<b>6.91</b>	<b>7.49</b>	<b>8.07</b>	<b>8.65</b>	<b>9.23</b>	<b>9.81</b>	<b>10.39</b>	<b>10.97</b>

Position	Einheit	Betriebsjahr						
Position	Einheit	Betriebsjahr						
		1	2	3	.....	18	19	20
<b>Stromverkauf</b>	<b>GWh</b>	<b>280.0</b>	<b>280.0</b>	<b>280.0</b>	.....	<b>280.0</b>	<b>280.0</b>	<b>280.0</b>
Stromvergütung	€/MWh	77.4	78.9	80.5	.....	108.3	110.5	112.7
<b>Erlöse aus Stromverkauf</b>	<b>Mio. € / a</b>	<b>21.66</b>	<b>22.09</b>	<b>22.54</b>	.....	<b>30.33</b>	<b>30.94</b>	<b>31.56</b>
<b>Betriebsausgaben</b>	<b>Mio. € / a</b>	<b>7.17</b>	<b>7.30</b>	<b>7.43</b>	.....	<b>9.89</b>	<b>10.09</b>	<b>10.29</b>
Wartungsvertrag	Mio. € / a	2.87	2.94	3.02	.....	4.37	4.48	4.59
Betriebsführung/techn. Überwachung	Mio. € / a	1.98	2.03	2.08	.....	3.02	3.09	3.17
Versicherungen	Mio. € / a	0.74	0.74	0.74	.....	0.74	0.74	0.74
Rücklagen Entsorgung	Mio. € / a	1.19	1.19	1.19	.....	1.19	1.19	1.19
Personalkosten	Mio. € / a	0.29	0.30	0.31	.....	0.48	0.49	0.51
Pachtkosten	Mio. € / a	0.10	0.10	0.10	.....	0.10	0.10	0.10
<b>Operatives Ergebnis (EBIDA)</b>	<b>Mio. € / a</b>	<b>14.49</b>	<b>14.79</b>	<b>15.10</b>	.....	<b>20.44</b>	<b>20.85</b>	<b>21.26</b>
./. Abschreibungen	Mio. € / a	7.44	7.44	7.44	.....	7.44	7.44	7.44
./. Fremdkapitalzinsen	Mio. € / a	5.95	5.55	5.16	.....	-	-	-
<b>Ergebnis vor Steuern</b>	<b>Mio. € / a</b>	<b>1.11</b>	<b>1.81</b>	<b>2.51</b>	.....	<b>13.01</b>	<b>13.41</b>	<b>13.83</b>
./. Körperschaftsteuer	Mio. € / a	0.28	0.45	0.63	.....	3.25	3.35	3.46
<b>Ergebnis nach Steuern</b>	<b>Mio. € / a</b>	<b>0.83</b>	<b>1.35</b>	<b>1.88</b>	.....	<b>9.75</b>	<b>10.06</b>	<b>10.37</b>
+ Abschreibungen	Mio. € / a	7.44	7.44	7.44	.....	7.44	7.44	7.44
<b>Cashflow vor Darlehenstilgung</b>	<b>Mio. € / a</b>	<b>8.26</b>	<b>8.79</b>	<b>9.32</b>	.....	<b>17.19</b>	<b>17.50</b>	<b>17.81</b>
Darlehenstilgung	Mio. € / a	7.93	7.93	7.93	.....	-	-	-
<b>Freies Cashflow</b>	<b>Mio. € / a</b>	<b>0.3</b>	<b>0.9</b>	<b>1.4</b>	.....	<b>17.2</b>	<b>17.5</b>	<b>17.8</b>
<b>Schuldendeckungsgrad (DCR)</b>		<b>1.0</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	.....	-	-	-
<b>IRR auf Investition</b>	<b>9.4%</b>				.....			
<b>IRR auf Eigenkapital vor Steuern</b>	<b>15.5%</b>				.....			
<b>IRR auf Eigenkapital nach Steuern</b>	<b>12.6%</b>				.....			