

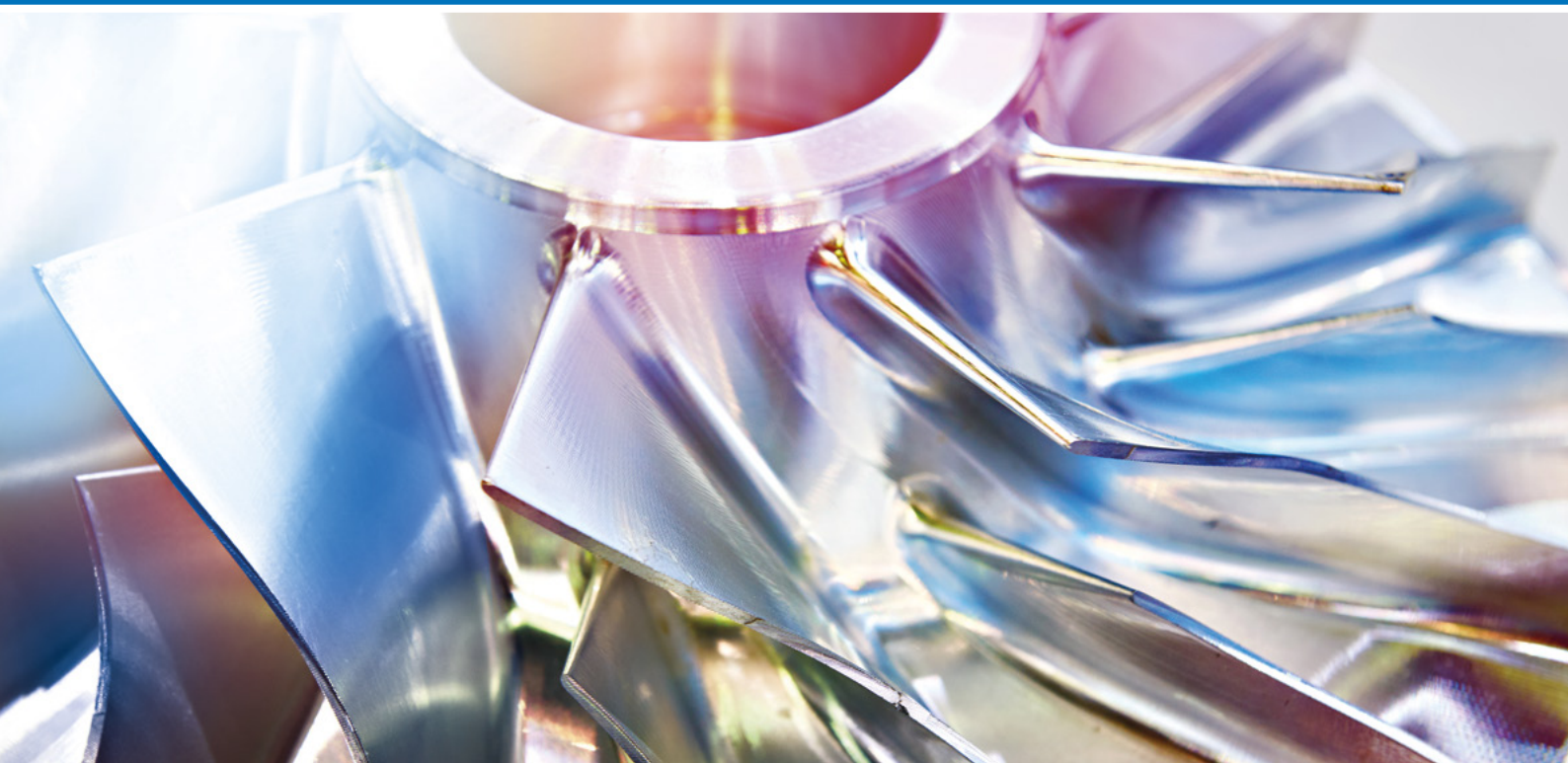


ASUE

Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Mikrogasturbinen

Technologie, Kenndaten, Anwendungen



1 Mikrogasturbinen Technologie	2
<ul style="list-style-type: none"> • Hersteller – Leistungen – Anwendungen • Technologie • Prinzip • Brenn- und Treibstoffe • Vorteile von Mikrogasturbinen • Zu beachten 	
2 Mikrogasturbinen Kenndaten	7
3 Mikrogasturbinen Anwendungen	10
<ul style="list-style-type: none"> • Industrie und Produktion • Lebensmittelgroß- und Einzelhandel • Altbauten und Gebäudebestand in der öffentlichen Hand 	
4 Wirtschaftlichkeit	14

Hersteller – Leistungen – Anwendungen

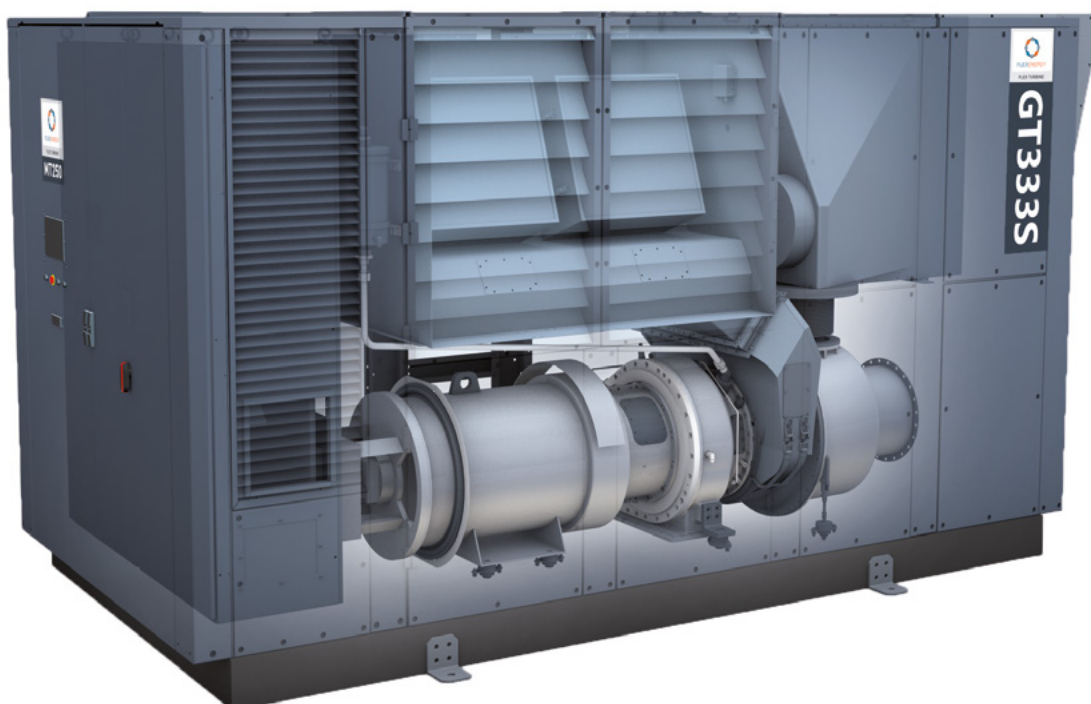
Aufgrund der Energie- und Wärmewende rückt der Fokus von Energieversorgungsunternehmen und Immobilienbesitzern verstärkt in Richtung hocheffizienter Anlagentechnik. Dabei lässt sich mit der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme der Wirkungsgrad der Brennstoffausnutzung maximieren. Neben Ottomotoren und Brennstoffzellen kommen immer öfter auch Gasturbinen zum Einsatz.

In Gasturbinen wird das Brenngas in speziellen Brennkammern kontinuierlich verbrannt und treibt mit der so erhitzten Verbrennungsluft eine Welle an, auf der speziell geformte Schaufeln sitzen. An die sich drehende Welle ist meist ein Generator zur Stromerzeugung gekoppelt.

Diese Broschüre ist den Mikrogasturbinen gewidmet, die einen Leistungsbereich bis 400 kW_{el} abdecken. Während die über diesem Wert liegenden Gasturbinen meist stand-alone oder in zentralen Gas- und Dampf-Kraftwerken (GuD) installiert sind und Strom- und Wärmenetze versorgen, werden Mikrogasturbinen eher in Energiezentralen von Unternehmen, Betrieben und Gebäuden aller Art eingesetzt.

Ziel dieser Broschüre ist es, Fachplanern, Ingenieuren, Energieberatern und Betreibern von Energieanlagen die grundlegenden Eigenschaften von Mikrogasturbinen zu erklären und die Einsatzvorteile zu vermitteln. Neben den vollständigen technischen Parametern werden dazu auch Anwendungsfälle aus der Praxis beschrieben.

FlexEnergy GT3335



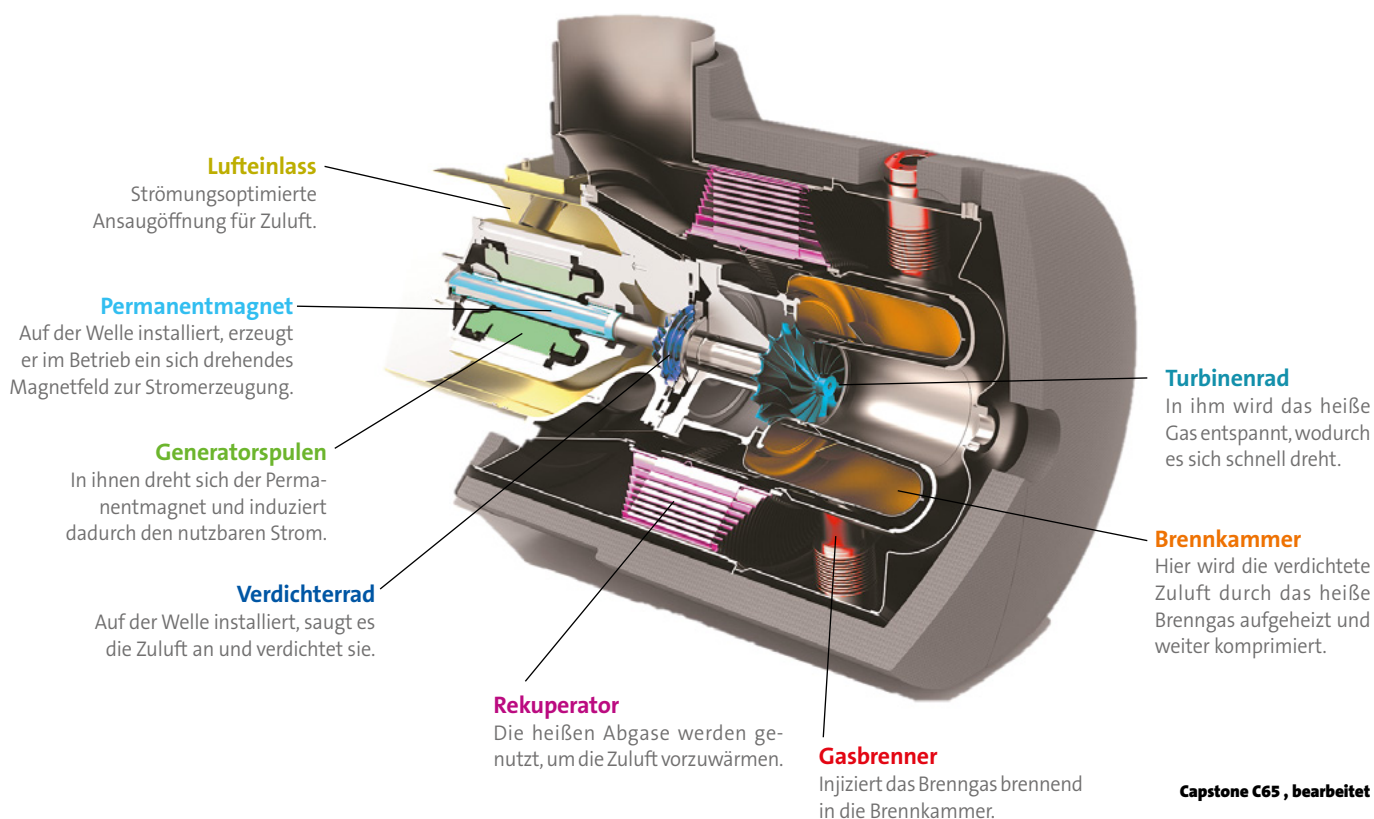
Technologie

Der prinzipielle Aufbau von Mikrogasturbinen unterscheidet sich nicht von dem leistungsstarker Großturbinen. In beiden Typen wird ein zündfähiges Gas in speziellen Brennern genutzt, um eine Welle anzutreiben. Die dort montierten Schaufeln übertragen die thermische Energie in eine Bewegungsenergie, die zum einen genutzt wird, um an der Eingangsseite der Turbine Verbrennungsluft anzusaugen sowie zu verdichten. Zum anderen wird an der Welle außerhalb des von Luft und Brenngas durchströmten Raumes meist ein Generator angeschlossen, der elektrische Energie für den eigenen, vom Netz unabhängigen Verbrauch oder zur Einspeisung erzeugt.

Wegen der Vorverdichtung ist der elektrische Wirkungsgrad mit < 30 % etwas geringer als bei anderen Motor-KWK-Anlagen (rund 40 %). Die Gesamtwirkungsgrade liegen inklusive der thermischen Leistungen dagegen wie bei allen KWK-Anlagen typischerweise weit über 80 %.

Der größte Unterschied zu den in KWK-Anlagen meistens eingesetzten Motor-BHKW ist die Anzahl der bewegten Teile. Während sich in BHKW mit verschiedenen Ventilen, Wellen, Kolben sowie Kühlmittel- und Ölpumpen viele hundert Einzelteile über mehrere Zylinder verteilt hin- und her- oder im Kreis bewegen, dreht sich in Gasturbinen ausschließlich die zentrale Welle mit den auf ihr montierten Schaufeln. Das führt zu einem im Vergleich zum Motor-BHKW stark reduzierten Wartungsaufwand.

Die Wellen der Mikrogasturbinen werden in modernen Anlagen meist kontaktfrei gelagert. Das heißt, die Wellenden schweben entweder in einem Magnetlager oder drehen sich innerhalb eines Luftlagers. Mechanisch berührende Kugel- oder Wälzlager sind wegen des gyroskopischen Effektes in der sich schnell um die eigene Achse drehenden Welle und der damit verbundenen Eigenstabilität nicht erforderlich. Ebenso entfällt durch die Luft- oder Magnetlager in Mikrogasturbinen die in Motor-BHKW alternativlose Ölschmierung.



Prinzip

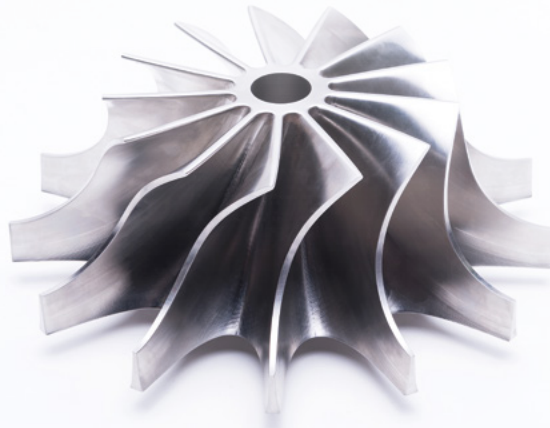
Mikrogasturbinen sind meistens kompakte **Ein-Wellen-Anlagen**. Größere Anlagen können zwei oder mehrere Antriebswellen haben, um verschiedene Druckstufen bei der Entspannung des Antriebsfluids auszunutzen. Zudem können zwischen den Druckstufen Rekuperatoren (Wärmeübertrager, die die Wärme des Abgases effizient nutzen) eingebaut werden, während bei Mikrogasturbinen oftmals nur ein einzelner Rekuperator zur Vorwärmung eingesetzt wird.

Auf der Welle ist bei Mikrogasturbinen meist nur je ein Schaufelrad als Verdichter an der Ansaugseite und als **Turbine** an der Abgasseite montiert. Dagegen werden die Verdichter- und Turbinenstufen bei Flugzeugturbinen und in größeren Kraftwerksturbinen mit vielen aufeinanderfolgenden Schaufelrädern in ihrer Effizienz maximiert und an die jeweiligen Anwendungsspezifikationen angepasst. Sie verursachen durch ihre Komplexität aber auch höhere spezifische Kosten und einen gesteigerten Wartungsaufwand.

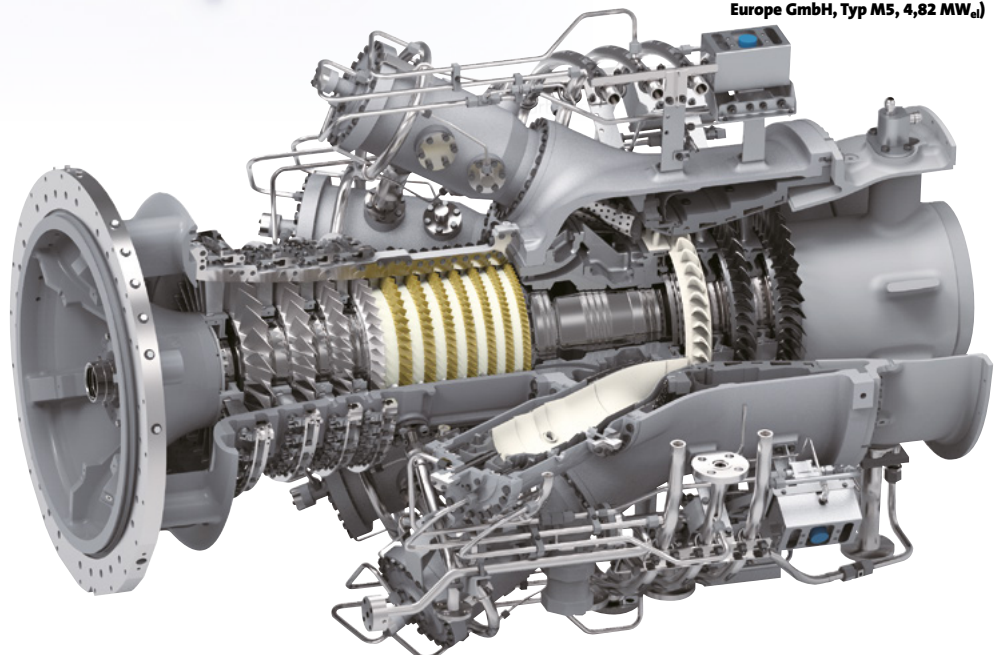
Grundsätzlich stehen bei Turbinen zwei verschiedene Verdichtertypen zur Auswahl: **Axialverdichter** und **Radialverdichter**. In Großturbinen sind die vielen Verdichterstufen so angeordnet, dass die Zuluft parallel, also axial zur Welle verdichtet wird. Bei der einstufigen Verdichtung in Mikrogasturbinen wird die Chance genutzt, die Zuluft durch Nutzung der Zentrifugalkraft nach außen, also radial von der Welle weg zu beschleunigen und dadurch auf kleinem Raum besonders effektiv zu verdichten.

Im Ergebnis leisten die für die Installation in Deutschland verfügbaren Mikrogasturbinen von 3,2 kW_{el} bei 15,6 kW_{th} bis zu 400 kW_{el} bei 500 kW_{th}. Details zu Leistungen sowie weitere Kenndaten finden sich im Herstellerverzeichnis auf Seite 8 / 9.

Radialturbine mit Innensechskantschraube als Größenvergleich (Aurelia Turbines)



11-stufige Axialturbine (KAWASAKI Gas Turbine Europe GmbH, Typ M5, 4,82 MW_{el})



Brenn- und Treibstoffe

Mikrogasturbinen werden flexibel an die Wahl des Brennstoffs angepasst. Dabei ist es zunächst unerheblich, ob der Brennstoff flüssig oder gasförmig vorliegt. Für einen optimalen Anlagenwirkungsgrad wird aber meist auf gasförmige Brennstoffe zurückgegriffen, da bei diesen keine zusätzliche Energie zum Verdampfen aufgewendet werden muss.

Mikrogasturbinen können ab einem Methangehalt von ca. 30 % betrieben werden. Dabei stabilisieren insbesondere Fraktionen von H_2 und CO noch den Betrieb. Zudem sind Mikrogasturbinen im Unterschied zu Gasotomotoren und Brennstoffzellen relativ unempfindlich gegen Schwefelwasserstoff – bis zu 7 Vol.-% sind möglich. Bildet der H_2S im Gasotomotor sehr saure und korrosive Kondensate, so verhindern der ölfreie Betrieb und die hohen Temperaturen in Mikrogasturbinen den negativen Einfluss von Schwefelwasserstoff auf ihre Lebensdauer von ca. 80.000 Betriebsstunden.

Durch die Möglichkeit, mit erneuerbaren Gasen unterschiedlichster Zusammensetzungen betrieben zu werden, erlauben Mikrogasturbinen auch speziellen Anwendungen eine klimaneutrale Wärme- und Stromversorgung. Grüne Gase, also Biomethan aus Biogasanlagen mit Gasaufbereitung oder Wasserstoff und erneuerbares Erdgas aus Power-to-Gas-Anlagen, werden dem Gasnetz schon heute beigemischt. Langfristig gewährleisteten Pipelines und Speicher auch in Dunkelflauten eine sichere Brennstoffversorgung. Zusätzlich zu ihrem sauberen Abgas bieten Mikrogasturbinen so ausgezeichnete Eigenschaften zur Unterstützung der Energie- und Wärmewende.

Für den Betrieb von Mikrogasturbinen relevante Stoffdaten der am weitesten verbreiteten Brenngase.

	Methan- gehalt (%)	Heizwert H_i (kWh/m ³)	Brennwert H_s (kWh/m ³)	Dichte bei 0 °C, 1 bar (kg/m ³)	Zündgrenzen in Luft (Vol.-%)
Erdgas	80...99	8,6...11,4	9,7...12,8	0,72...1,00	4,0...17,0
Biogas	50...75	5,0...5,8	5,6...6,7	0,92...0,98	6,0...12,0
Klärgas	ab 35	ab 3,50	*	*	*
Grubengas	ab 30	ab 2,99	*	*	*
Deponiegas	ab 30	ab 2,49	*	*	*
Wasserstoff	0	3,0	3,6	0,09	4...80
Propan	0	25,9	28,1	2,04	2...9,5
n-Butan	0	34,4	37,3	2,66	1,5...8,5

Daten: Grundlagen der Gastechnik (ISBN: 978-3-446-44965-7), BINE Informationsdienst, Tycza Energy GmbH

* Die drei Gase Deponiegas, Grubengas und Klärgas sind ähnlich dem Biogas das Ergebnis mikrobiologischer Abbauprozesse unter Sauerstoffabschluss oder auch thermischer Zerfallsprozesse. Während die Eigenschaften von Biogas durch die gezielte Rohstoffzugabe in einen Biogasfermenter geregelt werden können, ist die Zusammensetzung der anderen Gase stark von den jeweils verfügbaren Rohstoffen abhängig. So treten neben Methan und CO_2 auch Wasserstoff (H_2), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Schwefelwasserstoff (H_2S) auf, die großen Einfluss auf Brennwert, Dichte und Zündgrenzen ausüben. Wegen dieser starken Schwankungen wird auf die Angabe entsprechender Werte verzichtet.



Vorteile von Mikrogasturbinen

Wärmenutzung Das als Wärmequelle nutzbare Abgas steht bei Temperaturen von mehreren 100 °C in einem einzigen Wärmestrom zur Verfügung. Dadurch kann anders als bei BHKW und Brennstoffzellen auch Prozesswärme (z. B. in Form von Dampf) bereitgestellt werden. Der mögliche nutzbare Temperaturbereich erstreckt sich für die Wärmeanwendung von der Umgebungs- bis zur maximalen Dampftemperatur, weil die Abwärme nicht an die Kühltemperatur eines Motors gebunden ist.

Da der größere Teil der Brennstoffenergie in Mikrogasturbinen in Wärme umgesetzt wird, werden diese Anlagen meistens wärmegeführt betrieben. Der gleichzeitig erzeugte Strom kann selbst genutzt oder gegen Vergütung in das öffentliche Netz eingespeist werden.

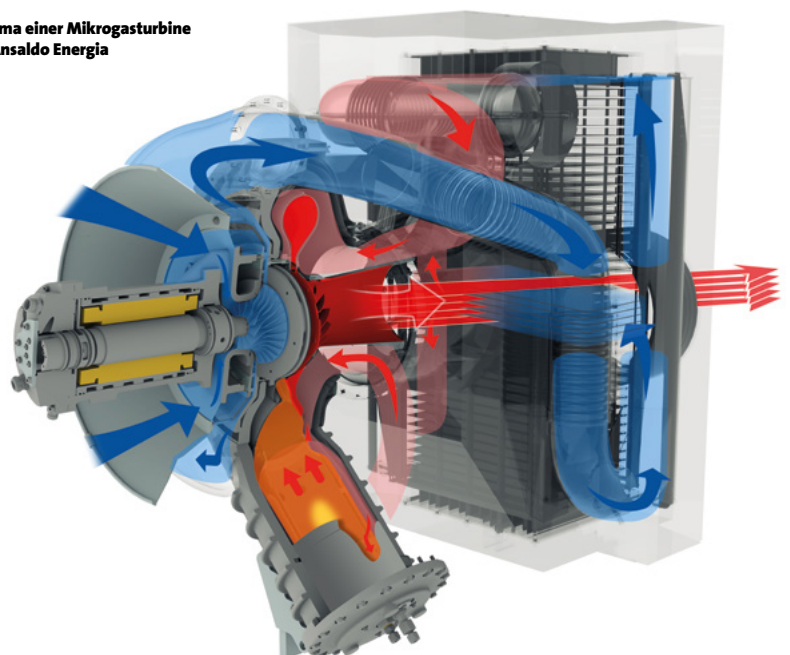
Regelung Die geringe, sich drehende Masse der Welle und das Fehlen weiterer aufwändiger Zubehörtechnik ermöglicht Mikrogasturbinen ein sehr schnelles und flexibles Anfahren von abgefragten Wärmeleistungen innerhalb weniger Sekunden. Im Teillastbereich arbeiten Mikrogasturbinen schon ab ca. 5 % der Systemleistung stabil. Die Regelung erfolgt über die Brennstoffzufuhr in die Brennkammer.

Wartung Mikrogasturbinen sind im Vergleich zu anderen KWK-Anlagen besonders wartungsarm und verfügen kaum über Verschleißteile. Die Konstruktion der Anlagen reduziert sich daher auf das sichere Handling der im Prozess auftretenden hohen Temperaturen und Drehzahlen. Ölwechsel sind nicht erforderlich.

Abgas Mikrogasturbinen emittieren besonders sauberes Abgas ohne Feinstaub und/oder Ruß. Wegen der eingesetzten gasförmigen Brennstoffe sind die kWh-spezifischen CO₂-Emissionen geringer als bei mit Öl, Diesel oder Kohle betriebenen KWK-Anlagen. Des Weiteren halten Mikrogasturbinen mit NO_x-Gehalten von im Abgas unter 30 mg/m³ im Abgas auch ohne zusätzliche Katalysatortechnik die Regeln der TA Luft (< 50 mg/m³) ein. Der aktuelle Grenzwert für Kohlenmonoxid (< 100 mg/m³) stellt ebenfalls kein Problem dar.

Schall Wegen der hohen Drehzahlen von bis zu 96.000 U/min produzieren Mikrogasturbinen keinen tieffrequenten, hörbaren Körperschall. Stattdessen emittieren sie ein einfach dämmbares Geräusch im vom menschlichen Gehör schwer wahrnehmbaren Frequenzbereich über 40 bis zu 96 kHz.

Strömungsschema einer Mikrogasturbine
Hier: AET100, Ansaldo Energia



Zu beachten

Stromproduktion Der elektrische Wirkungsgrad ist mit etwa 30 % geringer als bei vergleichbaren Motor-BHKW oder Brennstoffzellen. Die Stromerzeugung wird daher als monetär wirksames Zusatzprodukt und nicht als Führungsgröße betrachtet.

Kosten Wegen zur Zeit noch relativ geringen Stückzahlen und hochpreisigen Werkstoffen liegen die Investitionen für Mikrogasturbinen aktuell bei ca. 2.000 €/kW_{el} für kleinere Anlagen im Leistungsbereich um 50 kW_{el} und sinken für größere Anlagen im Bereich von 400 kW_{el} auf ca. 1.000 €/kW_{el}. Zum Vergleich: Motor-BHKW kosten bei 50 kW_{el} ca. 1.700 €/kW_{el} und bei 400 kW_{el} ca. 800 €/kW_{el} (Daten: ASUE BHKW-Kenndaten).

Mit der weiteren Dezentralisierung der Energielandschaft werden aber höhere Stückzahlen und die entsprechenden Volumeneffekte erwartet, die zu stark sinkenden Preisen führen.

2 Mikrogasturbinen-Kenndaten

Die Einsatzmöglichkeiten für Mikrogasturbinen spiegeln sich nicht in der Anzahl der Anbieter und Geräte wider. Ein Grund dafür sind die hohen, spezifischen Material- und Entwicklungskosten, die eine große Barriere zum Markteintritt darstellen. Dennoch sind drei der sechs Anbieter Unternehmen innerhalb der letzten drei Jahre nach teils langjähriger Entwicklungsarbeit mit ihren Produkten auf den Markt getreten.



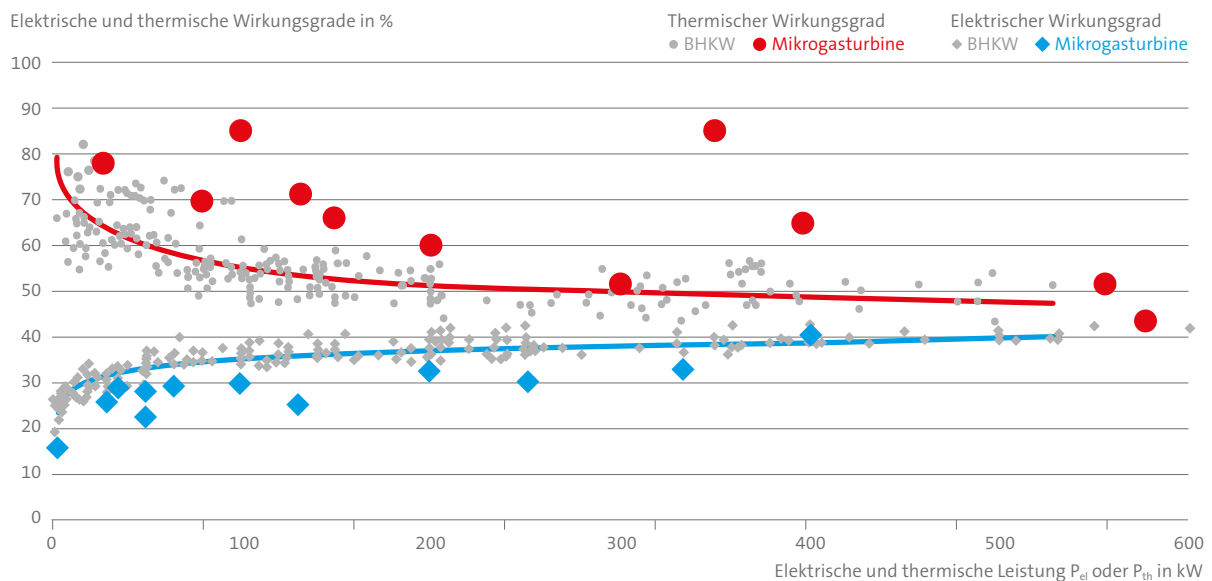
A400
(Aurelia Turbines)

Im Vergleich der elektrischen Wirkungsgrade von BHKW und Mikrogasturbine werden die unterschiedlichen Einsatzfelder deutlich. Während die elektrischen Wirkungsgrade von Mikrogasturbinen meist unter denen von BHKW liegen, übertreffen ihre thermischen Wirkungsgrade die von BHKW bei Weitem. Hinzu kommt, dass die Abwärme auf weit höheren Temperaturen zur Verfügung steht als bei BHKW.



AE-T100 im Auslieferungszustand
(Ansaldo Energia)

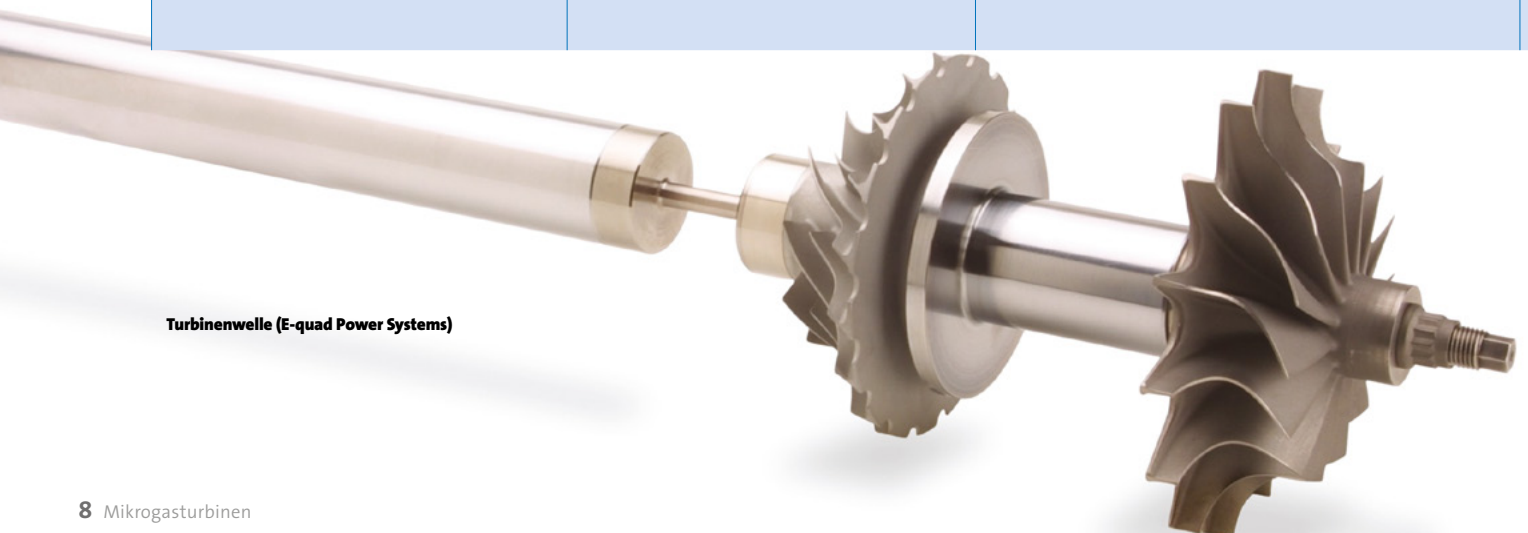
Vergleich der elektrischen und thermischen Wirkungsgrade von BHKW und Mikrogasturbine bis 400 kW_{el}



Datenquelle: ASUE - BHKW Kenndaten, Herstellerumfrage 2018

2 Mikrogasturbinen Kenndaten

		Prof. Dr. Berg & Kießling GmbH			E-quad Power Systems GmbH (Capstone Turbine Corporation, USA)			
Typ		MTG35	ClinX50	ClinX130	C30	C50	C65	C200
Elektrische Leistung	<i>kW</i>	1...38	0...50	0...130	1...30	1...50	1...65	15...200
Thermische Leistung	<i>kW</i>	k. A.	100...150	300...370	22...80	26...132	82...148	70...395
Nennleistung	<i>kW_{el}</i>	35	50	150	25	50	61	200
Nennleistung	<i>kW_{th}</i>	k. A.	130	350	80	128	148	395
Wärmenutzleistung bei 140 °C	<i>kW</i>	k. A.	100...150	300...370	6...41	5...67	5...82	6...182
Elektrischer Wirkungsgrad	<i>%_{max}</i>	28	22,4	25	26	28	29	33
Thermischer Wirkungsgrad	<i>%_{max}</i>	k. A.	60	89	70	71	66	65
Arbeitsbereich	<i>%_{CH₄}</i>	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	36...100
Brennstoffeinsatz Q _f bez. auf 100 % CH ₄	<i>kW</i>	k. A.	230...340	600...850	23...115	30...192	30...224	...606
Interner Gasverdichter		Nein	Nein	Nein	Optional	Optional	Optional	Optional
Brenngasvordruck	<i>bar_a</i>	k. A.	k. A.	k. A.	4,9	4,9	4,9	5,2
Abgastemperatur	<i>°C</i>	260	140	140	275	294	309	280
Abgasmassenstrom	<i>kg/s</i>	0,35	0,5	1,47	0,31	0,44	0,49	1,33
NO _x -Konzentration im Abgas	<i>ppm</i>	k. A.	k. A.	k. A.	9	9	9	9
Hinweise		Range-Extender für flüssige Kraftstoffe wie Diesel, Kerosin und Heizöl	Extern befeuerte Turbinen					
Adresse		Schongauerstraße 33 12623 Berlin +49 (0) 30 346556499 service@bergundkiessling.com www.bergundkiessling.com			Nordstern-Park 17a 52134 Herzogenrath-Merkstein +49 (0) 2406 30 369 10 info@microturbine.de www.microturbine.de			



Turbinenwelle (E-quad Power Systems)



Micro Turbine Technology (MTT) bv	EECT Turbomachinery bv (FlexEnergy Inc., USA)	Aurelia Turbines Oy	Ansaldo Energia S.p.A	
Enertwin	GT333S	A400	AE-T100NG	AE-T100B
1...3,2	165...333	0..400	50...100	50...100
6...15,6	280...556	0...573	100...200	100...200
3,2	319	400	100	100
15,6	478	573	200	200
k. A.	k. A.	296	60...120	60...120
16	33	40,2	30	30
78	51,6	57,3	60	60
74...100	k. A.	20...100	100	40..80
9...20	k. A.	...995	...333	...333
Ja	Optional	Optional	Ja	Ja
1,03	5	8	0,02	0,02
32	264	168	270	270
0,065	2,3	2,1	0,79	0,79
15	<5	<15	<15	<15
Esp 310 5633 AE Eindhoven Niederlande +31 (0) 88 688 0000 info@mtt-eu.com www.mtt-eu.com	Pieter Zeemanweg 97 3316 GZ Dordrecht Niederlande +31 (0) 78 618 7555 info@eect.eu www.eect.eu	Höyläkatu 1 53500 Lappeenranta Finnland +358 (0) 20 730 3110 sales@aureliaturbines.com www.aureliaturbines.com	Via N. Lorenzi, 8 16152 Genua Italien +39 (0) 010 655 7200 microturbine@ ansaldoenergia.com www.ansaldoenergia.com	



3 Anwendungen von Mikrogasturbinen

Einsatzfelder für Mikrogasturbinen finden sich überall dort, wo ein Wärmebedarf auf hohem Temperaturniveau und in schwankender Menge vorliegt und zudem mit selbsterzeugtem Strom die betrieblichen Kosten reduziert werden können. Die Unabhängigkeit von den steigenden und aufgrund von häufigen gesetzlichen Änderungen wenig planbaren Stromkosten kann zu einem Blick in Richtung der wartungsarmen Mikrogasturbinen motivieren. Auf den folgenden Seiten veranschaulichen unterschiedliche Projektbeispiele die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten.

Industrie und Produktion

Praktisch jeder Prozess in Industrie und Betrieben aller Branchen hat bestimmte Anforderungen an die Temperatur. Das Halten der jeweiligen Werte erfordert eine verlässliche Wärmeversorgung damit die Produktqualität den Spezifikationen entspricht. Je hochwertiger ein Produkt auf den Markt kommen soll, umso aufwändiger ist die Sicherstellung der Qualität. Wird nun neben der für den Prozess notwendigen Wärme zusätzlich elektrische Energie erzeugt, lassen sich weitere Potenziale für die betriebliche Bilanz heben.





Fünf Mikrogasturbinen mit zusammen 1.000 kW_{el} und 1.430 kW_{th} zur Heiß- und Warmwasserproduktion bei einem Getränkehersteller.
Bild: E-quad Power Systems GmbH



Zwei Mikrogasturbinen mit zusammen 130 kW_{el} und 296 kW_{th} zur direkten Trocknung von Ziegeln, Klinker sowie Modul- und Verblendsteinen innerhalb des Produktionsprozesses.
Bild: E-quad Power Systems GmbH



asue.de
> Alle Broschüren
> KWKK – Kraft-
Wärme-Kälte-
Kopplung



asue.de
> Alle Broschüren
> Direkte Trocknung
mit KWK

Lebensmittelgroß- und Einzelhandel

Große, offene Verkaufsflächen und breite Fensterfronten laden die Kunden zum Verweilen ein. Eine wetterunabhängig auf angenehme Werte geregelte Temperatur mit perfekt eingestellter Luftfeuchtigkeit steigert das Wohlbefinden und ermöglicht eine möglichst lange Haltbarkeit für die Produkte.

In der Frischeabteilung und den entsprechenden Lager- sowie Verarbeitungsräumen für Fisch, Fleisch, Milchprodukte und bisweilen auch Gemüse muss (tief-)gekühlt werden, während Gastronomie, Sozialräume und im Winter auch die Verkaufsflächen Wärme für Raumheizung sowie heißes Wasser benötigen. Diese parallelen Anforderungen bieten optimale Voraussetzungen für den Einsatz von Mikrogasturbinen, weil die hohen Abgastemperaturen mit Sorptionskälteanlagen (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, KWKK oder englisch: Trigeneration) kombiniert große Mengen moderater Kälte bereitstellen können und die CO₂-Emissionen bei gleichzeitigen Einsparungen von Energiekosten im Vergleich zu einer strombasierten Anwendung reduzieren.



Vier Capstone Mikrogasturbinen mit zusammen 800 kW_{el} und 1.400 kW_{th} sowie zwei angeschlossene Absorptionskältemaschinen (NH₃ für Tiefkühlung – 280 kW_{th}, LiBr für Klimatisierung – 370 kW_{th}) zur Versorgung eines Lebensmittelgroßmarktes.
Bild: E-quad Power Systems GmbH



Bild: Viessmann GmbH

Altbauten und Gebäudebestand in der öffentlichen Hand

Viele bestehende größere Gebäude, wie Behörden, Ämter und Schulen, verfügen über eine aus heutiger Sicht veraltete Bausubstanz. Die Fenster sind schlecht isoliert und dünne Wände hemmen den Wärmeverlust nach außen nur unzureichend. Wenn aus Denkmalschutzgründen nicht oder nur dezent gedämmt werden darf, gilt es, die benötigte Heizwärme effizient zu erzeugen. Hier kommen Mikrogasturbinen ins Spiel.

Mit ihrem hohen thermischen Wirkungsgrad und der flexiblen Fahrweise können sie die Heizwärme bedarfsgerecht bereitstellen. Wegen der hohen abwärmeseitigen Temperaturen der Mikrogasturbinen kann der Austausch alter, ineffizienter Kessel in der Regel ohne große Umbauten an den Heizungsanlagen in den Räumen erfolgen – die Vorlauftemperatur wird jeweils an die Anforderungen angepasst. Zusätzlich können dabei mit dem gleichzeitig erzeugten Strom Einnahmen für die Eigentümer oder Betreiber der Gebäude generiert werden.



Mikrogasturbine AE-T100NG (100 kW_{el} und 200 kW_{th}) zur Beheizung eines im 19. Jahrhundert erbauten und Anfang der 2000er Jahre sanierten Altenheims mit angeschlossenem, neuem Gesundheitszentrum.

Bild: Ansaldo Energia S.p.A



Zwei Mikrogasturbinen mit zusammen 6,4 kW_{el} und 31,2 kW_{th}, mit 4.000 Liter Pufferspeicher zur Beheizung eines in den Jahren 2016 bis 2018 generalsanierten Schulgebäudes aus dem Jahr 1899.

Bild: MTT Micro Turbine Technology bv

4 Wirtschaftlichkeit

Die umfassende Energiebilanz hat entscheidenden Einfluss bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Mikrogasturbinen. Wie bei allen KWK-Anlagen geht es auch hier bei der Auslegung darum, die betriebliche Auslastung der Geräte zu optimieren. Im Vergleich zu Motor-BHKW kommen Mikrogasturbinen besonders dann zum Zuge, wenn

- Temperaturen deutlich über 85 °C erforderlich werden,
- Wärmebedarfe fluktuierend auftreten und
- nur geringe Geräuschemissionen zulässig sind.

Ähnlich wie bei Gas- oder Ölbrennern können Mikrogasturbinen den spezifischen Wärmebedarf eines Verbrauchers präzise anfahren. Insbesondere im Fall der direkten Nutzung des Abgases z. B. zur Trocknung von Holz oder Baumaterialien besitzen Mikrogasturbinen vorteilhafte Eigenschaften. Ohne den Einsatz eines

Wärmeübertragers ist der Ausnutzungsgrad der produzierten Wärme sehr hoch und die Abgase können sogar mit Lebensmitteln in Kontakt gebracht werden, da sie frei von Öl und Feinstaub und daher unbedenklich sind. Wegen des CO₂-Anteils dürfen die Turbinenabgase nur in Räumen ohne Arbeitsplatz eingesetzt werden.

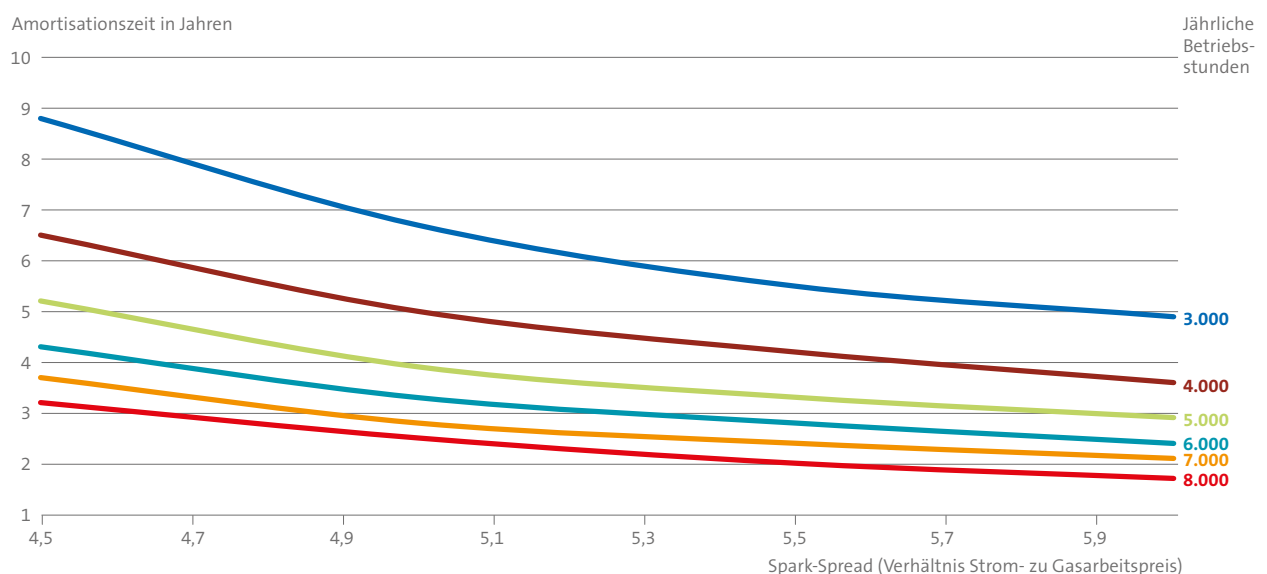
Die Warmwasserbereitung für Heizzwecke, Sozialräume oder die Ausgestaltung komplexer HKL-Systeme (HKL: Heizung, Klima und Lüftung) mit definierten Raumluftparametern ist durch die flexibel und verlässlich abrufbare Leistung von Mikrogasturbinen ebenfalls möglich. Dazu werden im Abgasstrom den Anforderungen entsprechend dimensionierte Wärmeübertrager installiert und an Kühl- und Heizkreisläufe angeschlossen. Für größere Kältebedarfe ist auch der Betrieb von Sorptionskältemaschinen (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, KWKK oder englisch: Trigeneration) mit dem Turbinenabgas möglich.

Der immer parallel produzierte Strom ermöglicht im Unterschied zu Gas- oder Ölbrennern sowie elektrisch betriebenen Anlagen die Refinanzierung der Investitionskosten. Weil der Strompreis je nach Anbieter, Verbrauch und Region mehr als viermal höher als der jeweilige Gaspreis ist, amortisieren sich die Investitionen einer Mikrogasturbine in der Warmwasserbereitung bei einer jährlichen Laufzeit von 5.000 Betriebsstunden schon nach weniger als drei Jahren.

Die spezifischen Investitionskosten sinken mit steigender Leistung einer Mikrogasturbine wie bei allen technischen Anlagen üblich. Während bei Anlagen mit 50 kW_{el} überschlägig von rund 2.000 €/kW_{el} auszugehen ist, so sinkt dieser Wert für Anlagen mit 200 kW_{el} schon auf 1.500 €/kW_{el}. Aktuelle Neuentwicklungen erreichen sogar Werte von ca. 1.000 €/kW_{el} bei einer Leistung von 400 kW_{el}.

Beispielhafte Amortisationszeiten einer Mikrogasturbine (Hochdruck) mit 200 kW_{el}

Investitionssumme: ca. 325.000 € für eine Warmwasserbereitung. Darstellung anhand der jährlichen Laufzeit und des Verhältnisses von Gaspreis zu Strompreis.



Datenquelle: E-quad Power Systems GmbH

Informationen

In die Berechnung der Amortisationszeiten fließen neben den reinen Geräte- und Betriebskosten auch Kosten für Wartung und Einbindung ein. Auf der Einnahmenseite können bei vollständigem Eigenverbrauch eingesparte Stromkosten und Wärmegutschriften geltend gemacht werden.

Für die nachfolgende Bilanz wurden die Positionen für die Anlagengrößen 50 kW_{el} (z. B. im Mehrfamilienhaus oder in einem kleinen Unternehmen) und 200 kW_{el} (z. B. in einem mittleren, produzierenden Unternehmen) zusammengestellt und mit einer netzbasierten Stromversorgung zu marktüblichen Preisen verglichen. Daraus entsteht ein Überblick über die betrieblichen und buchhalterisch darzustellenden Umsätze.

Ausblick

Zur Datenerhebung für diese Broschüre wurden europaweit Unternehmen angeschrieben, die Mikrogasturbinen in dem festgelegten Leistungsbereich bis zu 400 kW_{el} liefern. Nach einer Konsolidierung des Marktes haben nur wenige Anbieter betriebliche Daten geliefert. Im Zuge der Dezentralisierung des Strom- und Wärmemarktes wird erwartet, dass die Anzahl der installierten Anlagen steigt und sich die Datenlage dadurch zukünftig verbessert.

6.900 Volllaststunden		50 kW _{el}	200 kW _{el}	400 kW _{el}
Gerätekosten	€	105.000	270.000	400.000
Einbindungskosten	€	10.000	26.000	55.000
Vollwartungskosten	€/Bh	0,95	2,46	3,00
Brennstoffkosten	€/a	43.000	136.000	223.306
Eingesparte Stromkosten	€/a	39.000	149.000	295.600
Zuschuss KWK-Eigenverbrauch	€/a	13.800	0	0
Wärmegutschrift	€/a	30.000	79.000	114.600
Summe Investitionen	€	115.000	296.000	455.000
Summe Betriebskosten	€/a	49.555	152.974	244.006
Summe Einnahmen	€/a	82.800	228.000	410.200
Ergebnis	€/a	33.245	75.026	166.194

Daten: E-quad Power Systems und Aurelia Turbines

Mit: Arbeitspreis Gas = 3,5 Ct/kWh, Stromkosten = 14 Ct/kWh und Stromeigennutzung = 100 %

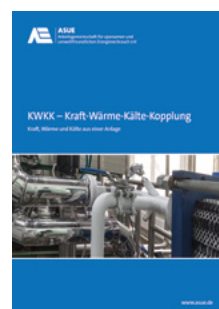
Die ASUE stellt zu verschiedenen Themen umfangreiches Infomaterial bereit. Neben der hier vorgestellten Auswahl finden Sie unter www.asue.de/broschuerenliste/alle alle unsere Broschüren zum Bestellen als gedruckte Version oder zum pdf-Download.



KWKG 2020 in Zahlen
Online-PDF



Leitfaden zur Anmeldung
und steuerlichen
Behandlung von kleinen
Blockheizkraftwerken
Bestellnummer 309887



KWKK – Kraft-Wärme-
Kälte-Kopplung
Bestellnummer 310478



Gasturbinen –
Kenndaten und Referenzen
Bestellnummer 309783

Fotos: Sergey Ryzhov, successphoto, Christian Schwier, K. Thalhofer, akoppo1, beysim (stock.adobe.com)

Herausgeber

ASUE Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e. V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin
Telefon 0 30 / 22 19 1349-0
info@asue.de
www.asue.de

Bearbeitung

ASUE-Arbeitskreis Gasturbinentechnik
Thomas Wencker
Jürgen Kukuk

Grafik

Kristina Weddeling, Essen

Verlag

wvgw Wirtschafts- und
Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH
Josef-Wirmer-Straße 3
53123 Bonn
Telefon 0228/9191-40
info@wvgw.de
www.wvgw-shop.de

Mikrogasturbinen

Bestellnummer: 510601

Stand: Juli 2021

Überreicht durch: