Feldversuch ORC-Prozesse

EnEff:Wärme

Aus ungenutzter Abwärme von Motoren-BHKW soll mittels ORC-Prozessen zusätzlich Strom gewonnen werden. Dazu wird die entsprechende Technologie entwickelt und erprobt sowie ein Hersteller-Zulieferer-Cluster für Motor-ORC-Anlagen aufgebaut. Insgesamt wurden 8 ORC-Module an 6 Standorten als Feldtestanlagen installiert, in Betrieb gesetzt, optimiert und einem intensiven Monitoring unterzogen.

Verdampfer ORC-Prozess mit Abgaswärmezufuhr aus einem Gasmotor
© Fraunhofer UMSICHT

Projektsteckbrief

Projektstatus	Evaluierung
Standort	Entwicklung und Planung in Oberhausen und Bietigheim-Bissingen; Realisierung an 6 BHKW-Standorten der Projektpartner
Projektfahrplan	# Abschluss der Prozessentwicklung # Inbetriebnahme der letzen drei ORC-Feldanlagen an 2 Standorten # nachfolgendes Monitoring mit Analyse der Betriebsergebnisse # Gesamtanalyse und Auswertung der Ergebnisse aller Feldanlagen zum Projektende
Träger	Projektleitung: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Projektthemen	Umnutzung, Dezentrale Lösungen, Gebäudeübergreifende Energiekonzepte, Wärme- und Kälteerzeugung, Lokale Wärme- und Kältenetze, Abwärmenutzung, Kraft-Wärme-Kopplung, Erneuerbare Energien, Zentrale + dezentrale Energieversorgung, Betriebsoptimierung

Projektbeschreibung

Gesamtziel dieses Projektes ist, aus ungenutzter Abgas- und Kühlwasserwärme von Motoren-BHKW mittels ORC-Prozessen 20 bis 120 kW_{el} zusätzlichen Strom zu gewinnen und die Energiebilanz der Motoren zu verbessern. Angestrebt werden Wirkungsgrade der Abwärmeverstromung bis 18% netto. Die Gesamtwirkungsgrade der Motorenanlage Motor+ORC = MuD (Motoren- und Dampfkraftanlage) können bei Motoren zwischen 500 und 1500 kW_{el} 45-48% erreichen und perspektivisch diesen Zielwert noch etwas überschreiten.

An vielen BHKW-Standorten im Bereich der erneuerbaren Energien (Biogas, Pflanzenöl, Klärgas, Deponiegas, Grubengas) wird BHKW-Abwärme ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Verfolgt werden zwei Nutzungskonzepte der Motorabwärme, Hochtemperatur- (HT) und Niedertemperatur-(NT) ORC-Prozesse. NT-ORC-Prozesse können annähernd die gesamte Abwärme eines Motors verstromen, dies allerdings bei bescheidenen Wirkungsgraden bis etwa 8%. An vielen Motoren wird die Motorwärme allerdings zeitweise schon für andere Zwecke verwendet und steht für eine Verstromung im NT-ORC nicht immer zur Verfügung. NT-ORC-Module laufen daher oft in Teillast. Hochtemperatur-ORC-Prozesse können nur die Abgaswärme des Motors nutzen, dies allerdings mit Nettowirkungsgraden bis 18%. Abgaswärme wird an Motoren seltener genutzt und kann daher oft ohne Verfügbarkeitsprobleme komplett verstromt werden. Zusätzlich können HT-ORC-Prozesse im KWK-Betrieb betrieben werden. Die Abwärme des HT-ORC kann mit Vorlauftemperaturen bis 85°C bereitgestellt werden und bleibt für andere Heizzwecke nutzbar. Dies ist mit NT-ORC-Prozessen nicht möglich. Das Vorhaben hat sich in seiner ersten Phase daher auf HT-ORC-Module konzentriert und es wurde nur ein NT-ORC gebaut.

Konzept

ORC-Kreisprozesse können dazu dienen, bisher ungenutzte Abwärme in die wertvolle Nutzenergie Strom

umzuwandeln. Auch KWK-Betrieb des ORC ist bei HT-ORC-Modulen möglich. Fraunhofer UMSICHT setzt als Expansionsaggregate kleine, hochtourige Turbogeneratoren ohne rotierende Dichtungen ein. Als Schmierfluid der Gleitlager dient kein separater, störanfälliger Schmierkreis, sondern das Arbeitsfluid des ORC-Moduls selbst. Dadurch wird eine hohe Dauerbetriebsfestigkeit erzielt. Die Kopplung des hochtourigen Generators zum Stromnetz wird durch einen herkömmlichen Frequenzumrichter netzkonform hergestellt. Im Prozess werden außerdem speziell konstruierte Hochleistungswärmeübertrager sowie eine magnetgekuppelte Hocheffizienz-Speisepumpe eingesetzt. Die Arbeitsfluide sind handelsübliche Kohlenwasserstoffe, die in Laboruntersuchungen und thermodynamischen Analysen die besten Effizienzerwartungen und gute Dauerbetriebsfestigkeit gezeigt haben.

Finanzierung

Das Projekt wurde aufbauend auf Fraunhofer-Eigenforschung durchgeführt. Dürr Cyplan als Entwicklungs- und Vermarktungspartner sowie 6 Feldanlagenbetreiber beteiligten sich mit Eigenmitteln an der Finanzierung der weiteren Entwicklung und Durchführung des Feldtests mit insgesamt 7 ORC-Modulen.

Realisierung

Alle ORC-Module des Projektes sind an den Standorten aufgebaut, in Betrieb genommen, optimiert und CE-zertifiziert worden. Der Betrieb wurde danach über die gesamte Betriebsdauer aufgezeichnet und ausgewertet.

Bilanzierung/Optimierung

Die zusätzlich erzeugte Elektroenergie kann gegenüber dem Ausgangszustand ohne Abwärmeverstromung vollständig als klimaentlastend gutgeschrieben werden. Die technischen Resultate und Betriebserfahrungen sind ermutigend. Für die Hochtemperatur-ORC-Prozesse wurden Nettowirkungsgrade der Abwärmeverstromung bis 20% erzielt. Die Verfügbarkeit der Prozesse hängt stark von den Standortrandbedingungen, der Sorgfalt der Betriebsführung, aber auch von eingesetzten Detaillösungen ab und erreicht Werte bis 99% der Motorenlaufzeit.

Evaluierung

Die im Projekt aufgebauten 7 ORC-Feldanlagen zur Abwärmestromung an 6 Standorten werden einem nachfolgenden Betriebsmonitoring unterzogen.

Publikationen zum Projekt

Althaus, W.: Entwicklung kleiner ORC-Prozesse für die Abwärmenutzung von Biogasmotoren; Jahrestreffen der ProcessNet-Fachausschüsse »Energie-Verfahrenstechnik« und »Gasreinigung«, Dortmund, 17.-18. März 2010

Althaus, W.: ORC-Prozesse zur Abwärmenutzung an BHKW-Motoren, Vortrag, 23. Kasseler Abfall- und Bioenergieforum, Witzenhausen-Institut, Kassel, 14.04.2011

Althaus, W.: ORC-Prozesse zur Abwärmenutzung an BHKW-Motoren, Entwicklungs-/ Demonstrationsprojekt mit Feldversuch, Vortrag BMWi-Statusseminar Dezentrale Energiesysteme, Erfurt, 16.04.2012

Fink, J.: ORC Technologie zur Steigerung der Energieeffizienz von Verbren-nungsmotoren; Vortrag Session C4, Forum 3 am 20.02.2013; Waste to Energy, Bremen

Kenndaten Energie

	vorher	Potenzial	nachher	Einheit
Elektrischer Motorwirkungsgrad	40,00		45,00	%

Kenndaten Wirtschaftlichkeit

	vorher	nachher	Einheit
Gesamt-Projektkosten	4,50		Mio. Euro
Planungsaufwand	1,40		Mio. Euro
Jährliche Stromgutschrift		1.500,00	Euro/kWel,ORC

Kenndaten Nachhaltigkeit

	vorher	nachher	Einheit
Eingesparte CO2-Emissionen durch Stromerzeugung aus Abwärme der 7 Pilotanlagen		2.800,00	t/a
Primärenergie-Vermeidungskosten Pilotanlagen (bei Anrechnung aller Entwicklungskosten)		5,00	Cent/kWhel

Primärenergie-Vermeidungskosten im kommerziellen Betrieb (Schätzung)		2,50	Cent/kWhel

Projekt-Poster "ORC-Prozesse zur Abwärmenutzung" (PDF, 3.5 MB)
Abschlussbericht "Feldversuch ORC-Prozesse zur Abwärmenutzung" (PDF, 16.4 MB)