

E-quad Power Systems



Capstone Mikrogasturbinen
Einfach. Sauber.
Wärme und Strom erzeugen

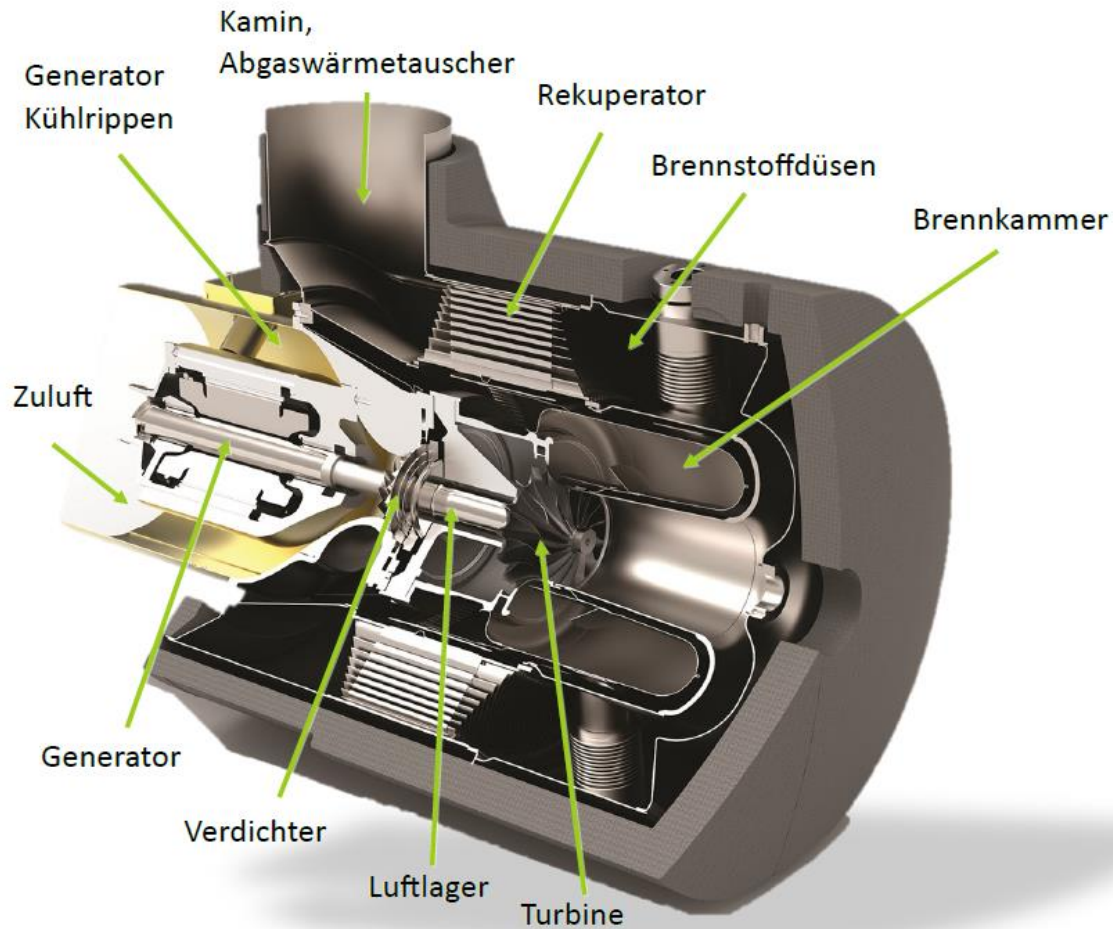
E-quad Power Systems GmbH (EPS)

- **Gründung** im April 2004 als Spin-Off der Fachhochschule Aachen
- **Deutschlandweiter Distributor** und autorisierter Service-Provider für fossil befeuerte Capstone Mikrogasturbinen
- **Leistungen von EPS**
 - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur KWK-Technik
 - Anlagenprojektierung und Planung
 - Kundenspezifische Auslegung der Peripherie
 - Schalt-/ Steuerschränke inkl. MSR
 - Wärmetauscher
 - Gasregelstrecken und – Verdichter
 - Wartung und Service inkl. Vollwartungsverträge

Definition und Ursprung von Mikrogasturbinen (MGT)

- Als Mikrogasturbinen werden im allgemeinen kleine, schnelllaufende Gasturbinen bis zu einer elektr. Leistung von 250 kW bezeichnet. Es sind Einwellen-Turbinen mit einstufigem Radialverdichter sowie radialer Arbeitsturbine. Der Permanent-Magnet des Generators ist ebenfalls fest auf dieser Welle aufgebracht.
- Die Entwicklung der Mikrogasturbine von Capstone startete in den 90er-Jahren mit dem Ziel, einen robusten, effizienten und zuverlässigen Stromerzeuger für das Militär zu entwickeln.

Capstone C65 im Querschnitt



Produktpalette Capstone Mikrogasturbinen



- **C65** Erdgas / LPG / Biogas
- **C65** Diesel / Heizöl / Kerosin
- **C200S** Erdgas / Biogas / Diesel
- **C600S - C800S - C1000S**



Mikrogasturbine C200S - C1000S

Mikrogasturbine C200S:

größtes, alleinstehendes Aggregat

Mikrogasturbinen C400S-C1000S:

bei den in Containern verbauten Anlagen handelt es sich um 3, 4, oder 5 als kaskadierende Lösung geschaltete Mikrogasturbinen vom Typ C200S.



C200S



C400S – C800S- C1000S

* Werte sind bezogen auf Hochdruck-Version

Technische Daten + KWK Förderung

	C50	C65	2xC50	C200S	C600S*	C800S*	C1000S*
Elektr. Leistung	50kW	61kW	100kW	191kW	600kW	800kW	1000kW
Elektr. Wirkungsgrad	26%	27%	27%	31%	33%	33%	33%
Therm. Leistung WT (RL:60°C-VL:80°C)	110kW	126kW	220kW	295kW	860kW	1.150kW	1.440kW
Gesamtwirkungsgrad	83%	83%	83%	80%	81%	81%	81%
Abgasleistung (15°C)	132kW	148kW	264kW	395kW	1.170KW	1.560kW	1.950kW
Gesamtwirkungsgrad	95%	94%	95%	97%	97%	97%	97%
Brennstoffeinsatz (Hi)	192kW	224kW	384kW	606kW	1.818KW	2.424kW	3.030kW
Abgastemperatur	294°C	309°C	294°C	280°C	280°C	280°C	280°C
KWK Vergütung (Eigenbedarf)	8,00 Ct/kWh	3,77 Ct/kWh	3,50 Ct/kWh	nur stromkostenintensive Unternehmen			
Laufzeit der Förderung	30.000 VBh	30.000 VBh	30.000 VBh	30.000 VBh/ nur stromkostenintensive Unternehmen			

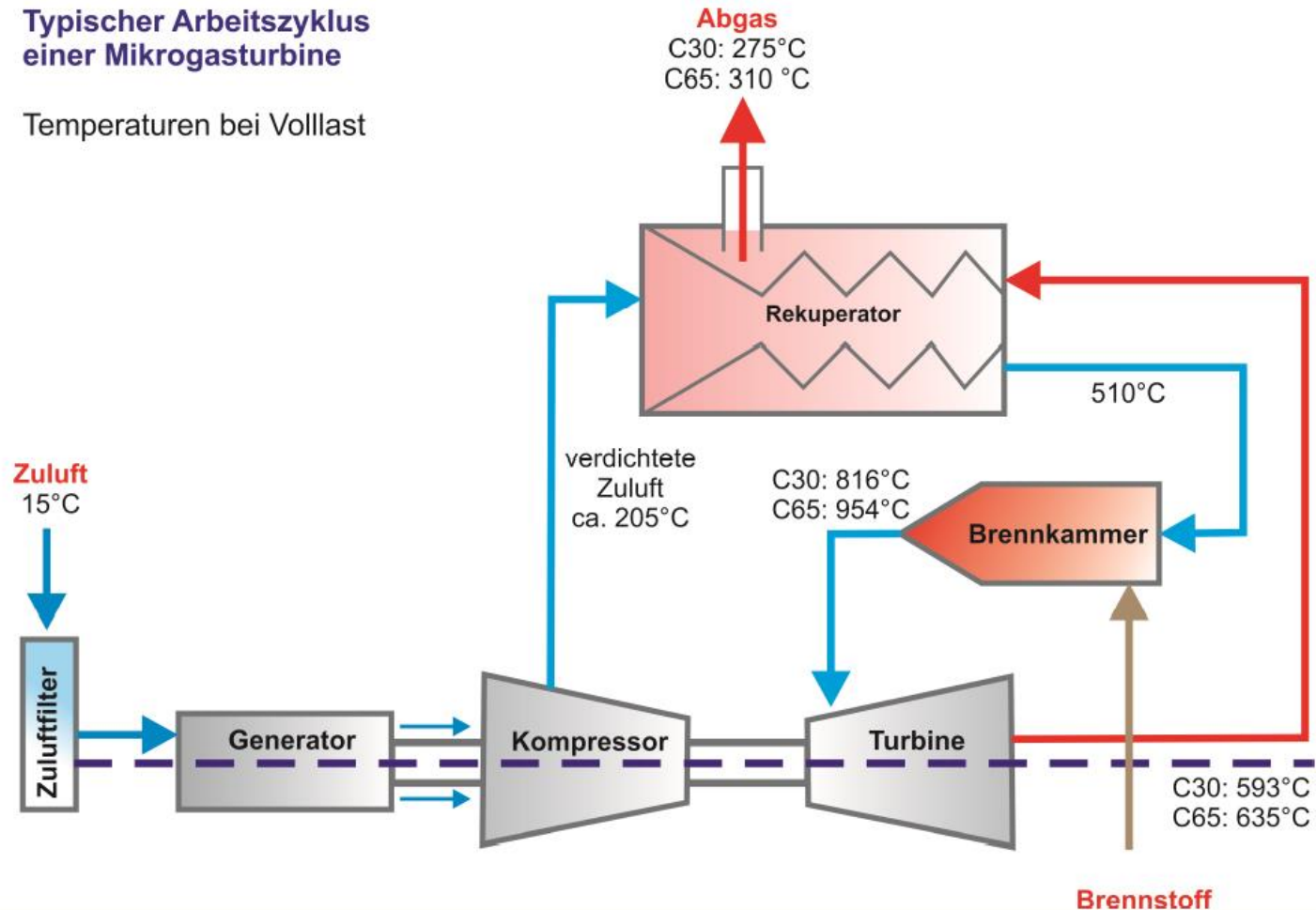
Besonderheiten der MGT-Technologie

- Einzigartige Luftlagertechnologie – schmier- & kühlmittelfrei
- 100% der thermischen Energie auf einem Temperaturniveau – ideal für KWK u. Trocknung
- nur ein bewegtes Teil – wartungsarm, kein Körperschall
- geringe Abgasemissionen
 - CO < 50 mg/m³
 - NO_x < 19 mg/m³
 - Formaldehyd < 2mg/m³
 - **ohne** zusätzliche Katalysator-Technik
- elektronisches Getriebe- kompakte Bauweise
- 100% modulierbar, mit sehr gutem Teillastverhalten

Aufbauschema und Arbeitsparameter

Typischer Arbeitszyklus
einer Mikrogasturbine

Temperaturen bei Volllast



Anbindungsmöglichkeiten und wirtschaftliche Aspekte der MGT

- **Warm- und Heißwassererzeugung mit Abgaswärmetauscher**
 - Wohnungswirtschaft, Wärmenetze, Krankenhäuser, Schwimmbäder, Industrieprozesse
- **Thermoölkreisläufe**
 - Hochtemperaturanwendungen, Produktionsprozesse
- **Kälte über Absorptionskältemaschinen**
 - Industrieprozesse, Klimatisierung von Gebäuden, Tiefkühlkälte
- **Dampferzeugung, Kanalbrenner (direkt und indirekt)**
 - Wäschereien, Produktionsprozesse, Desinfektion
- **Direkte Abgasnutzung**
 - industrielle Trocknungsprozesse

Anbindungsmöglichkeiten der MGT -Einsatz mit Wärmetauscher-

bei Warmwasser-Erzeugung VL 80°C/ RL 60°C
(ohne Modulationsbedarf)

Vorteile gegenüber Motoren-BHKWs

hohe Verfügbarkeit



Prozesssicherheit

8.000 Std. Wartungsintervall



geringe Wartungs- und
Betriebskosten

Anbindungsmöglichkeiten der MGT -Einsatz mit Wärmetauscher-

Warm- oder Heisswasser-Erzeugung >Vorlauf 80°C / Rücklauf 60°C,
schwankenden oder hohen Rücklauftemperaturen >80°C

Mikrogasturbinen sind **nicht** an bestimmte Temperaturfenster gebunden (bspw. zur Kühlung des Motors) sondern können **alle gewünschten Temperaturbereiche** abdecken und bei sehr kleinem Δt **ohne** Takten oder Notkühlen störungsfrei funktionieren.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten:

- Thermoöl-Kreisläufe (z.B. für Hochtemperaturanwendungen)
- Anbindung an Absorptionskälteanlagen für Erzeugung von Klimatisierungs-Kälte oder Tiefkühl-Kälte

Anbindungsmöglichkeiten der MGT -Dampferzeugung-

MGTs bieten interessante, wirtschaftliche Anbindungsmöglichkeiten zum Betrieb mit Dampferzeugern

1. Turbinenabgas wird ohne Zusatzfeuerung direkt in den Dampfkessel geleitet.
2. Turbinenabgase werden über einen Kanalbrenner zur Temperaturanhebung (z.B. um 100°C) geführt und werden dann in den Dampfkessel geleitet
3. Verwendung der Turbinenabgase als primäre Verbrennungsluft in Abgasbrenner (MGT-Lambda 6-7)
=> Optimale energetische Kopplung

Anbindungsmöglichkeiten der MGT

-Direkte Abgasnutzung für Trocknungsanwendungen-

Abgasnutzung mit energetisch und wirtschaftlich besten Ergebnissen für Trocknungsanwendungen in Industrieprozessen mit bis zu 97% Gesamtwirkungsgrad

- Lebensmittelindustrie
- Trocknung von lackierten oder galvanisch behandelten Bauteilen
- Chemieindustrie
- Papier und Pappe-Industrie
- Trocknung von Erden, Kalk, Schotter

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Warmwasserbereitung

Betrachtung Amortisationszeit (statisch) 100% Eigenverbrauch
von 5xC65, C400S, C1000S

- 7.000 Volllastbetriebsstunden
- Strombezugspreis 14 ct/kwh,
- Gasbezugspreis 3 ct/kwh

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Capstone Mikrogasturbine KWKG 20				
E-quad Power Systems GmbH, Herzogenrath				
Erdgasdaten		Wärmepreis **		
Arbeitspreis	0,030	€/kWh	Wärme €/kWh	0,045
durchschn.CO2-Preis 10 Jahre	10,40	€/MWh		
zukünftiger Erdgaspreis	0,040			
Energiesteuer	5,500	€/MWh		
Stromkosten		Standzeit		
Strombezugspreis*	0,1400	€/kWh	Betriebsst.	80.000
			Eigenstromverbrauch	
			MWh/a	20.000
Einspeisevergüt. bei 400kW	0,087			
Einspeisevergüt. bei 1000kW	0,082	€/kWh		
Stromintensives Unternehmen	nein			
EEG-Umlage	40	%		
Modell MGT		C400S	C1000S	
Volllastbetriebsstunden	7.000	7.000	7.000	Bst./a
Anlagenpreis***	551.000	635.000	1.285.000	€
Vollwartungskosten	4,90	5,16	12,90	€/Bst.
Investitionszuschuss				€
Einbindung	30.000	30.000	60.000	€
Nutzungsdauer der Anlage	11,4	11,4	11,4	Jahre
Annuitätsfaktor	0,09	0,09	0,09	
Kapitalkosten	50.838	58.188	117.688	€/a

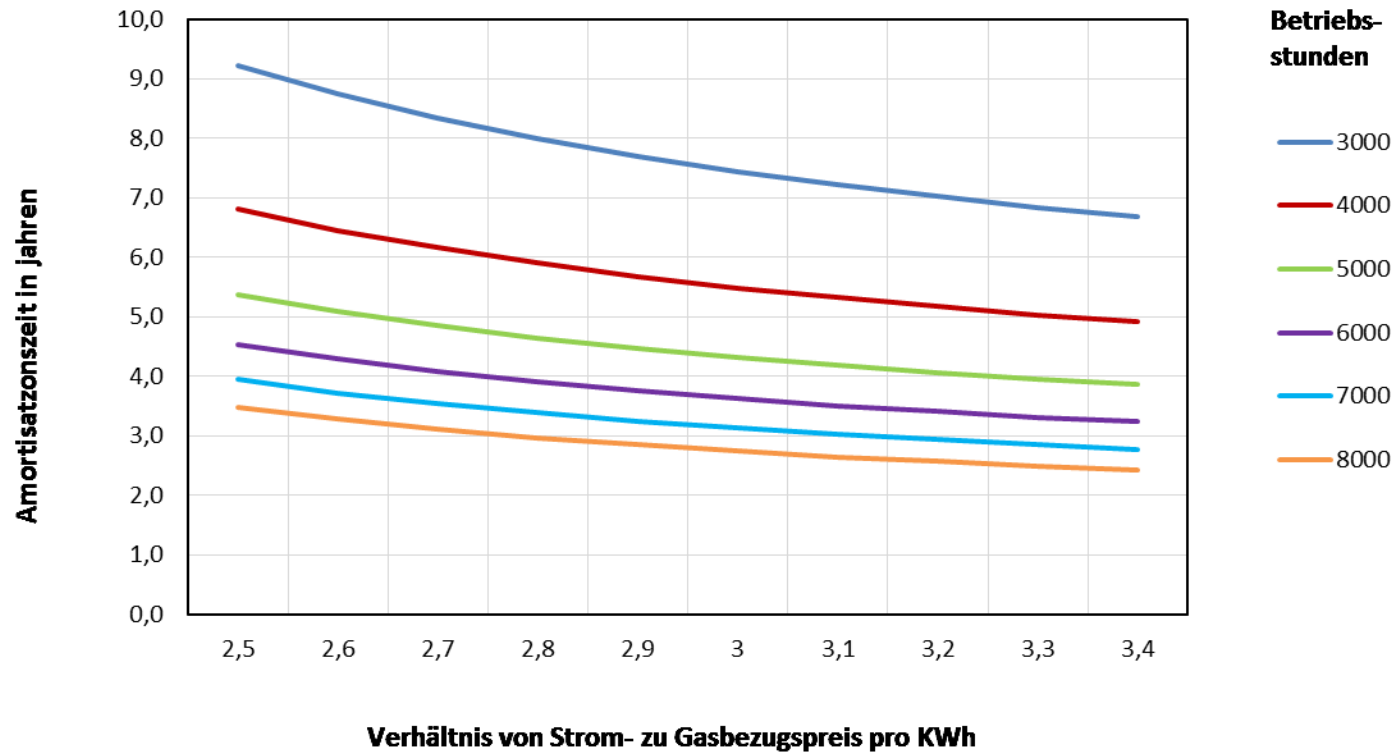
Erdgasdaten		Wärmepreis **	
Arbeitspreis	0,030	€/kWh	Wärme €/kWh 0,045
durchschn.CO2-Preis 10 Jahre	10,40	€/MWh	
zukünftiger Erdgaspreis	0,040	€/MWh	
Energiesteuer	5,500	€/MWh	
Stromkosten		Standzeit	
Strombezugspreis*	0,1400	€/kWh	Betriebsst. 80.000
			Eigenstromverbrauch
			MWh/a 20.000
Einspeisevergüt. bei 400kW	0,087		
Einspeisevergüt. bei 1000kW	0,082	€/kWh	
Stromintensives Unternehmen	nein		
EEG-Umlage	40	%	
Modell MGT		C400S	C1000S
Volllastbetriebsstunden	7.000	7.000	7.000
Anlagenpreis***	551.000	635.000	1.285.000
Vollwartungskosten	4,90	5,16	12,90
Investitionszuschuss			
Einbindung	30.000	30.000	60.000
Nutzungsdauer der Anlage	11,4	11,4	11,4
Annuitätsfaktor	0,09	0,09	0,09
Kapitalkosten	50.838	58.188	117.688
Technische Daten			
Brennstoffeinsatz Hs	1233	1333	3333
H für Wirkungsgrad	1120	1212	3030
elektrische Leistung	309	384	950
thermische Leistung VL 95 RL 80°C	577	544	1260
elektrischer Wirkungsgrad	27,6	31,7	%
thermischer Wirkungsgrad	51,5	44,9	%
Gesamtwirkungsgrad	79,1	78,6	%
Energieerzeugung			
Strom	2163	2088	6720
Wärme	4039	3808	8920
Brennstoffdaten			
Brennstoffbezug Hs	8.624	9.332	23.331
Brennstoffkosten Hs	304.323	363.428	956.571
Energiesteuer (Erstattung)	47.432	51.328	138.321
Summe	306.891	332.100	830.250
Erlöse			
eingesparte Stromkosten	306.891	376.320	940.800
Anteil EEG (0,79 ct/kWh)	-56.419	-68.867	-172.109
Zuschuss KWK Einspeisung***	0	0	0
Zuschuss KWK Eigenverbrauch***	0	0	0
Stromgutschrift eingesp.	0	0	0
Wärmegutschrift	182.787	172.304	399.087
Summe	430.161	479.758	1.167.721
Fazit			
Verbrauch (Brennstoff)	306.891	332.100	830.250
Wartungskosten	34.300	36.120	90.300
Betriebskosten	341.191	368.220	920.550
Erlöse	430.161	479.758	1.167.721
Gewinn statisch	88.969	111.538	247.171
Jährl. Investitionskosten	50.838	58.188	117.688
Jahresüberschuss	38.132	53.350	129.483
Investitionszeit statisch	5,98	5,32	Jahre
Gewinn in KWK-Periode	163.421	228.642	554.925
Gewinn nach KWK-Periode	272.369	381.070	924.874
Gewinn nach 80.000 Bst.	435.790	669.712	1.479.799
Kapitalrendite	5,02	5,86	6,71
CO2-Einsparung	808,4	889,9	2011,4

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Warmwasserbereitung

Technische Daten				
Brennstoffeinsatz Hs	1232	1333	3333	kW
Hi für Wirkungsgrad	1120	1212	3030	kW
elektrische Leistung	309	384	960	kW
thermische Leistung VL: 95 RL: 80°C	577	544	1260	kW
elektrischer Wirkungsgrad	27,6	31,7	31,7	%
thermischer Wirkungsgrad	51,5	44,9	41,6	%
Gesamtwirkungsgrad	79,1	76,6	73,3	%
Energieerzeugung				
Strom	2163	2688	6720	MWh
davon eingespeist	0	0	0	MWh
Wärme	4039	3808	8820	MWh
Brennstoffdaten				
Brennstoffbezug Hs	8.624	9.332	23.331	MWh
Brennstoffkosten Hs	323.277	349.832	874.579	€/a
Energiesteuer (Erstattung)	47.432	51.328	128.321	€/a
Summe	275.845	298.503	746.259	€/a
Erlöse				
eingesparte Stromkosten	302.820	376.320	940.800	€/a
Anteil EEG (6,79 ct/kWh)	-55.416	-68.867	-172.166	€/a
Zuschuss KWK Einspeisung***	0	0	0	€/a
Zuschuss KWK Eigenverbrauch***	0	0	0	€/a
Stromgutschrift eingesp.	0	0	0	€/a
Wärmegutschrift	166.471	156.951	363.525	€/a
Summe	413.875	464.404	1.132.159	€/a
Fazit				
Verbrauch (Brennstoff)	275.845	298.503	746.259	€/a
Wartungskosten	34.300	36.120	90.300	€/a
Betriebskosten	310.145	334.623	836.559	€/a
Erlöse	413.875	464.404	1.132.159	€/a
Gewinn statisch	103.731	129.780	295.600	€/a
jährl. Investitionskosten	50.838	58.188	117.688	€/a
jahresüberschuss	52.893	71.593	177.912	€/a
Amortisationszeit statisch	5,60	5,12	4,55	Jahre
Gewinn in KWK-Periode	226.683	306.826	762.479	€
Gewinn nach KWK-Periode	377.805	511.376	1.270.798	€
Gewinn nach 80.000 BSt.	604.489	818.201	2.033.278	€
Kapitalrendite	6,44	7,27	8,39	%/a
CO2-Einsparung	698,8	786,5	1772,0	t/a

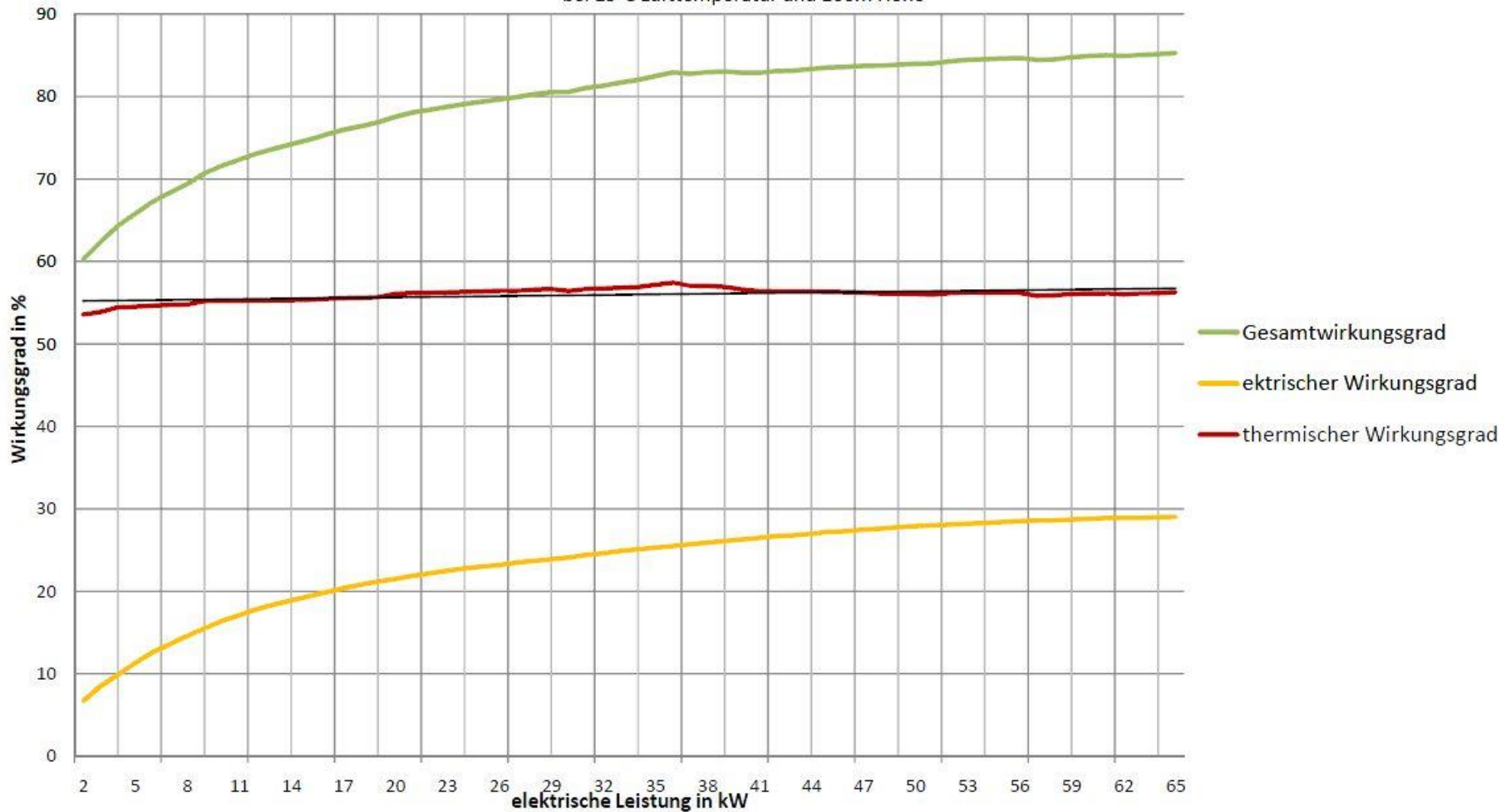
Erdgasdaten		Wärmepreis**		
Arbeitspreis	0,030 €/kWh	Wärme €/kWh	0,045	
Zuschuss CO2-Preis 10 Jahre	10,40 €/MWh			
Zukunftiger Erdgaspreis	0,040 €/MWh			
Energiesteuer	5,500 €/MWh			
Stromkosten		Standzeit		
Strombezugspreis*	0,1400 €/kWh	Betriebst.	80.000	
Einspeisevergüt. bei 400kW	0,087	Eigenstromverbrauch		
Einspeisevergüt. bei 1000kW	0,082	MWh/a	20.000	
Stromintensives Unternehmen	70%			
EEG-Umlage	40 %			
Modell MGT				
Volllastbetriebsstunden	7.000	7.000	7.000	Bst./a
Anlagenpreis***	551.000	535.000	1.285.000	€/a
Vollwartungskosten	4,90	5,16	12,90	€/Bst.
Investitionszuschuss				€
Einbindung	30.000	30.000	60.000	€
Nutzungsdauer der Anlage	11,4	11,4	11,4	Jahre
Annuitätsfaktor	0,09	0,09	0,09	
Kapitalkosten	50,838	58,188	117,688	€/a
Technische Daten				
Brennstoffeinsatz Hs	1232	1333	3333	kW
Hi für Wirkungsgrad	1120	1212	3030	kW
elektrische Leistung	309	384	960	kW
thermische Leistung VL: 95 RL: 80°C	577	544	1260	kW
elektrischer Wirkungsgrad	27,6	31,7	31,7	%
thermischer Wirkungsgrad	51,5	44,9	41,6	%
Gesamtwirkungsgrad	79,1	76,6	73,3	%
Energieerzeugung				
Strom	2163	2688	6720	MWh
davon eingespeist	0	0	0	MWh
Wärme	4039	3808	8820	MWh
Brennstoffdaten				
Brennstoffbezug Hs	8.624	9.332	23.331	MWh
Brennstoffkosten Hs	323.277	349.832	874.579	€/a
Energiesteuer (Erstattung)	47.432	51.328	128.321	€/a
Summe	306.891	332.100	830.250	€/a
Erlöse				
eingesparte Stromkosten	302.820	376.320	940.800	€/a
Anteil EEG (6,79 ct/kWh)	-55.416	-68.867	-172.166	€/a
Zuschuss KWK Einspeisung***	0	0	0	€/a
Zuschuss KWK Eigenverbrauch***	0	0	0	€/a
Stromgutschrift eingesp.	0	0	0	€/a
Wärmegutschrift	162.757	172.304	399.087	€/a
Summe	430.161	479.758	1.167.721	€/a
Fazit				
Verbrauch (Brennstoff)	306.891	332.100	830.250	€/a
Wartungskosten	34.300	36.120	90.300	€/a
Betriebskosten	341.191	368.220	920.550	€/a
Erlöse	430.161	479.758	1.167.721	€/a
Gewinn statisch	88.969	111.538	247.171	€/a
jährl. Investitionskosten	50.838	58.188	117.688	€/a
jahresüberschuss	38.132	53.350	129.482	€/a
Amortisationszeit statisch	5,90	5,12	4,55	Jahre
Gewinn in KWK-Periode	163.421	228.842	554.925	€
Gewinn nach KWK-Periode	272.369	381.070	924.874	€
Gewinn nach 80.000 BSt.	435.790	609.712	1.479.799	€
Kapitalrendite	5,02	5,86	6,71	%/a
CO2-Einsparung	808,4	889,9	2011,4	t/a

Beispielhafte Amortisationszeiten einer C200 Mikrogastrubine



Wirkungsgrade einer C65 Mikrogasturbine

bei 15°C Lufttemperatur und 100m Höhe



Krankenhaus Prüm

Anlage: C65

Betreiber: Caritasverband

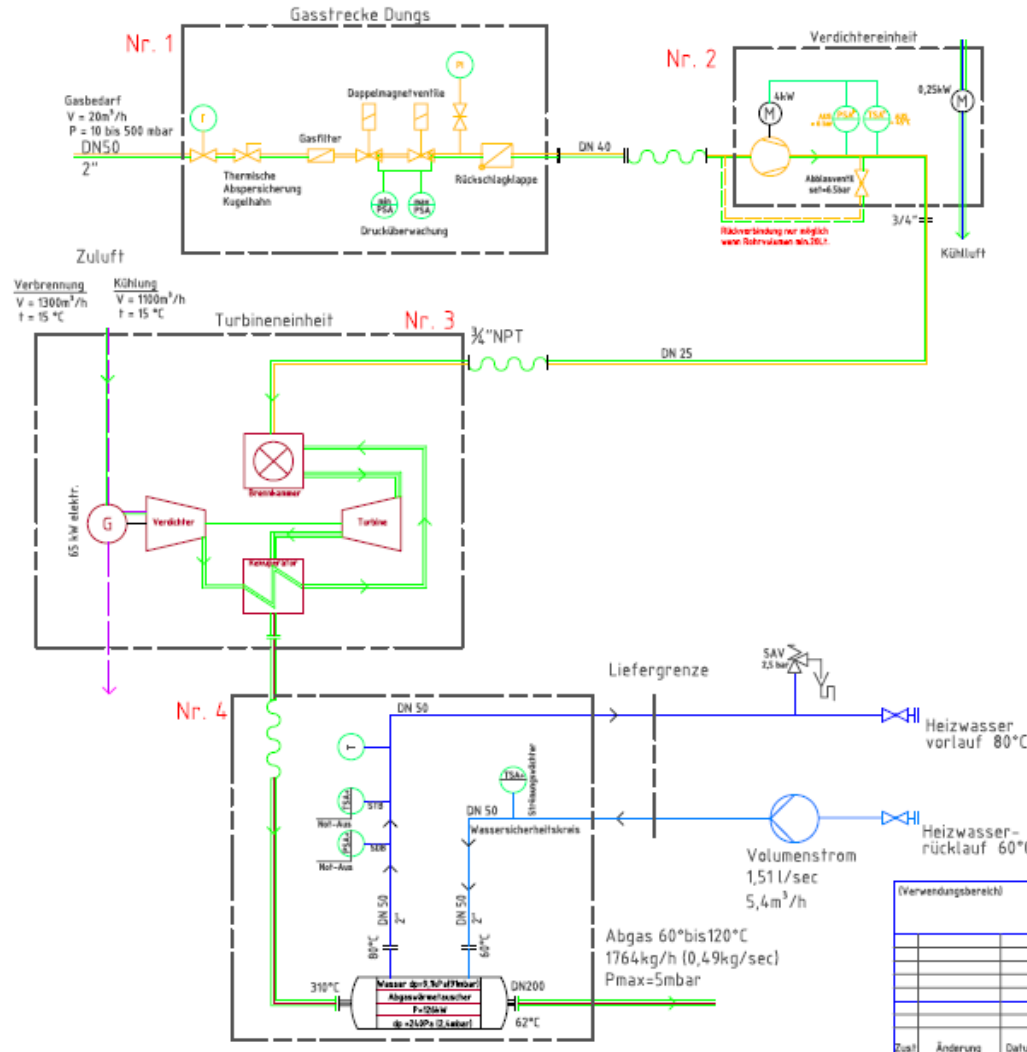
Die Mikrogasturbine wird hier zur Unterstützung der beiden Heizkessel 700kW und 500kW zur Grundlastabdeckung genutzt. Seit der Inbetriebnahme der Anlage im Oktober 2006 hat die Turbine beinahe 90.000 Betriebsstunden absolviert

Betriebsstunden im Jahr: >8.000 Bst.

Eine weitere Anlage des Caritasverbands ist seit November 2011 im Krankenhaus Linnich in Betrieb.



Typischer Aufbau MGT Warmwasser



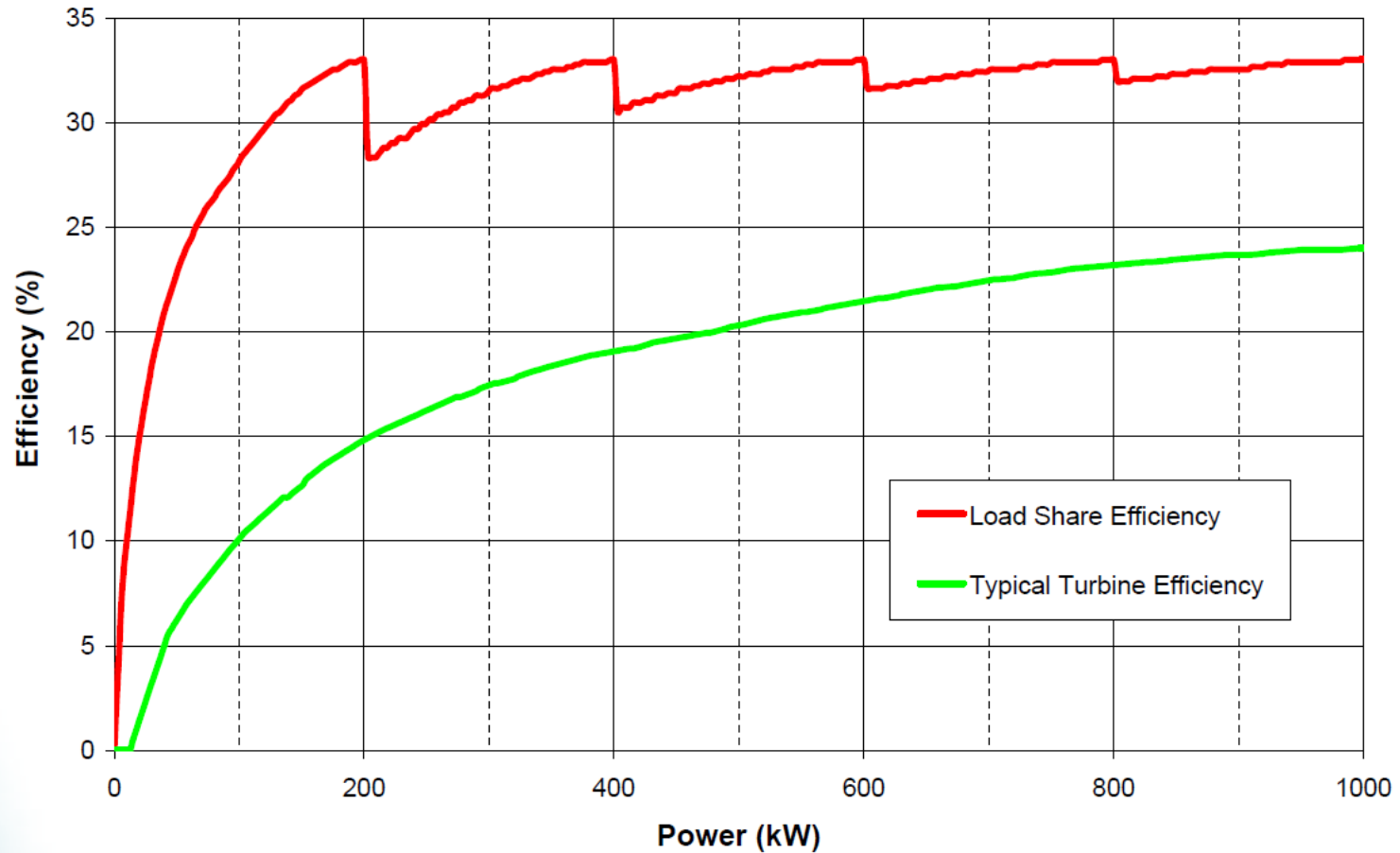
gelieferte Baugruppen	
Nr.	Bezeichnung
1	Gasstrecke
2	Verdichter
3	Turbineneinheit
4	Abgaswärmetauscher
Rohrelemente werden nicht mitgeliefert	

Verwendungsbereich	(Zul. Abw.)	(Oberfl.)	Maßstab: MAßSTAB	(Gewicht)
			(Werkstoff, Halbzeug) (Rohr-Nr) (Modell- oder Gussnr-Nr)	
		Datum	Name	
		Gepr. / GEPRÜFT	NAME	
		Norm		
Zust.	Änderung	Datum	Name	Ursprung
		Ersatz für:		Ersatz durch:

C65 Fließbild LowPressure

Elektrischer Wirkungsgrad C1000S

Capstone C1000 Part Load Efficiency vs. Typical Unrecuperated Turbine



Getränkehersteller

Anlage:

C1000 mit doppelstufigem Wärmetauscher

1. Stufe: Heißwasser 135°C
2. Stufe: Warmwasser 90° C

Eingesetzt wird das von der Anlage erzeugte Heiss- und Warmwasser bei der Desinfektion der Flaschen und im Flaschenspülvorgang.

Der erzeugte Strom wird im Betrieb genutzt.



Metro C&C in Schwelm

Anlage: C800

Betreiber: Metro MEM

Inbetriebnahme: Okt. 2010

Einsatzfall: KWK-K

Die Anlage wird in Verbindung mit einer Absorptionskältemaschine der Firma

AKM Industrieanlagen GmbH

betrieben und erzeugt neben

Warmwasser über die AKM

Tiefkühlkälte und

Klimatisierungskälte für

Kühlräume und das Gebäude.

Der erzeugte Strom wird

zum Teil selbst genutzt aber auch

eingespeist

Betriebsstunden: >7.500/a



METRO

Erdgasspeicher in Jemgum

Anlage: 2xC65 MGTs

verbaut in 3,5m hohem und 12m langem Container

Das im Gaskompressor der Anlage benötigte Sperr- / Sealgas wird verdichtet, gespeichert und in den beiden Gasturbinen verbrannt, um Warmwasser zum Beheizen von Armaturen zu erzeugen. Der Strom wird ebenfalls in der Anlage genutzt.



C50 Pulverbeschichtung

Anlagen: mehrere C50 und C30

Die Firma Engel Oberflächenveredelung veredelt unterschiedlichste Oberflächen für

Medizintechnik, Fahrzeugbau, Fassaden- oder Maschinenbau, Innenausbau, Metallbau

Die Turbinenabluft wird in diesem Anwendungsfall in Trockenräume geleitet, um pulverbeschichtete Teile zu trocknen

Die statischen Amortisationszeiten liegen in diesen Anwendungsfällen je nach Sparksread bei unter 2 Jahren



ENGEL
GRUPPE **ENGEL**
OBERFLÄCHENVEREDELUNG

C1000 bei Lebensmittelhersteller

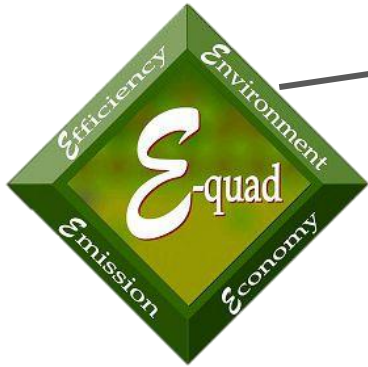
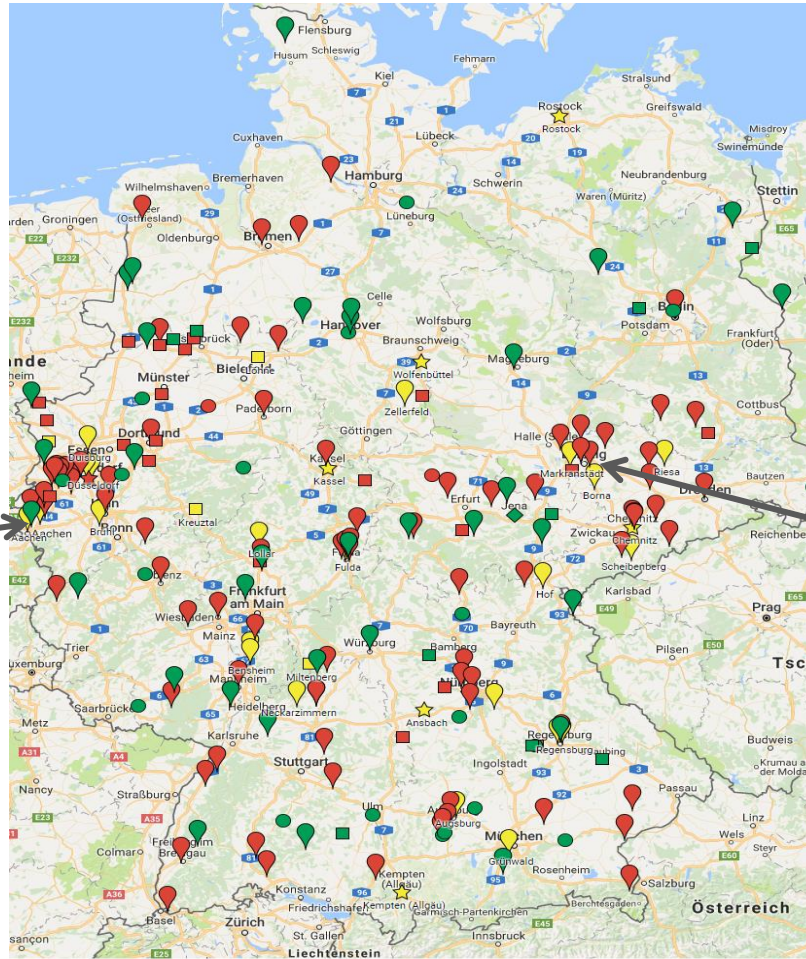
Anlage: C1000

In diesem Anwendungsfall wird die C1000 mit einem Aprovis Dampferzeuger mit nachgeschaltetem Economizer und einem weiterem Abgaswärmetauscher betrieben.

Hierbei werden 1MW el. Leistung erzeugt und gleichzeitig die hochmoderne Lebensmittelproduktion wirtschaftlich mit 1.250 kg/h Sattedampf bei 3,5 bar versorgt.



Anlagenliste



Referenzen



E-quad Power Systems GmbH
Capstone MicroTurbine™





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



E-quad Power Systems GmbH

Nordstern-Park 17a

52134 Herzogenrath

Email: info@microturbine.de

Internet: www.microturbine.de

Tel.: +49-(0)2406-30369-10

Fax.: +49-(0)2406-30369-39



E-quad Power Systems GmbH
Capstone MicroTurbine™

