

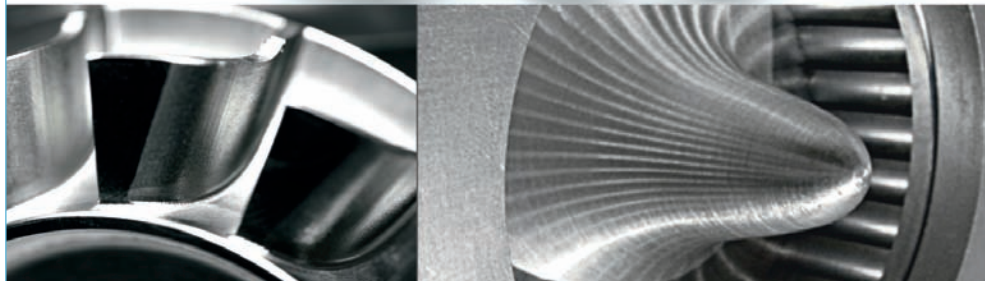
Effizienz kleiner ORC-Anlagen

Chancen und Grenzen der Nachverstromung ungenutzter Wärme von BHKWs

Turbinen für den ORC-Kreislauf: Radialturbinen (oben und links unten) sowie Zentripetalturbinen kommen mit unterschiedlichen Arbeitsmitteln zum Einsatz.



Quelle: LTI Adaturb



ORC-Anlagen mit Megawatt-Leistungen sind zur Verstromung von Wärme seit langem erfolgreich im Einsatz. In den letzten Jahren sind jedoch viele kleine Stromerzeugungsanlagen ans Netz gegangen, die ihre Abgas- und Motorwärme weitgehend ungenutzt lassen. Kleine ORC-Anlagen könnten Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen deutlich steigern.

■ Klaus-Peter Priebe

Seit über 20 Jahren sind in Deutschland zahlreiche kleine regenerativ befeuerte Stromerzeugungsanlagen mit Motorgrößen zwischen 150 kW_{el} bis 800 kW_{el} entstanden – in den letzten Jahren auch vor dem Hintergrund von EEG und KWKG (Erneuerbare-Energien- und Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz). Als erneuerbare Energieträger nutzen sie Biogas, Holzgas oder Biodiesel und Palmöl. Ihre Abgas- und Motorwärme lässt sich oft jedoch nur unzureichend nutzen. Die in großen Anlagen erprobte ORC-Technik (Organic Rankine Cycle) lässt sich jedoch auch auf regenerativ erzeugte, kleine Abwärmeangebote anwenden.

Typische Einsatzfelder großer ORC-Anlagen sind Biomassefeuerungen zur Fernwärme-

erzeugung wie in Esslingen oder die Nutzung der Abwärme von Zement- oder Glasfabriken. Hier hat sich ein ORC-Anlagentyp bewährt, mit dem die Feuerungswärme einen Thermalölkreislauf erhitzt, der seine Wärme wiederum an den Turbinenkreislauf abgibt. Der Turbinenabdampf kann wärmegeführt für die Speisung des Fernwärmenetzes genutzt werden. Typischerweise werden Anlagenwirkungsgrade bis zu 20 % elektrisch netto im Netz erreicht.

Die LTI Adaturb, ein Unternehmen der LTI-Gruppe, hat in den letzten Jahren mehrstufige Radialturbinen und einstufige Zentripetalturbinen mit unterschiedlichen Arbeitsmitteln erprobt und statet zurzeit erste Pilotprojekte aus. Mittlerweile sind unterschiedliche technische Konzepte im >



Klaus-Peter Priebe
Geschäftsführer von LTI Adaturb
in Dortmund

T +49/231/974-2865
F +49/231/974-2868
info@adaturb.de

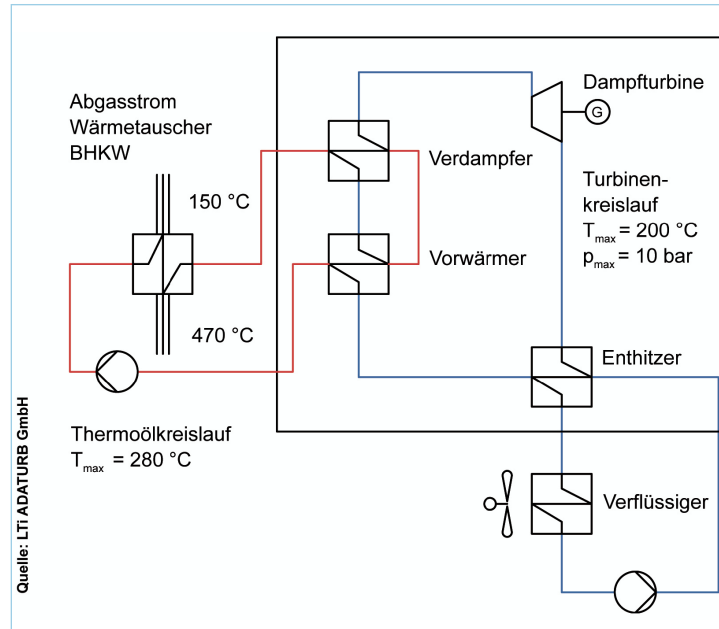
Entwicklungs- oder Demonstrationsstadium, so dass es Interessenten nicht immer leicht fällt, die Anlagentypen einzuschätzen oder wirtschaftlich zu bewerten.

Ausgangssituation

Die Ausgangslage stellt sich im Regelfall wie folgt dar:

- Der Kunde betreibt zum Beispiel eine Biogasanlage, die Biogas mit einer Brennwertleistung von 750 kW erzeugt.
- Mit dem Biogas produziert ein Biogasmotor eine elektrische Leistung von rund 300 kW_{el}.
- Die Wärme des Abgases (bis zu 200 kW_{th}) wird häufig über einen Kamin abgeleitet oder einem Wärmekreislauf zur Verfügung gestellt.
- Die Motorabwärme aus Ladeluftkühlung, Ölkühlung und Motorkühlung (ebenfalls bis zu 200 kW_{th}) wird einem Wärmekreislauf zur Verfügung gestellt.
- Dieses Wärmeangebot von zusammen rund 400 kW_{th} kann weder zur Vorwärmung der Fermenter noch zur Heizung des Hofes vollständig abgesetzt werden – meist kann nur ein ganzjähriger Wärmeabsatz von 60 bis 80 kW_{th} auf dem Hof erschlossen werden.
- Fernwärmepotentiale lassen sich meist nicht wirtschaftlich erschließen, da die Anlagen dezentral außerhalb von Ortschaften stehen.
- Eine Einspeisung des Biogases in ein Erdgasnetz ist nur bei sehr großen Biogasanlagen möglich, da die Aufreinigungstechnik auf Erdgasstandard sehr teuer ist und noch erprobt werden muss.

Für die Nutzung der Abwärme stehen heute kleine ORC-Anlagen bis zu etwa 120 kW_{el} be-



Aufbau einer ORC-Anlage: Das Thermoöl kühlt den Abgasstrom von ca. 470 °C auf 150 °C ab und führt die Wärme in den Turbinenkreislauf. Dort wird das ORC-Arbeitsmittel verdampft und in der Turbine entspannt. Nach dem Enthitzer wird das Arbeitsmedium wieder verflüssigt und über die Speisepumpe wieder dem Verdampfer zugeführt.

reit, die meist wie in der Abbildung oben rechts aufgebaut sind.

Maximal erreichbare Wirkungsgrade

Der maximal erreichbare Wirkungsgrad einer Anlage (eta Carnot) ist gegeben durch

$$\eta_c = 1 - \frac{T_{\text{Umwelt}}[K]}{T_{\text{Prozess}}[K]}$$

wobei T die in Kelvin gemessene Temperatur ist. Verluste entstehen technisch bedingt zum Beispiel in der Arbeitsmaschine, in Umwälz- und Speisepumpen, gegebenenfalls am Wechselrichter, im Lüfter am Verflüssiger und in der Steuerungselektronik.

Wird nur die Motorabwärme bis zu 95 °C (366 K) für einen ORC-Prozess genutzt, können bis zu 10 % Anlagenwirkungsgrad netto Netzeinspeisung erreicht werden. Wird nur die

Abgaswärme genutzt können ORC-Dampftemperaturen oberhalb von 200 °C (473 K) erreicht werden, in diesem Fall sind bis zu 20 % Anlagenwirkungsgrad netto Netzeinspeisung möglich.

Um sowohl Abgaswärme als auch Motorwärme zu nutzen, werden meist beide Wärmepotentiale in einem wasserbetriebenen Zwischenkreislauf zusammengefasst. So lassen sich Arbeitstemperaturen von bis zu 120 °C vor der ORC-Arbeitsmaschine erreichen. Zur optimalen Ausnutzung beider Wärmeangebote ist im Regelfall eine zweistufige ORC-Arbeitsmaschine notwendig.

Hinsichtlich der Angabe von Wirkungsgraden unterschiedlicher Anbieter empfiehlt es sich grundsätzlich, die Wirkungsgradberechnung in einer ORC-Anlage als

$$\eta_{\text{netto}}[\%] = \frac{Q_{\text{Strom}}[\text{kW}_{\text{el}}]}{Q_{\text{Abwärme}}[\text{kW}_{\text{th}}]} \cdot 100$$

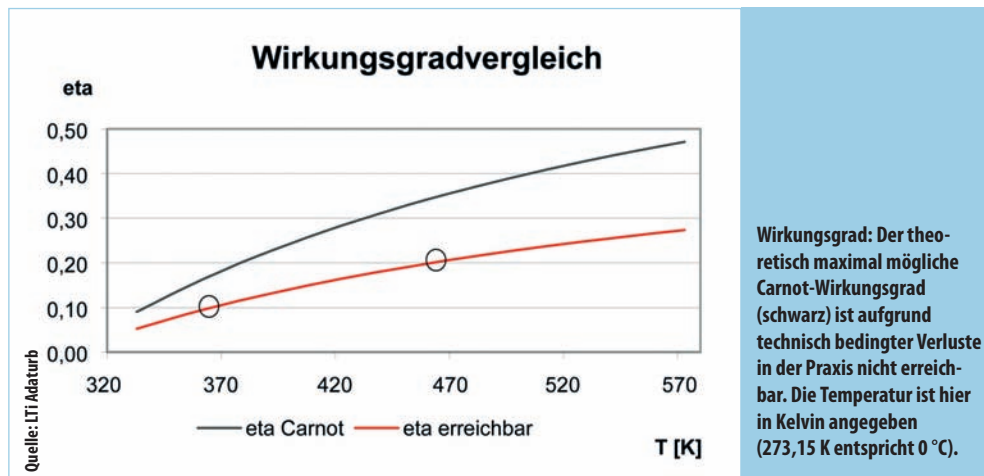
heranzuziehen, da nur die elektrische Einspeiseleistung gemäß EEG vergütet wird.

Technische Unterschiede

In Erprobung befinden sich technisch unterschiedliche kleine ORC-Anlagen. So werden

- Dampfmaschinen mit einem ORC-Arbeitsmittel erprobt,
- Schraubenmotoren in ORC-Kreisläufen eingesetzt oder
- unterschiedliche Turbinentypen und
- unterschiedliche ORC-Arbeitsmittel.

Als ORC-Arbeitsmittel im Turbinenkreislauf kommen Kältemittel, Kohlenwasserstoffe oder



Pay-back einer TG 60-180 mit 60 kW _{el}		
Investitionskosten	einmalig	200.000 €
Absetzung für Abnutzung	10 % p.a.	20.000 €
Zinsen	5 % p.a. bis zur Rückzahlung	10.000 €
Wartung	4 % p.a.	8.000 €
Versicherung	2 % p.a.	4.000 €
Jährlicher Aufwand	dauerhaft	12.000 €
Jährlicher Ertrag bei 8.500 h/a	0,1886 €/kWh	96.186 €
Überschuss pro Jahr	ab Pay-back-Zeitpunkt	84.186 €
Pay-back-Dauer		3 Jahre

Silikonöle zum Einsatz. Bei den Kältemitteln handelt es sich im Regelfall um fluorierte Kohlenwasserstoffe, deren Zukunft allerdings unsicher ist, da sie auf EU-Ebene als Mitverursacher für die Schädigung der Ozonschicht und/oder den Treibhauseffekt angesehen werden. Als Kohlenwasserstoffe kommen je nach Anbieter Butan, Pentan oder auch Hexene zum Einsatz, die teure anlagentechnische Vorkehrungen bis an den Aufstellungsort erfordern, um eine Explosionsgefährdung auszuschließen. Silikonöle weisen solche Nachteile nicht auf, sind allerdings nach der Wassergefährdungsklasse II klassifiziert, benötigen also eine Auffangwanne als bauliche Vorkehrung.

Wirtschaftliche Aspekte

Die Energieeffizienz vorhandener und neu zu bauender Anlagen, die mit regenerativ gewonnenen Brennstoffen wie Bio- oder Holzgas und Biodiesel oder Palmöl betrieben werden, steigt durch die Verstromung der Abwärme. Allerdings stellt sich immer die Frage nach der Wirtschaftlichkeit des zusätzlichen Investments.

Diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung muss den vom Gesetzgeber gezogenen Rahmen beachten. Zu berücksichtigen sind deshalb das EEG und das in Novellierung befindliche KWK-Gesetz. Die Vergütung einer in das Stromnetz eingespeisten Kilowattstunde setzt sich zusammen aus Vergütungssätzen für regenerativ erzeugten Strom gemäß

- KWK-Gesetz (Kraft-Wärme-Kopplung),
- Nawaro- (Nachwachsende Rohstoffe) und
- Innovationsbonus.

Bei kleinen Anlagen lassen sich in der Summe bis etwa 0,21 Euro/kWh erzielen. Es ist für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von entscheidender Bedeutung, wie viele Betriebsstunden pro Jahr bei Nennbetrieb erreicht werden, da zum Beispiel die oft gewünschte Wärmeauskoppelung im Winter die Nettostromerzeugung vermindert.

Es hat sich die in der Tabelle oben dargestellte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bewährt, mit der die Pay-back-Dauer für das zusätzliche Investment berechnet wird. Generell sollten sich vor dem Hintergrund gesetzgeberischer

Unsicherheiten die Investitionen in weniger als sechs Jahren amortisieren.

Zur Ermittlung der Pay-back-Dauer wird die Höhe des Investments geteilt durch den jährlichen Überschuss (Ertrag für Netzeinspeisung minus Kosten für Wartung, Versicherung und AfA, anfangs auch Zinsen). Bei dem genannten Beispiel ergibt sich eine Periode von rund drei Jahren, ab der die Anlage sich rentiert und ab dann einen jährlichen Überschuss von rund 84.000 Euro (Ertrag minus Wartung und Versicherung) erzielen kann (siehe nebenstehende Tabelle).

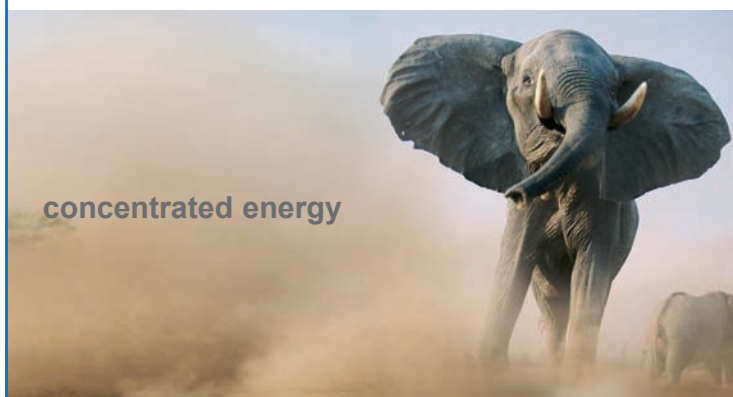
Fazit: Vier Prozent mehr Wirkungsgrad

Die Stromerzeugungsquote kann etwa in biogasbetriebenen BHKW (Blockheizkraftwerken) mit Hilfe von ORC-Anlagen etwa 44 % der eingesetzten Primärenergie erreichen, wenn nur eine Abwärmequelle genutzt wird. Bei gleichzeitiger Nutzung von Abgas- und Motorwärme ist eine Stromerzeugungsquote von 48 % erreichbar. Damit steigt die Wirtschaftlichkeit der gesamten Biogasanlage und entlastet manche knappe Kalkulation. Abzuwarten bleibt, welche Wirkungsgradangaben externer Begutachtung standhalten und welches technische Konzept sich langfristig unter harten Praxisbedingungen durchsetzt.

Dieser Beitrag als PDF und weiterführende Informationen (ähnliche Beiträge, technische Daten, Direktlinks zum Hersteller etc.) sind online verfügbar auf www.energy20.net

more @ click E2068500

DEUTZ POWER SYSTEMS



Unsere Welt ist voller Herausforderungen – wir nehmen sie an, denn wir sind weltweit einer der größten, unabhängigen Hersteller von Gas-Motoren und Anlagen.

Mit einem lückenlosen Leistungsspektrum von 323 bis 4.000 kW bieten wir Ihnen maßgeschneiderte, effiziente und wirtschaftliche Anlagen zur Umwandlung fossiler und nicht-fossiler Brennstoffe.

Auf Wunsch steht Ihnen unser Know-how selbstverständlich auch bei der Berechnung von Durchführbarkeitsstudien, der Anlagen-Planung und der Realisierung kompletter Projekte zur Verfügung.

Wenn es also darum geht, aus Ihrer Energie das Beste zu machen, sprechen Sie mit den Besten.



DEUTZ Power Systems GmbH Carl-Benz-Straße 1 D-68167 Mannheim Telefon +49 (0) 621 384-0 Fax +49 (0) 621 384-8747 www.deutzpowersystems.com