

Praxisbuch Energiewirtschaft
4. Auflage 2017



Kapitel 3
Kraftwerke, Technologien und Kosten

Fall Studie_3.1
Integriertes Modell
Stromgestehungskosten
Fossilbefeuerte Kraftwerke

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

Technische Parameter
Leistungsdaten
Wirkungsgrad
Brennstoffdaten
Eigenbedarf

Technisch/wirtschaftliche Eckdaten
Bauzeit
kalkulatorische Lebensdauer
kalkulatorischer Zinssatz
Brennstoffpreise
Personal, Personalkosten
Instandhaltungssätze
Kosten für Hilfsstoffe, Entsorgungsprodukte
Eskalationsraten
Steuersätze
CO ₂ -Zertifikatskosten

Leistungs-, Energie- und Stoffbilanz
typische Benutzungsdauer
Leistungsabgabe ans Netz
Stromabgabe ans Netz
CO ₂ -Emissionen
Hilfsstoffe, Entsorgungsprodukte

Investitionsausgaben €
Anschaffungspreis
Bauherren/Ingenieurleistungen
Bauzinsen, Stilllegungskosten

Stromgestehungskosten € / a
fixe Kosten
Kapitaldienst
fixe Instandhaltungskosten
Personalkosten
Versicherungen/Overheads
variable Kosten
Brennstoffkosten
variable Instandhaltungskosten
Kosten für Hilfsstoffe/Entsorgungsprodukte

Spezifische Stromgestehungskosten
Leistungskosten € / (kW a)
Arbeitskosten € / MWh
Durchschnittskosten € / MWh

Sensitivitätsanalyse
Benutzungsdauer
Brennstoffpreise
Investitionsausgaben
CO ₂ -Kosten



Kraftwerkstyp	Installierte elektrische Leistung MW				
	150	250	400	700	1100
Braunkohle, Staubfeuerung	-	-	-	5.5	4.5
Steinkohle, Staubfeuerung	-	-	8.0	7.5	-
Steinkohle, Wirbelschicht	14.0	12.0	-	-	-
Erdgas, Dampfkraftwerk	4.0	3.5	3.0	-	-
Erdgas, GuD-Kraftwerk	2.5	2.0	1.5	-	-
Erdgas, GT-Kraftwerk	1.0	1.0	-	-	-
Prozentsätze bezogen auf die Bruttoleistung					

Merkmal	Braun- kohle	Stein- kohle	Erdgas- GuD	Erdgas GT
Handelseinheit	t	t SKE	MWh in Ho	MWh in Ho
Heizwert MWh pro Handelseinheit	2.9	8.14	11.5	11.5
Benutzungsdauer h/a	8,000	7,500	4,500	1,250
€/ Handelseinheit:				
Grenzübergang 2015 *)	-	72.0	20.6	20.6
Inlandtransport, geschätzt **)	-	6.00	6,500 € / (MWh a)	6,500 € / (m3 a)
frei Kraftwerk	18.00	78.00	2.44 **)	5.20
Handelsmarge 5%	-	3.60	1.03	1.03
€/ MWh in H_u frei Kraftwerk	6.21	10.02	26.66	29.71
€/ MWh in H_u frei Kraftwerk	6.30	10.10	26.70	29.80

*) Quelle BAFA,

Steinkohle:: plus 4 € /t Umschlag und Entladegebühr auf Binnenlandschiff,

**) Erdgas Netznutzung Kapazitätsentgelt + 1 € /MWh Volumenpreis

Merkmal	Einheit	Braun- kohle	Stein- kohle	Erdgas- GuD	Erdgas GT
El. Nettowirkungsgrad, BAT	-	45.0%	46.0%	56.0%	34.0%
Brennstoff-Emissionsfaktor ¹⁾	t CO ₂ / GWh _{Hu}	410	342	202	202
Produktmissionen pro MWh _{el}	t CO ₂ / GWh _{el}	912	743	360	593
davon kostenlos gemäß ZuG 2020	%	0.0%			
Beschaffung vom Markt	t CO ₂ / GWh _{el}	912	743	360	593
Kostenansatz für EB, Basisfall	€ / t CO ₂	0			
CO₂-Kosten pro MWh_{el}	€ / MWh_{el}	0.00	0.00	0.00	0.00

1) Emissionsfaktoren beziehen sich auf "Steinkohle Import China", "Rohbraunkohle Rheinland" und "Erdgas H" nach DEHSt-Liste MVO

Grenzkosten € / MWh _{el} für CO ₂ Zertifikate				
€ / t CO ₂	BK-KW	SK-KW	GuD-KW	GT-KW
0	-	-	-	-
5	4.56	3.72	1.80	2.96
10	9.12	7.43	3.60	5.93
15	13.68	11.15	5.40	8.89
20	18.24	14.87	7.20	11.86
25	22.80	18.59	9.00	14.82
30	27.36	22.30	10.80	17.79
35	31.92	26.02	12.60	20.75
40	36.48	29.74	14.40	23.72
Brennstoffpreis in €/MWh _{Hu}	6.30	10.10	26.70	29.80

	BK-KW	SK-KW	GuD-KW	GT-KW
	€/ MWh			
REA+ Asche	1.06	0.55	-	-
Entstickung	-	0.25	-	-
Sonstiges	0.60	0.50	0.50	0.50
Summe	1.66	1.30	0.50	0.50

Position	Einheit	Konventionell	
		Eigenkapital	Darlehen
Kapitalanteile	%	30%	70%
Risikofreier Rendite/Zinssatz	% /a	5.0%	5.0%
Investitions-Risikoaufschlag	% /a	6.0%	1.0%
Technologie-Risikoaufschlag	% /a	0.0%	0.0%
Land-Risikoaufschlag	% /a	0.0%	0.0%
Zwischensumme nach Steuern	% /a	11.0%	6.0%
Körperschaftsteuer 25%	% /a	3.7%	0.0%
Kapitalkosten vor Steuern	% /a	14.7%	6.0%
Gewichteter Mittelwert (WACC)	% /a	8.60%	
./. Inflation (längerfristiger Zielwert *)	% /a	2.00%	
WACC inflationsbereinigt, vor Steuern	% /a	6.47%	

*) angestrebter Zielwert weltweit

Position	Einheit	Kraftwerkstyp			
		BK-KW	SK-KW	GuD-KW	GT-KW
Technische Parameter					
El. Leistung, brutto	MW	1,100	700	400	150
davon Gasturbine	MW	0	0	260	150
Stromeigenbedarf	%	5.5%	7.4%	1.5%	1.0%
el. Leistung, netto	MW	1,040	648	394	149
Feuerungswärmeleistung	MW	2,311	1,408	703	438
el. Wirkungsgrad, netto	-	45.0%	46.0%	56.0%	34.0%
Brennstoff, Handelseinheit	-	BK / t	SK / t	EG / MWh	EG / MWh
Heizwert pro Handelseinheit	MJ / kg	10.5	29.3	-	-
Emissionen pro MWh Brennstoff	kg / MWh _{Br}	410	342	202	202
Emissionen pro MWh elektrisch	kg / MWh _{el}	911	743	360	594
Technisch-wirtschaftliche Eckdaten					
Bauzeit	Jahre	4.0	3.0	2.0	1.0
Kalkulatorische Lebensdauer	a	35	35	25	25
Kalkulatorischer Zinssatz, inkl. Ertragsteuern, real	-	6.47%	6.47%	6.47%	6.47%
Brennstoffpreis in Hu (Grenzübergangspreis 2015 + NNE)	€ / MWh	6.30	10.10	26.70	29.80
Bedienungspersonal	Personen	80	70	30	5
Personalkosten	T€ / (Pers. a)	100	100	100	100
Instandhaltung fix (bez. auf EPC-Preis)	% / a	1.6%	1.5%	0.7%	0.5%
Instandhaltung variabel (Wartungsvertrag für GT)	€ / MWh _{el}	0.00	0.00	3.00	5.00
Hilfs- u. Betriebsstoffe / Reststoffentsorgung	€ / MWh _{el}	1.65	1.30	0.50	0.50
Versicherungen / Overheads	% / a	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
Kostenlose Zuteilung von CO ₂ -EB	t / MWh _{el}	0.0%	0	0	0
Ansatz Zertifikatskosten pro t CO ₂	€ / t	0	0	0	0
Investitionsausgaben					
spezifische Investition	€ / kW	2,000.0	1,700.0	680.0	550.0
Anschaffungspreis, (EPC-Preis)	Mio. €	2,200.0	1,190.0	272.0	82.5
Bauherren-, Ingenieurleistungen, Sonstiges	7.5% Mio. €	165.0	89.3	20.4	6.2
Stilllegungskosten	0.5% Mio. €	11.0	6.0	1.4	0.4
Bauzinsen auf EPC-Preis x Fremdkapital	70% 6.0% /a Mio. €	186.0	72.3	10.3	1.3
Energie- und Emissionsbilanz für typische Benutzungsdauer					
Volllaststunden *)	h / a	8,000	7,500	4,500	1,250
Stromerzeugung, netto	GWh / a	8,320	4,860	1,773	186
Brennstoffverbrauch	GWh / a	18,488	10,560	3,164	548
CO ₂ -Emissionen, gesamt	kt / a	7,580	3,612	639	111
Beschaffung CO ₂ -EB vom Markt	kt / a	7,580	3,612	639	111
Stromgestehungskosten					
fixe Kosten	Mio. € / a	246.5	132.9	31.6	8.8
Kapitaldienst	Mio. € / a	186.6	98.9	24.9	7.4
Instandhaltung (Eskalationsrate, real)	1.0% /a Mio. € / a	39.9	20.2	2.1	0.5
Personal (Eskalationsrate, real)	1.0% /a Mio. € / a	9.1	7.9	3.3	0.6
Versicherungen/Overheads	Mio. € / a	11.0	6.0	1.4	0.4
variable Kosten	Mio. € / a	130.2	113.0	90.7	17.3
Brennstoff	Mio. € / a	116.5	106.7	84.5	16.3
Instandhaltungsvertrag für GT	Mio. € / a	0.0	0.0	5.3	0.9
Betriebsstoffe/Reststoffentsorgung	Mio. € / a	13.7	6.3	0.9	0.1
CO ₂ -Zertifikatskosten	Mio. € / a	0.0	0.0	0.0	0.0
Summe Jahreskosten	Mio. € / a	376.7	245.9	122.3	26.2
Spez. Kosten für typische Benutzungsdauer	€ / MWh	45.27	50.60	68.99	140.42
davon Kosten für CO ₂ Zertifikate	€ / MWh	0.00	0.00	0.00	0.00
Leistungskosten	€ / (kW*a)	236.99	205.15	80.31	59.15
Arbeitskosten	€ / MWh	15.65	23.25	51.14	93.10

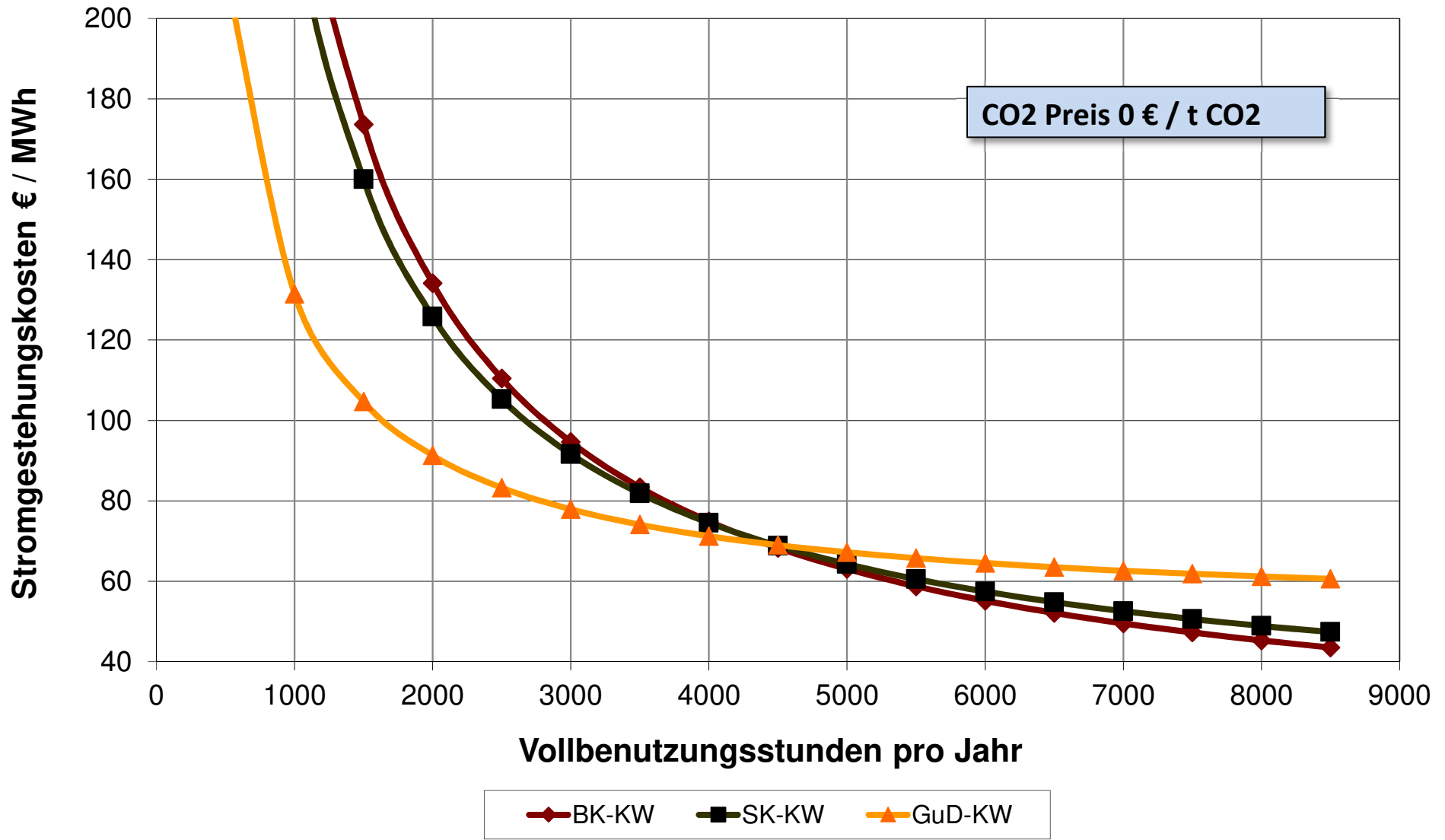
Position	Einheit	Kraftwerkstyp			
		BK-KW	SK-KW	GuD-KW	GT-KW
Technische Parameter					
El. Leistung, brutto	MW	1,100	700	400	150
davon Gasturbine	MW	0	0	260	150
El. Wirkungsgrad, netto	-	45.0%	46.0%	56.0%	34.0%
Technisch-wirtschaftliche Eckdaten					
Bauzeit	Jahre	4.0	3.0	2.0	1.0
kalkulatorische Lebensdauer	a	35	35	25	25
kalkulatorischer Zinssatz, inkl. Ertragsteuern, real	-	6.47%	6.47%	6.47%	6.47%
Brennstoffpreis in Hu (Grenzübergangspreis 2015 + NNE)	€ / MWh	6.30	10.10	26.70	29.80
Investitionsausgaben	Mio. €	2,562.0	1,357.5	304.1	90.4
Energie- und Emissionsbilanz für typische Benutzungsdauer					
Volllaststunden *)	h / a	8,000	7,500	4,500	1,250
Stromerzeugung, netto	GWh / a	8,320	4,860	1,773	186
Brennstoffverbrauch	GWh / a	18,488	10,560	3,164	548
CO ₂ -Emissionen, gesamt	kt / a	7,580	3,612	639	111
Beschaffung CO ₂ -EB vom Markt	kt / a	7,580	3,612	639	111
Stromgestehungskosten					
fixe Kosten	Mio. € / a	246.5	132.9	31.6	8.8
Kapitaldienst	Mio. € / a	186.6	98.9	24.9	7.4
Instandhaltung (Eskalationsrate, real) 1.0% /a	Mio. € / a	39.9	20.2	2.1	0.5
Personal (Eskalationsrate, real) 1.0% /a	Mio. € / a	9.1	7.9	3.3	0.6
Versicherungen/Overheads	Mio. € / a	11.0	6.0	1.4	0.4
variable Kosten	Mio. € / a	130.2	113.0	90.7	17.3
Summe Jahreskosten	Mio. € / a	376.7	245.9	122.3	26.2
Spez. Kosten für typische Benutzungsdauer	€ / MWh	45.27	50.60	68.99	140.42
davon Kosten für CO ₂ Zertifikate	€ / MWh	0.00	0.00	0.00	0.00
Leistungskosten	€ / (kW*a)	236.99	205.15	80.31	59.15
Arbeitskosten	€ / MWh	15.65	23.25	51.14	93.10

Position	Einheit	Kraftwerkstyp			
		BK-KW	SK-KW	GuD-KW	GT-KW
El. Leistung, brutto	MW	1,100	700	400	150
typische Benutzungsdauer	h / a	8,000	7,500	4,500	1,250
spezifische Durchschnittskosten	€ / MWh	45.27	50.60	68.99	140.42
davon Kosten für CO ₂ Zertifikate *)	€ / MWh	-	-	-	-
Leistungskosten	€ / (kW*a)	237	205	80	59
Arbeitskosten *)	€ / MWh	15.65	23.25	51.14	93.10

*) CO₂ Preis 0.00 € / t

Position	Einheit	Kraftwerkstyp			
		BK-KW	SK-KW	GuD-KW	GT-KW
El. Leistung, Brutto	MW	1,100	700	400	150
El. Leistung, netto	MW	1,040	648	394	149
Benutzungsdauer	h / a	8,000	7,500	4,500	1,250
Nettostromerzeugung	GWh / a	8,320	4,860	1,773	186
Spez. Stromgestehungskosten	€ / MWh	45.27	50.60	68.99	140.42
fixe Kosten, Summe		29.62	27.35	17.85	47.32
Kapitalkosten		22.42	20.34	14.02	39.69
Instandhaltung	€ / MWh	4.79	4.16	1.19	2.45
Personal		1.09	1.63	1.87	2.97
Versicherungen/Overheads		1.32	1.22	0.77	2.21
variable Kosten, Summe		15.65	23.25	51.14	93.10
Brennstoff		14.00	21.95	47.64	87.60
Instandhaltung	€ / MWh	-	-	3.00	5.00
Hilfs- und Betriebsstoffe/Reststoffe		1.65	1.30	0.50	0.50
CO ₂ -Zertifikatskosten 0 € / t _{CO2}		-	-	-	-

Stromgestehungskosten € / MWh				
h/a	BK-KW	SK-KW	GuD-KW	GT-KW
500	489.64	433.54	211.76	211.39
1000	252.64	228.39	131.45	152.25
1500	173.65	160.01	104.68	132.53
2000	134.15	125.82	91.29	122.67
2500	110.45	105.31	83.26	116.76
3000	94.65	91.63	77.91	112.82
3500	83.36	81.86	74.09	110.00
4000	74.90	74.53	71.22	107.89
4500	68.31	68.83	68.99	106.24
5000	63.05	64.28	67.20	104.93
5500	58.74	60.55	65.74	103.85
6000	55.15	57.44	64.52	102.96
6500	52.11	54.81	63.50	102.20
7000	49.51	52.55	62.61	101.55
7500	47.25	50.60	61.85	100.99
8000	45.27	48.89	61.18	100.49
8500	43.53	47.38	60.59	100.06



Kumulierte Stromgestehungskosten € / kW				
h/a	BK-KW	SK-KW	GuD-KW	GT-KW
50	238	206	83	64
250	241	211	93	82
500	245	217	106	106
750	249	223	119	129
1000	253	228	131	152
1250	257	234	144	176
1500	260	240	157	199
1750	264	246	170	222
2000	268	252	183	245
2250	272	257	195	269
2500	276	263	208	292
2750	280	269	221	315
3000	284	275	234	338
3250	288	281	247	362
3500	292	287	259	385
3750	296	292	272	408
4000	300	298	285	432
4250	304	304	298	455
4500	307	310	310	478
4750	311	316	323	501
5000	315	321	336	525
5250	319	327	349	548
5500	323	333	362	571
5750	327	339	374	594
6000	331	345	387	618
6250	335	350	400	641
6500	339	356	413	664
6750	343	362	426	688
7000	347	368	438	711
7250	350	374	451	734
7500	354	379	464	757
7750	358	385	477	781
8000	362	391	489	804
8250	366	397	502	827
8500	370	403	515	850
8750	374	409	528	874

