

Capstone - Mikrogasturbinen

– technische Grundlagen, Prozessapplikationen und wirtschaftliche Rahmenbedingungen

efa Leipzig GmbH
Dipl.-Ing. Petra Krüger
Geschäftsführerin

Was wir umsetzen

Reduzierung der Energiekosten von Unternehmen durch Eigenstromerzeugung

Warum Eigenstromerzeugung?

Bisher:

1.500 kWh Gas a 5 Ct/kWh = - 75,00 €

1.000 kWh Strom a 20 Ct/kWh = -200,00 €

Kosten: - 275,00 €

Neu Eigenstromerzeugung:

3.000 kWh Gas a 5 Ct/kWh == - 150,00 €

Mineralölerstattung a 0,55 Ct/kWh = **16,50 €**

KWK-Vergütung a 5,4 Ct/kWh = **54,00 €**

Wartung KWK = - 17,50 €

EEG-Umlage = - 43,70 €

Kosten: = -140,70 €

Pro eigenerzeugter MWh Strom können 135 €* gespart werden. Dafür müssen aber die Wärmeabnahmen gegeben sein bzw. geschaffen werden!

*) Beispiel für 20 h Betrieb einer MGT C50

Wie wir umsetzen

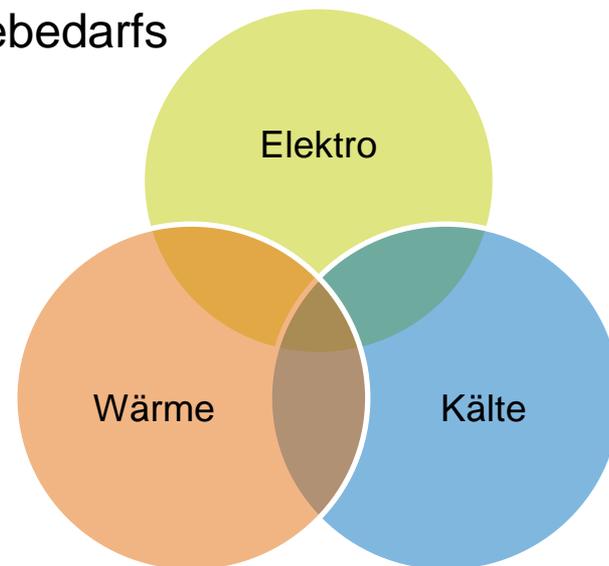
Bisher:



Neu:

Komplexe Betrachtung des Strom- und Wärmebedarfs
 Kombinieren verschiedener Wärmebedarfe

Grundlast-Eigenstromerzeugung mit KWK
 Spitzenlast-Eigenstromerzeugung mit PV



Wer sind unsere Kunden

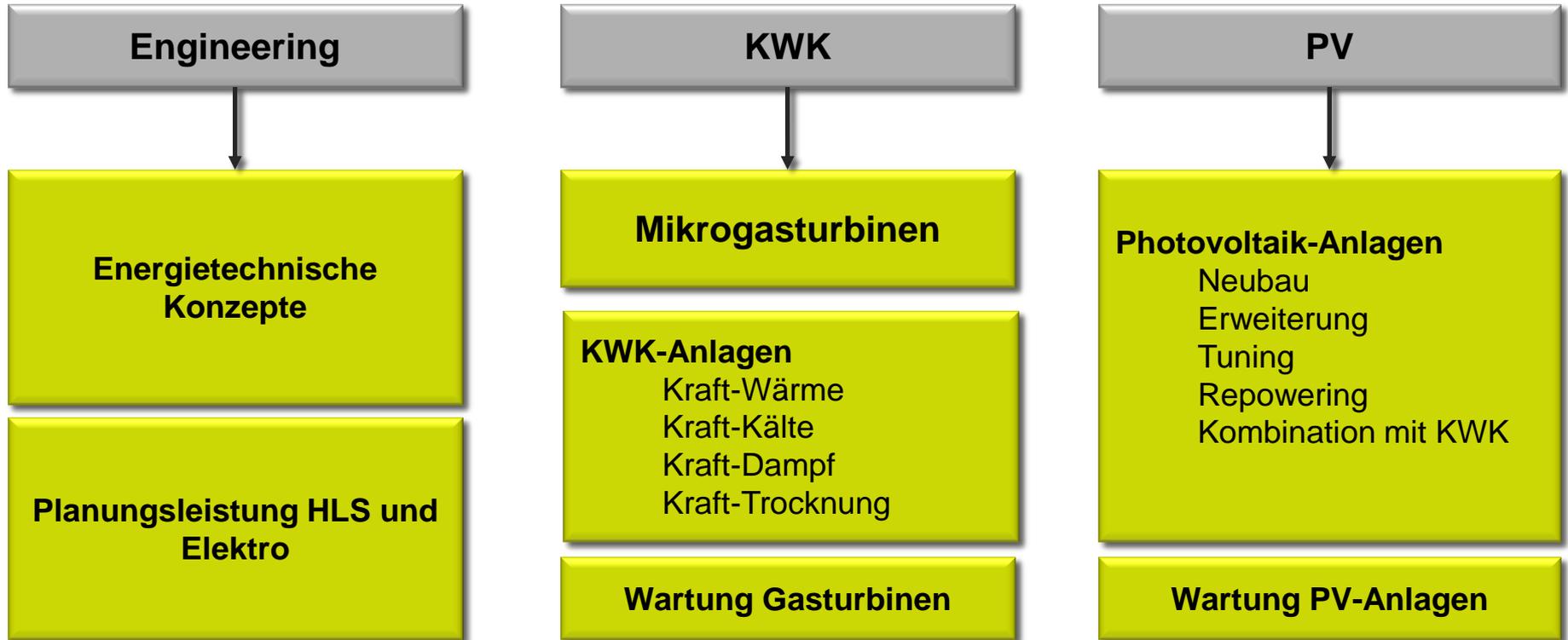
- alle Unternehmen mit nennenswertem Strom- und Wärmebedarf
- bspw. ab 50.000 € Kosten / 150 T kWh Strom pro Jahr

Branchen



Fleischverarbeitung	Pulverbeschichtung	Biogasanlagen
Sprühtrocknung	Seniorenheim	Hotel
Bürogebäude	Dampferzeugung	Krankenhaus / Klinik
Fernwärmeerzeugung	Kieswerke	Kunststoffverarbeitung
Fleischerei / Schlachtereier	Textilverarbeitung	Lebensmittelverarbeitung
Getränkeherstellung / Brauerei	Wäschereien	Metallverarbeitung / Härtereien
große Immobilien	Ziegeleien / Porenbetonherstellung	Haftwassertrockner
Baustofftrocknung	Herrenhäuser / Schlösser	Lackierereien

Geschäftsfelder



Energiekonzepte

Mit dem Ziel, Betriebskosten einzusparen bzw. langfristig planbar zu gestalten, wird die für das Objekt „optimale“ Variante der Energieversorgung erarbeitet.

Für den Techniker:

Technische Lösung

- KWK-Wärme
- KWK-Dampf
- KWK-Kälte
- KWK-Heißwasser
- KWK-Trocknung
- Nutzung EE
- Abwärmenutzung

Für den Controller:

Wirtschaftlichkeit

- Investitionskosten
- Energiekosten vorher
- Energiekosten nachher
- Amortisation/ Rendite

Für die Geschäftsführung

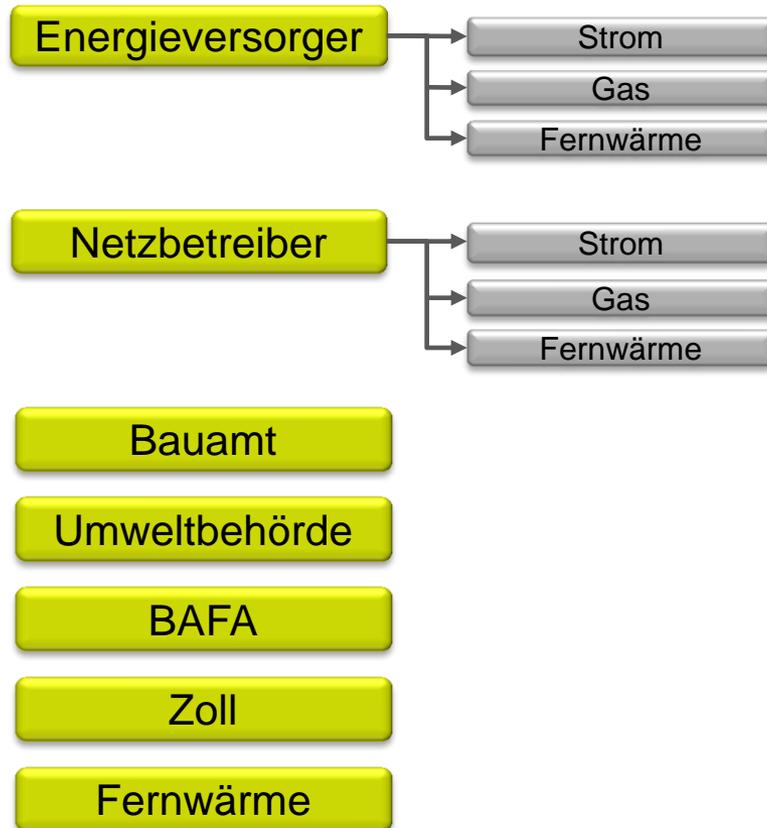
Liquidität

- Förderung
- Contracting
- Mietkauf
- Finanzierung

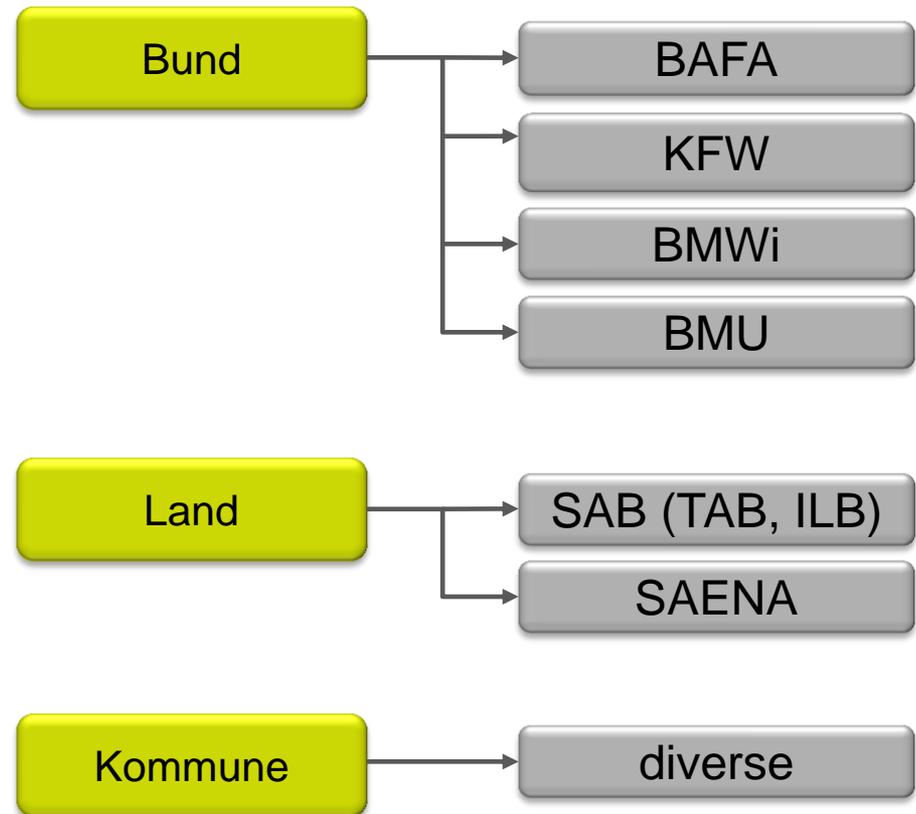
Weiterführende Arbeiten:
Planungsleistungen, Förderanträge, Projektbegleitung,
Mikrogasturbinen

Energiekonzepte / Rahmenbedingungen

zu kontaktieren:



zu prüfende Förderungen:



Geschäftsfeld Photovoltaik

Photovoltaikanlagen

- **Neubau**
- **Erweiterung (bis zu 30% ohne EEG-Umlage möglich)**
- **Repowering**
- **Tuning**
- **Kombination mit KWK**

Wartung PV-Anlagen

Planung

Handel

Ausführung

Nachrüstung

Geschäftsfeld KWK

Capstone - Mikrogasturbinen

Kraft-Wärme
 Kraft-Kälte
 Kraft-Dampf
 Kraft-Dampf-Kälte
 Direkte und indirekte Trocknung
 Thermoölanlagen

Konzeption

Planung

Handel

Wartung

Definition und Ursprung von Mikrogasturbinen (MGT)

- Als Mikrogasturbinen werden im allgemeinen kleine Gasturbinen mit einer elektr. Leistung bis 250 kW bezeichnet. Sie sind gekennzeichnet durch eine kompakte Bauform und eine hohe Drehzahl. Es sind Einwellen-Turbinen bei denen Generator, Verdichter und Turbine auf einer Welle befestigt sind.
- Die Grundentwicklung der Mikrogasturbine fand in den 90er Jahren durch Förderung mit Militärgeldern in den USA statt. Ursprüngliches Ziel war es, einen leicht portablen, effizienten und
- zuverlässigen Stromerzeuger zu entwickeln.



Produktpalette

- **C30** Erdgas, LPG, Biogas, Diesel, Kerosin
- **C50/65** Erdgas, LPG, Biogas, Diesel, Kerosin
- **C200** Erdgas, LNG, Biogas, Diesel

Ausführungen:

Hochdruck, Niederdruck

Netzparallel, Netzersatz, Inselbetrieb

3 bis 5 * C200 Containeranlage

- **C600-C1000** Erdgas / LNG / Biogas



Mikrogasturbine C200, C1000



C200

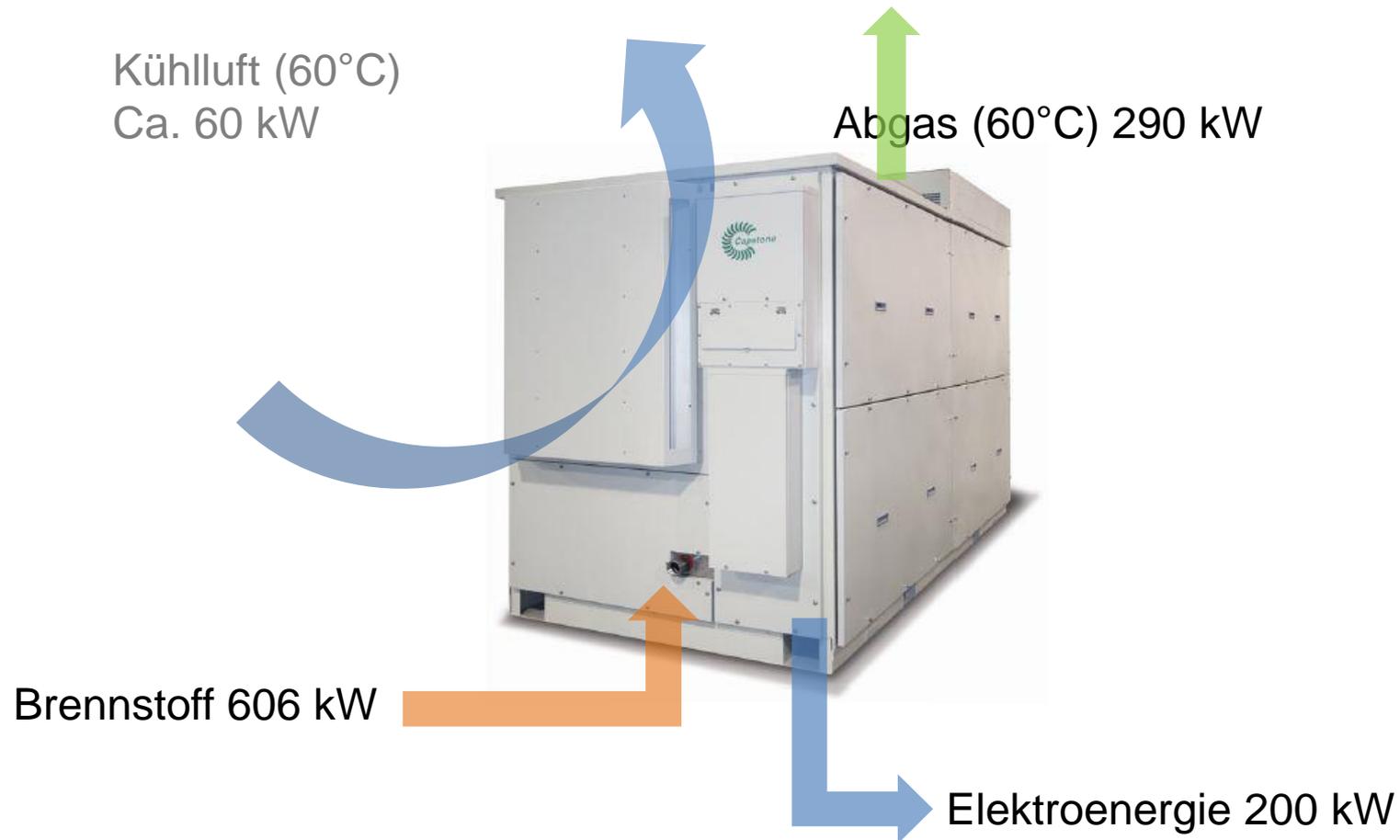


C600 – C800 – C1000

Technische Daten und KWK-Vergütung

	C30	C50	C65	C200	C600	C800	C1000
elektrische Leistung	27 kW	50 kW	61 kW	190 kW	600 kW	800 kW	1000 kW
Elektrischer Wirkungsgrad	24%	26%	27%	31%	33% (HD)	33% (HD)	33% (HD)
Thermische Leistung (60°C)	68 kW	110 kW	126 kW	290 kW	860 kW	1150 kW	1440 kW
Gesamtwirkungsgrad	83%	83%	83%	79%	81%	81%	81%
Abgasleistung (15°C)	81 kW	120 kW	144 kW	345 kW	1040 kW	1380 kW	1740 kW
Gesamtwirkungsgrad	94%	88,5%	91,5%	88%	90,2%	90%	90%
Brennstoffeinsatz (Hu)	115 kW	192 kW	224 kW	606 kW	1818 kW	2424 kW	3030 kW
Abgastemperatur	275°C	294°C	309°C	280°C	275°C	275°C	275°C
KWK-Vergütung	5,41 Ct/kWh	5,41 Ct/kWh	5,16 Ct/kWh	4,37 Ct/kWh	3,18 Ct/kWh	2,99 Ct/kWh	2,87 Ct/kWh
Dauer der Zahlung	10 Jahre; 30.000 Bh	10 Jahre; 30.000 Bh	30.000 Bh	30.000 Bh	30.000 Bh	30.000 Bh	30.000 Bh

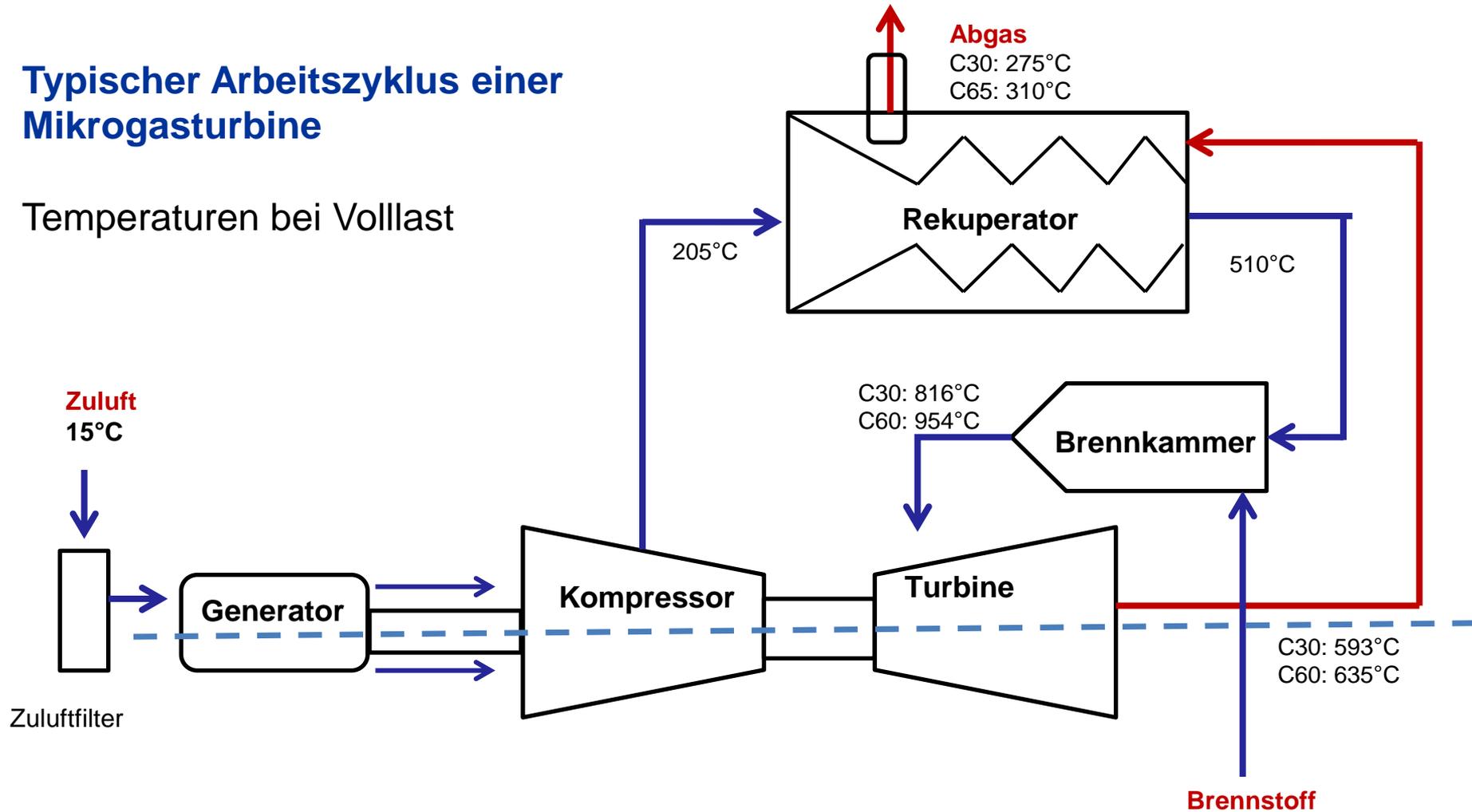
Beispiel: Mikrogasturbine C200



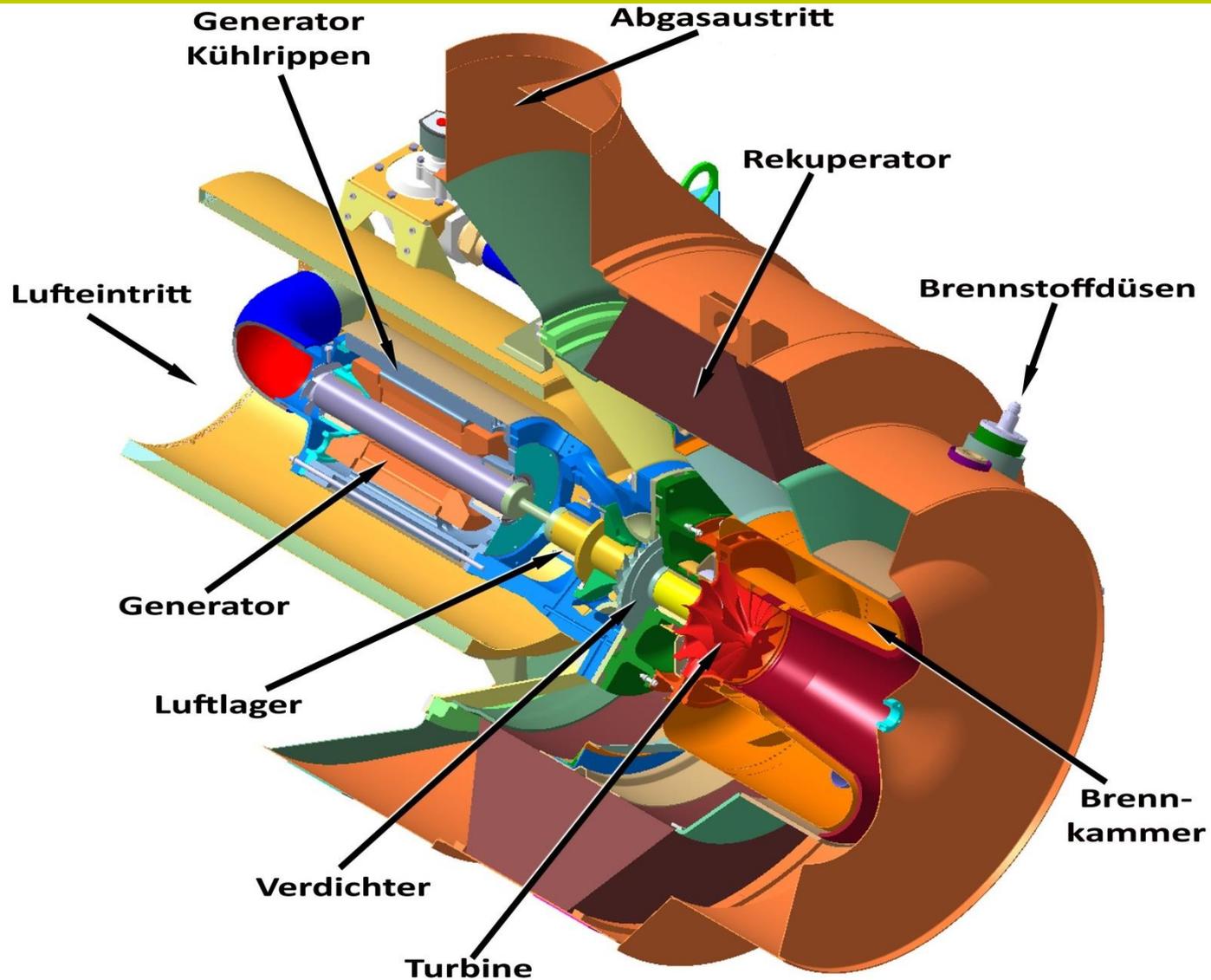
Aufbauschema und Arbeitsparameter

Typischer Arbeitszyklus einer Mikrogasturbine

Temperaturen bei Volllast



Schnittbild einer MGT C200



Wirkungsgrade einer Mikrogasturbine

Einflussparameter auf Stromerzeugung

Zulufttemperatur	gering
Geodätische Höhe	niedrig
Abgasgegendruck	niedrig
Ansaugdruck	niedrig
Teillast	hoch

Auswirkung elektrisch

Wirkungsgrad	hoch

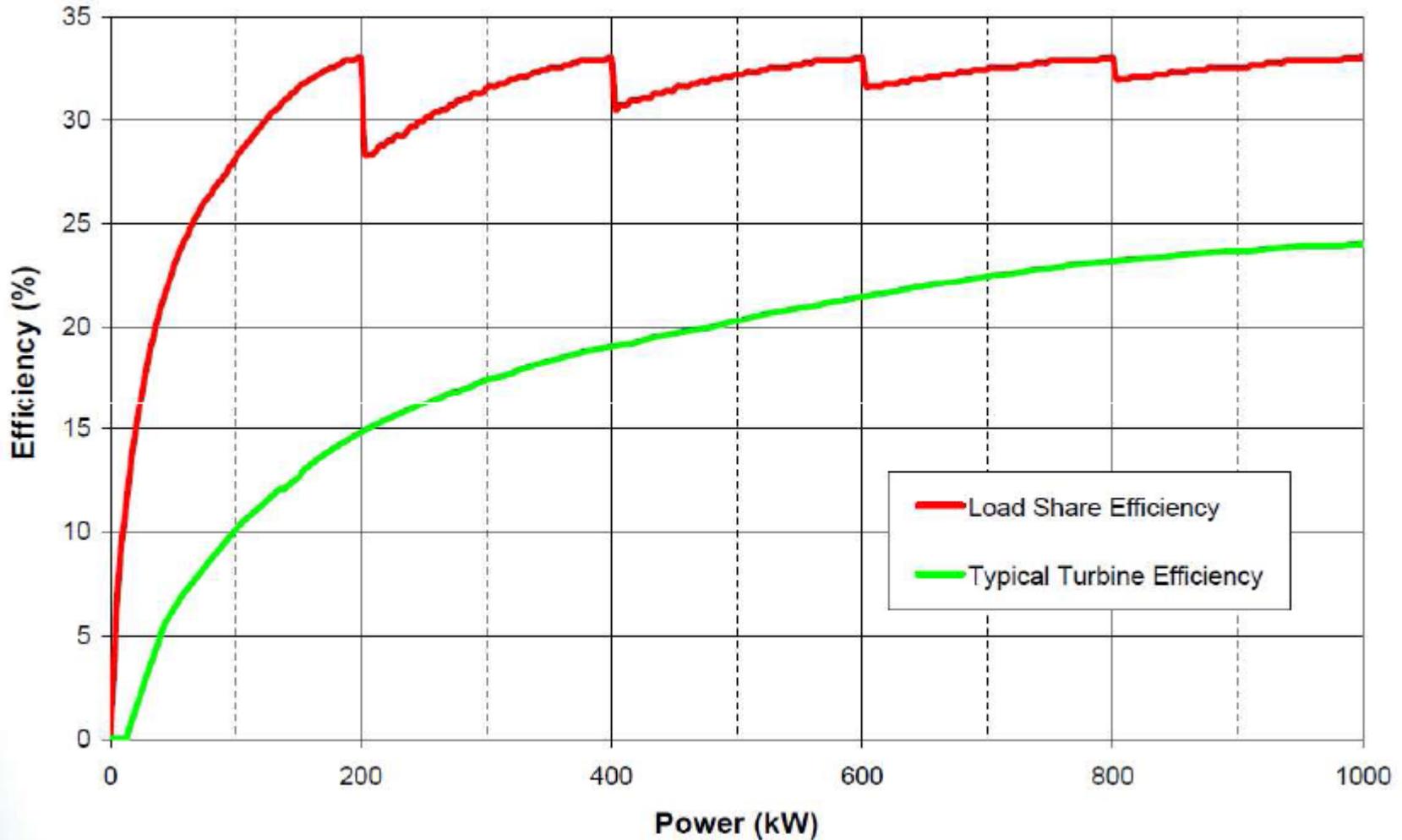
Einflussparameter Wärmenutzung

Abgastemperatur	niedrig
Kühllufttemperatur	wird genutzt

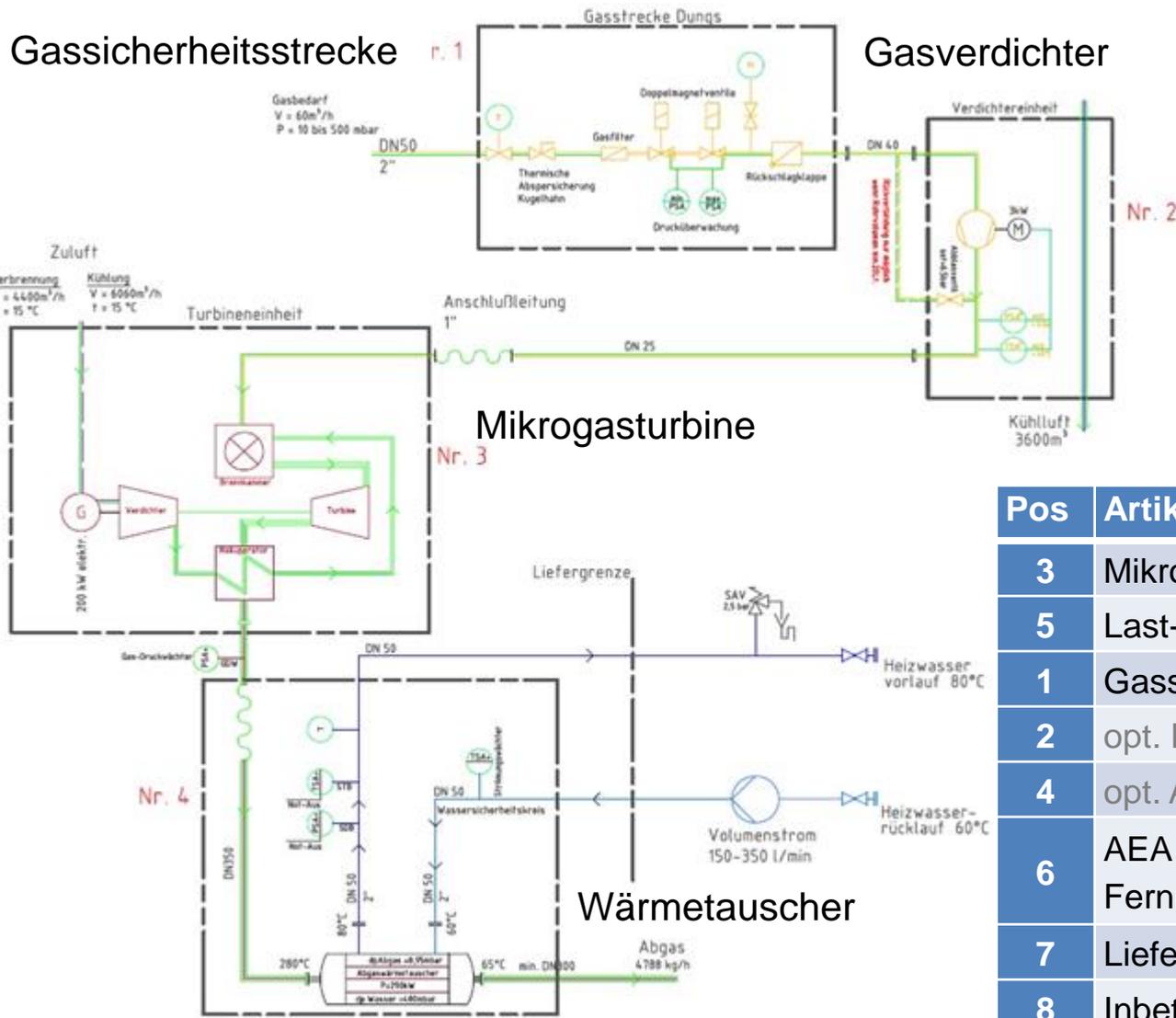
Auswirkung thermisch

Wirkungsgrad	hoch
Wirkungsgrad	ganz hoch

Wirkungsgrad einer C1000 bei Teillast



Lieferumfang der Mikrogasturbine



Last- und Steuerschrank nach Niederspannungs- oder BDEW-Richtlinie

Pos	Artikel / Leistung
3	Mikrogasturbine
5	Last- und Steuerschrank
1	Gassicherheitsstrecke
2	opt. Erdgasverdichter
4	opt. Abgaswärmetauscher
6	AEA – Datenerfassung & Fernüberwachung
7	Lieferung ebenerdig
8	Inbetriebnahme und Einweisung

Besonderheiten der MGT - Technologie

Abgastemperaturen zwischen 275 und 309°C

Die gesamte thermische Nutzenergie der MGT ist in dem ca. 300°C heißen Abgasstrom.

(Im Vergleich dazu ist bei BHKW's 2/3 der nutzbaren Energie im Kühlwasserkreislauf i.A. mit bis zu 86°C verfügbar.)

Dieses hohe Temperaturniveau von ca. 300 °C ermöglicht Applikationen wie z.B. :

- **direkte Abgasnutzung** (z.B. für Trocknungsanlagen)
- **Warm- und Heißwassererzeugung** über Abgaswärmetauscher (z.B. Wärmenetze; Krankenhäuser; Schwimmbäder)
- **Kälteerzeugung** über Absorptionskältemaschine (z.B. Lebensmittelindustrie;)
- **Dampferzeugung** (z.B. Wäschereien; Fleischereien)
- **Thermoölerwärmung** (z.B. Ofenbeheizung, Trocknung)

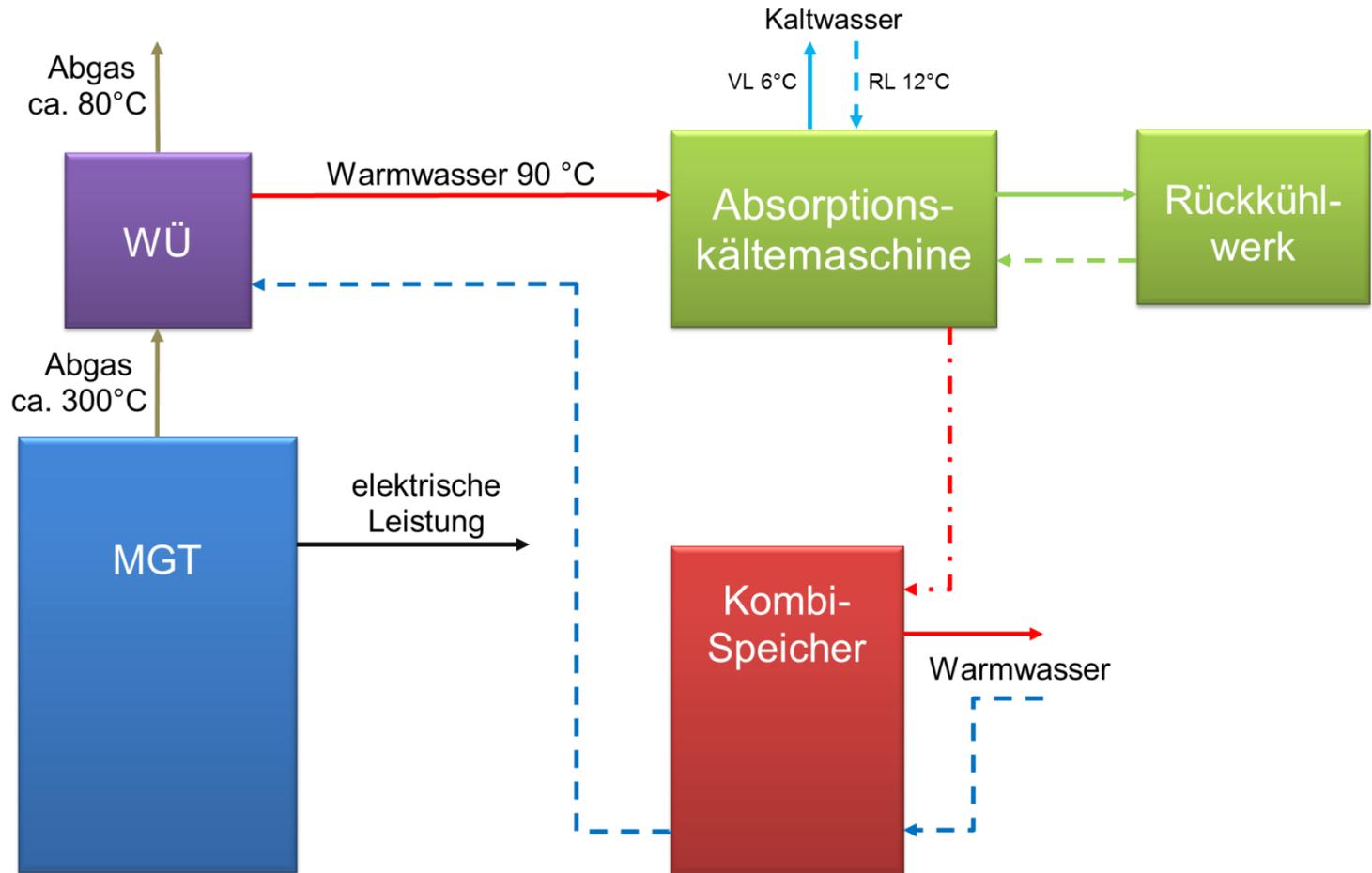
Anbindungsmöglichkeiten der Mikrogasturbine

Kälteerzeugung durch KWK und Absorptionskältemaschinen

Mit dem Abgas der MGT wird im WÜ Warmwasser mit 90°C bereitet.

Das Splitgerät ist zwingend erforderlich.

Der Rücklauf mit etwa 80°C kann für eine Warmwasserbereitung oder auch für Heizzwecke genutzt werden.



Anbindungsmöglichkeiten der Mikrogasturbine

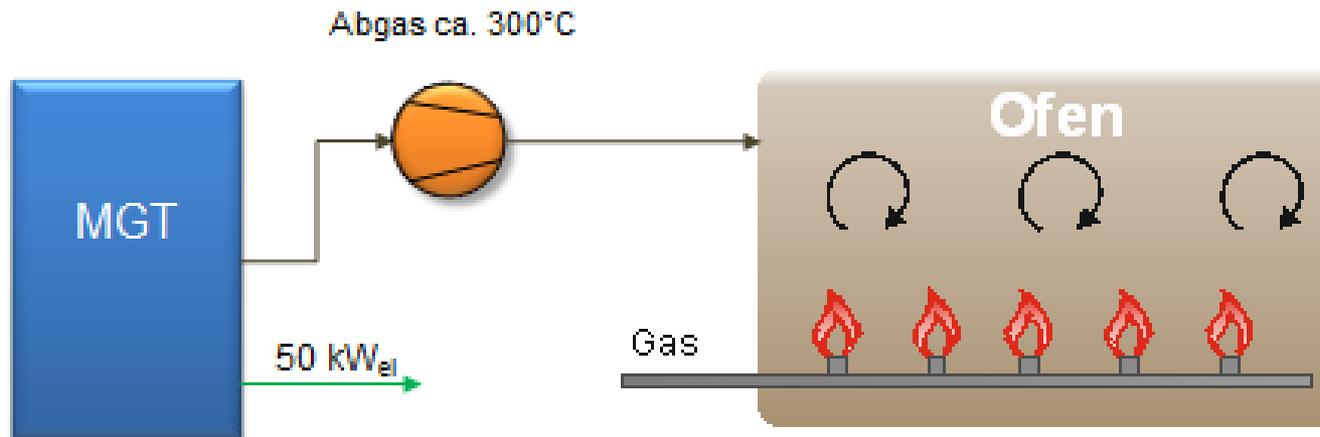
Ofen-Zuluft-Erwärmung

Alt: Es wird Frischluft ca. 20°C mit Gebläse in den Ofen gefördert.

Neu: Das Abgas der MGT mit ca. 300°C wird als Verbrennungsluft direkt in einen Ofen eingebracht. Achtung Heißläufer erforderlich!

Volumenstrom C50 = 1200 Nm³/h

C200 = 3600 Nm³/h



Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Mikrogasturbine

Wirtschaftlichkeit Capstone Mikrogasturbine



Anlage/Projekt	Beispiel	
	Ofenzulufterwärmung	
Turbine auswählen	C65	
Anzahl	1	Stk.
Strompreis (Netto)	17,00	Ct/kWh
Gaspreis (Netto)	4,20	Ct/kWh
Stromeigenverbrauch	100	%
Betriebsstunden	7.000	Bh
Dollarkurs (1 € =	1,20	\$
Abgastemperatur	20	°C

- Fernwärmeverdrängung
 mit Abgaswärmetauscher Gas-Hochdruck

EEG-Umlage	6,24	Ct/kWh
EEG-Umlage auf eigenerzeugten Strom*	30	%
Einspeisepreis	4,23	Ct/kWh
Zusatzinvestitionen	25.000	€
Fördermittel	-	€
Wärmepreis*	-	Ct/kWh

* (30% ab 1.08.2014 // 35% ab 1.01.2016 // 40% ab 1.01.2017)

** (falls Abweichend vom Gaspreis)

Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Mikrogasturbine

Modell	1 Stück C65	Einheit
Anlagenpreis Gasturbine	120.700	€
Technische Daten		
Brennstoffeinsatz Hi	224	kW
elektr. Leistung	61	kW
therm. Leistung	143	kW
Gesamtwirkungsgrad	91	%
Energieerzeugung		
Strom	427.000	kWh
Eigenverbrauch	427.000	kWh
Wärme	998.000	kWh
Brennstoffdaten		
Brennstoffbezug Hi	1.568.000	kWh
Brennstoffbezug Hs (110% Hi)	1.724.800	kWh
Brennstoffkosten (Hs)	72.400	€/a
Mineralölsteuer (Erstattung 0,55 Ct/kWh)	9.500	€/a
Summe	62.900	€/a
Erlöse		
eingesparte Stromkosten	72.600	€/a
KWK-Vergütung	22.000	€/a
Gutschrift Stromeinspeisung	0	€/a
EEG-Umlage auf Eigenstromerzeugung	-8.000	€/a
Wärmegutschrift	46.600	€/a
Summe	133.200	€/a
Fazit		
Brennstoffkosten	62.900	€/a
Vollwartungskosten zzgl. Fahrtkosten	6.300	€/a
Betriebskosten	69.200	€/a
Erlös	133.200	€/a
Gewinn statisch	64.000	€/a
Amortisationszeit statisch	1,9	Jahre
Betriebskosteneinsparung nach 10 Jahren	393.000	€

Möglichkeiten der Dampferzeugung mit Mikrogasturbinen

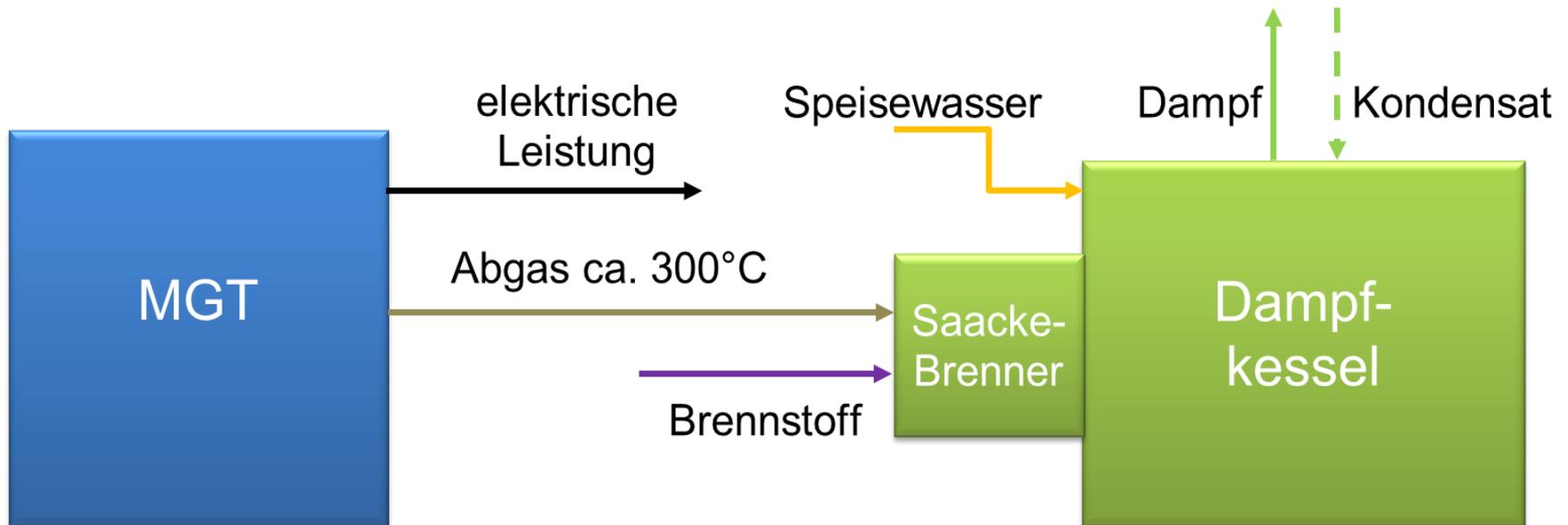
Dampferzeugung mit KWK ab ca. 5 t/h	Dampferzeugung für kleine Dampfdrücke	Dampferzeugung für kleine Dampfmenen
1 kWel pro 25 kg Dampf	1 kWel pro 1,5 kg Dampf	1 kWel pro 1,5 kg Dampf
Bestehender Dampferzeuger kann genutzt werden, neuer modifizierter Brenner erforderlich	Neuer Abhitzekeessel erforderlich	MGT mit Heißwasserwärmetauscher und Heißwasser(reinst)dampferzeuger
Vollständige Wärmenutzung	Abgasnutzung bis mind. 100°C erforderlich	Abgasnutzung bis mind. 100°C erforderlich
Dampfdruck egal	Kleine Dampfdrücke <3 bar Ü	mittlere Dampfdrücke <5bar Ü

Anbindungsmöglichkeiten der Mikrogasturbine

Dampferzeugung mit KWK ab ca. 5 t/h

Das Abgas der MGT C200 mit ca. 300°C wird als vorgewärmte Brennerzuluft verwendet. Stromerzeugung 200 kW_{el}.

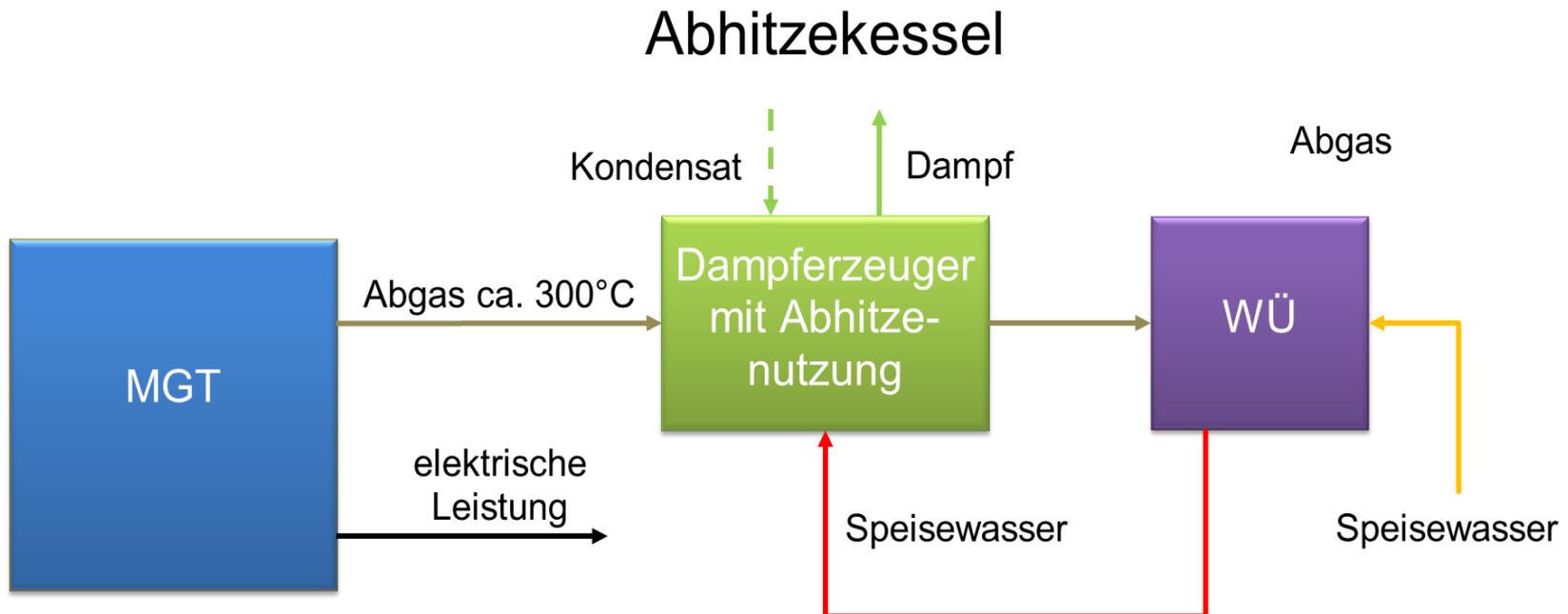
Gasturbinen-Abgas-Brenner von Saacke



Anbindungsmöglichkeiten der Mikrogasturbine

Dampferzeugung mit KWK mit Abhitzekeessel (für geringe Dampfdrücke)

Das Abgas der MGT erzeugt in einem Abhitzekeessel direkt Dampf. In einem nachgeschalteten WÜ kann weitere Wärme bspw. zur Speisewasservorwärmung ausgekoppelt werden.



Anbindungsmöglichkeiten der Mikrogasturbine

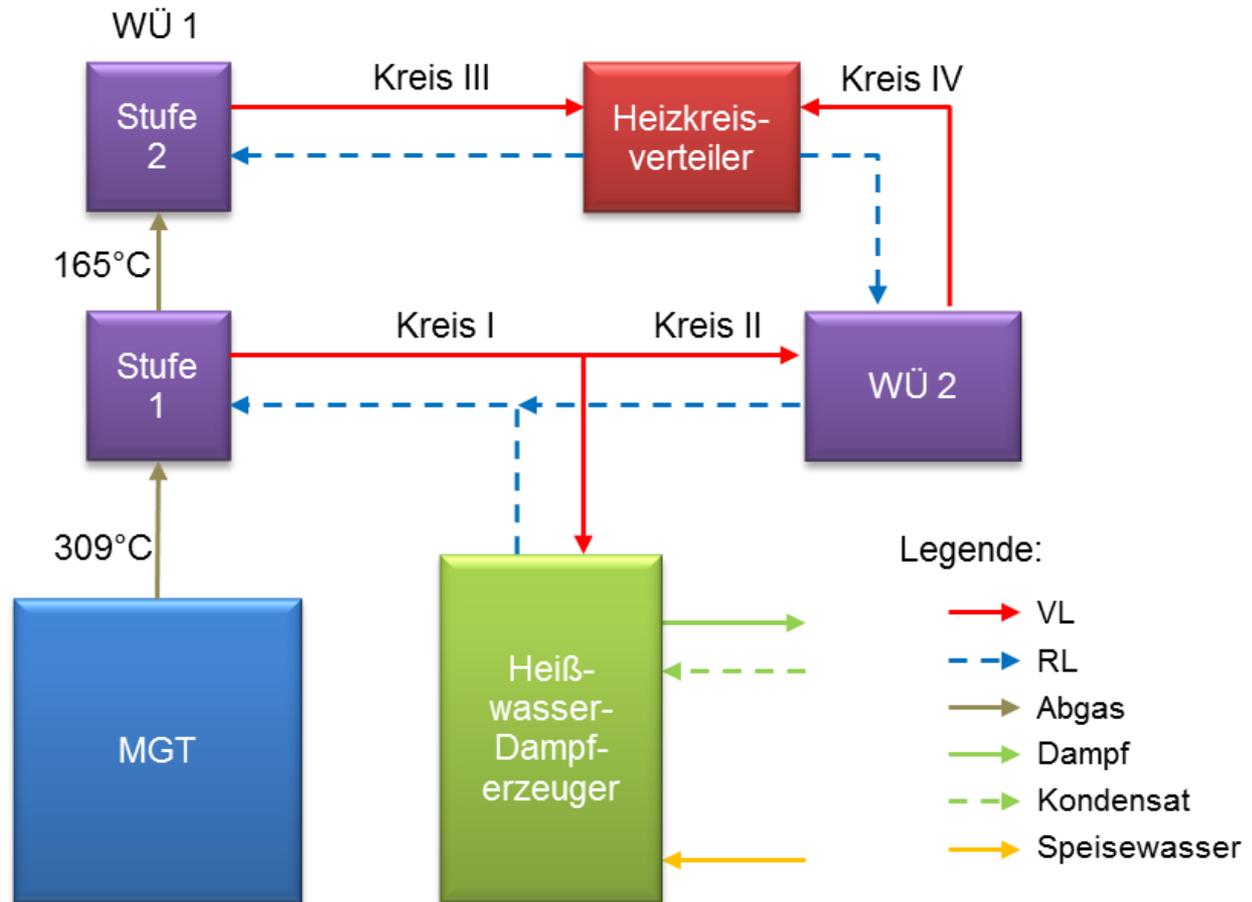
Dampferzeugung mit KWK für kleinere Dampfmengen mit Heißwasser-Dampferzeuger

Heißwasser-Dampferzeugung

Mit dem Abgas der MGT wird in WÜ1 Heißwasser erzeugt.

Mit dem Heißwasser wird in einem Heißwasser - Dampferzeuger Dampf erzeugt.

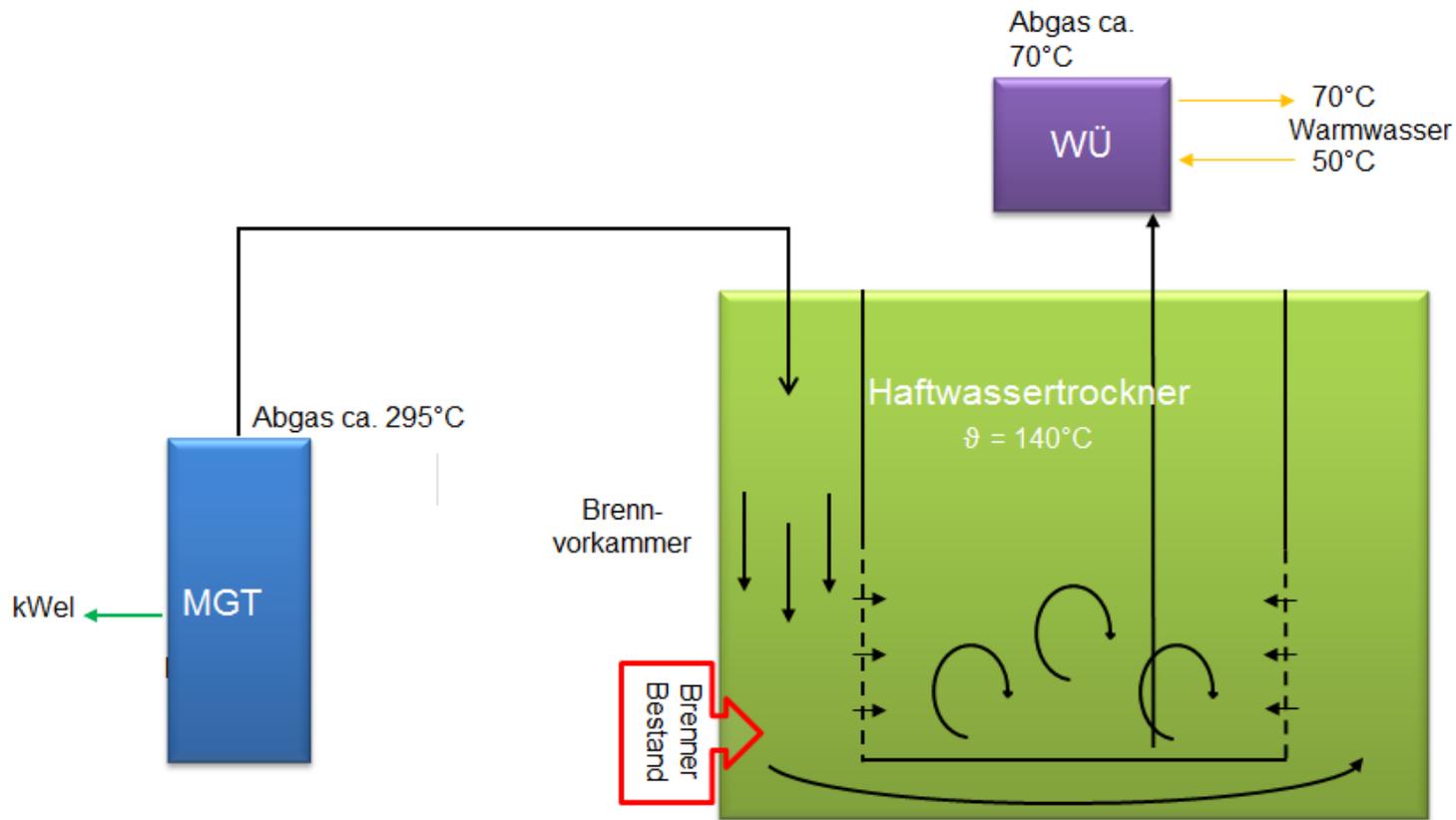
In WÜ2 kann weitere Wärme ausgekoppelt werden.



Anbindungsmöglichkeiten der Mikrogasturbine

Direkte Trocknung mit MGT

Das Abgas der MGT wird direkt als Trocknungsluftstrom verwendet nachrangige Warmwassererzeugung



Beispielanlagen

In der Lebensmittelindustrie

Anlage: 2 x C200 (290 kW_{th})

Betreiber: Ospelt Food Apolda

Inbetriebnahme: Dezember 2014

Anwendung: Zur Kälteerzeugung (380 kW Kälte) zur Herstellung von Tiefkühlpizza



Ospelt
food · pet food

Beispielanlagen

In der Pulverbeschichtung

Anlage: 2 x C 65
Betreiber: Alucolor Chemnitz
Inbetriebnahme: 15.11.2013
Anwendung:

Die Abwärme beider Turbinen dient der Warmwassererzeugung für nachgeschaltete Bäder. Die bestehenden Brenner dienen nur noch für das Aufheizen und Lastspitzen. Das Abgas des Pulverofens wird durch einen Wärmetauscher geleitet, in dem Warmwasser für die Vorbehandlung und die Heizung bereitet wird.



Turbine 1 = Direkttrocknung für Haftwassertrockner



Turbine 2 = Beheizung des Pulverofens

Beispielanlagen

In der industriellen Trocknungsindustrie

Anlage: 1 x C 200

Betreiber: Ligno-Tech

Inbetriebnahme: 08.01.2014

Anwendung: Trocknung von industriellen Füllstoffen

Das Abgas wird in einen Abhitzeessel geleitet und dient der Dampferzeugung. Es werden ca. 250 kg/h Dampf mit 0,7 bar erzeugt. Der nach AHK auf 126°C abgekühlte Abgasstrom wird weiter als direkte Trocknerzuluft genutzt.



LIGNO-TECH®

Beispielanlagen

In der Leiterplattenherstellung

Anlage 1 x C65 NE

1 x C65 NP

Inbetriebnahme April 2014

Anwendung:

Turbine 1 = Netzersatz

Turbine 2 = Wärmeerzeugung für Absorptionskältemaschine. Die thermische Leistung der Mikrogasturbinen wird zur Heißwassererzeugung genutzt. Dieses wird für Heizzwecke sowie ganzjährig in einer Absorptionskälteanlage zur Erzeugung von Prozesskälte (Kaltwasser 6°C) genutzt.



TURCK
duotec.

Zusammenfassung Mikrogasturbinen

Vorteile:

- Das Wartungsintervall beträgt Wartungsintervall 8000 h, geringe Wartungskosten, da Luftlager und daher kein Ölwechsel erforderlich
- Generalüberholung nach 40.000 Bh, Zeitaufwand 1 Tag
- 100% Modulierbarkeit bei sehr guten Teillastverhalten, nutzbares Temperaturniveau sinkt in Teillast nicht ab
- **befristeter Sonderpreis z.B.: C65, Erdgas, ND, NP mit WT ca. 100 T€**
3*C65, Erdgas, ND, NP mit WT ca. 270 T€
- Temperaturniveau der Abwärme ermöglicht Applikationen, die mit Motor-BHKW gar nicht zu bedienen sind,

Nachteile:

- Höhere Investitionskosten als neue BHKW-Motoren (10-15%), in der Standardanwendung Warmwasser (80/60)
- Niedrigerer elektrischer Wirkungsgrad als Motor-BHKW

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Erdgas- u. Biogas Turbinen in den neuen Bundesländern

Vielleicht sind Sie ja demnächst auch eines unserer Pünktchen?

Dipl.-Ing. Petra Krüger

efa Leipzig GmbH
 Bucksdorffstraße 43
 04159 Leipzig
 info@efa-leipzig.com
 www.efa-leipzig.com



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. Petra Krüger
Geschäftsführerin

efa Leipzig GmbH
Bucksdorffstraße 43
D-04159 Leipzig
Tel.: +49-(0)341-463686-30
Fax: +49-(0)341-463686-40
E-Mail: info@efa-leipzig.com
Web: www.efa-leipzig.com