

Biogas-Schulung



ORC-Technologie

Agenda

1. Biogasnutzung

Verwertung Biogas, Wärmenutzung;

2. ORC-Technologie

Begriffsbestimmung, Anwendung, direkte Wärmeübertragung, indirekte Wärmeübertragung, Nachverstromung, Anordnungsbeispiel;

3. Effizienz

Parameter, Arbeitsmedium, Kreisprozess, Wirkungsgrad;

4. Hersteller

Anbieter, Produktpalette, Auszug aus Produktpalette, Abmessungen;

5. Überschlägige Wirtschaftlichkeit

Grundannahmen, Gesetzliche Rahmenbedingungen, Berechnungsgrundlage, Investitionsrechnung;

1. Biogasnutzung

Verwertung des Biogases

Biogas kann auf verschiedene Weise zur Energieerzeugung (-Umwandlung) genutzt werden:

- Verbrennung im Blockheizkraftwerk (BHKW); Strom & Wärme
- Nachverbrennung; Wärme
- Aufbereitung mit anschließender Gasnetzeinspeisung; -
- Brennstoffzelle; Strom & Wärme
- Gasturbine; Strom & Wärme

1. Biogasnutzung

Wärmenutzung

Wärme ist – abzüglich des Eigenverbrauchs für die Fermenterheizung - meist im Überschuss vorhanden.

Wärme Kann für verschiedene Zwecke weiter verwendet werden:

- Trocknungsprozesse;
- Beheizung Fermenter;
- Fern- und/oder Nahwärme;
- Nachverstromung:
 - ORC-Modul;
 - Extern befeuerte Gasturbine;
 - Stirling-Modul;
 - Andere Turbinen-Kreisprozesse;

2. ORC-Technologie

Begriffsbestimmung

Die Abkürzung ORC steht für „Organic Rankine Cycle“ und beschreibt einen thermodynamischen Kreisprozess.

Der Namensgeber war der Brite William John Macquorn Rankine (*1820, +1872).

Ein Rankine Kreisprozess beschreibt ein kontinuierliches Verdampfen und Kondensieren eines Arbeitsmedium bei verschiedenen Drücken.

Der Prozess ist ähnlich einer Wasserdampfturbine, allerdings mit einem organischen Arbeitsmedium anstelle von Wasser.

Als „organisch“ wird eine Flüssigkeit bezeichnet, die hauptsächlich aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht und:

- NICHT hoch-temperaturbeständig ist;
- Besser geeignet ist als Wasser, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke klein ist;
- Besser geeignet ist als Wasser, wenn die die Wärmequelle auf einem tiefen Temperaturniveau vorliegt;

2. ORC-Technologie

Anwendung

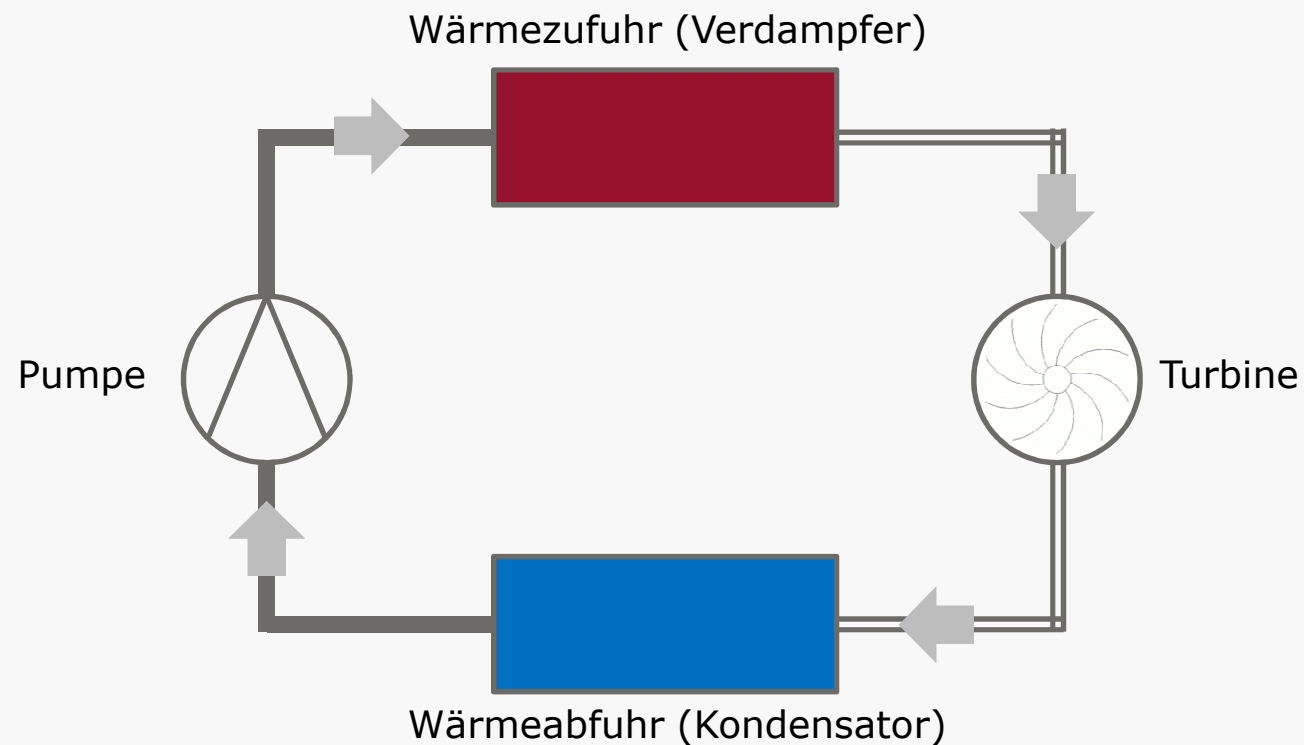
Die in einem ORC-Modul verwendete Technologie findet daneben auch in verschiedensten anderen Gebieten Anwendung:

- Heizkraftwerke mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK);
- Wärmepumpen (betrieben mit verschiedensten Wärmequellen);
- Kältemaschinen (z.B. Split-Geräte an Häuserfassaden);
- Kühlschränke;
- Abwärmenutzung;

2. ORC-Technologie

Aufbau mit direkter Wärmeübertragung

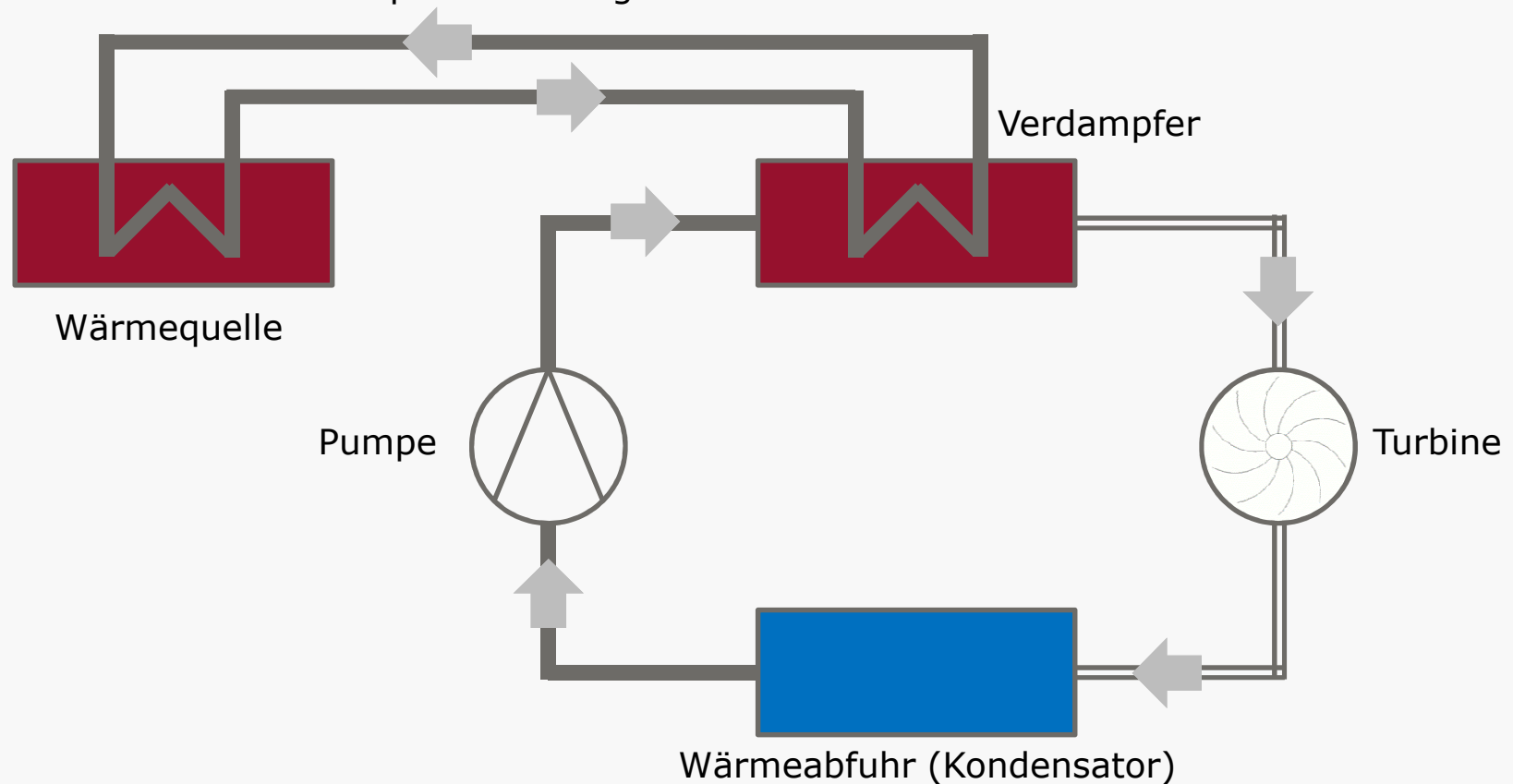
Steht die Wärmequelle auf einem, für das organische Arbeitsmedium ungefährlichen Niveau zur Verfügung, kann die Wärme direkt auf das Arbeitsmedium übertragen werden.



2. ORC-Technologie

Aufbau mit indirekter Wärmeübertragung

Bei einer hohem Temperatur der Wärmequelle muss die Wärme indirekt an den ORC-Kreisprozess übergeben werden:

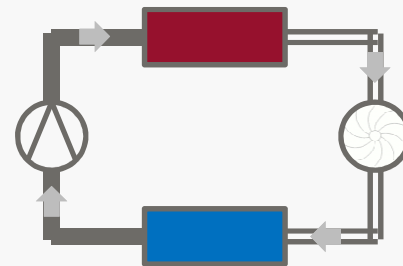


2. ORC-Technologie

Nachverstromung bei Biogasnutzung

- BHKW
- Brennstoffzelle
- Nachverbrennung
- Gasturbine

Wärme zu



El. Energie

Wärme ab

2. ORC-Technologie

Anordnungsbeispiel bei Biogasanlage



1 ... Schaltschränke;
2 ... BHKW;
3... Abgaswärmetauscher;

4 ... ORC-Modul;
5 ... Tischkühler für Rückkühlung;

3. Effizienz

Parameter für den Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ist im Wesentlichen vom Temperaturniveau der zugeführten Wärme (Wärme zu; Q_{zu}) und vom Temperaturniveau der abgeführten Wärme (Wärme ab, Q_{ab}) abhängig.

Der Wirkungsgrad steigt

- Je höher die Temperatur von Q_{zu} und
- Je tiefer die Temperatur von Q_{ab} ist.

Daraus folgt:

1. Wenn die vom ORC abzuführende Wärme nicht mehr gebraucht wird, kann sie soweit wie möglich abgekühlt werden (z.B. mit einem Tischkühler auf Umgebungstemperatur oder mit einem Kühlwassertauscher) \Rightarrow el. Wirkungsgrad steigt;
2. Wird die vom ORC abzuführende Wärme für weitere Prozesse (Trocknung, Nahwärme) weiter verwendet, muss sie auf einem höheren Temperaturniveau abgeführt werden (z.B. 90°C für ein Nahwärmenetz) \Rightarrow el. Wirkungsgrad sinkt;

3. Effizienz

Arbeitsmedium

Das im ORC-Modul verwendete Arbeitsmedium hat ebenso Einfluss auf den Arbeitsprozess. Folgende Medien kommen vielfach zu Einsatz:

Bezeichnung	Zersetzungstemp.	Art des Mediums
▪ R134a	177 °C	isentrop
▪ Ammoniak	477 °C	feucht
▪ R12	177 °C	isentrop
▪ HFC 245 fa (R 245 fa)	260 °C	trocken
▪ SES 36	-	trocken

Die Wahl des Arbeitsmediums richtet sich nach der zu Verfügung stehenden Wärmequelle. Die Art des Mediums (isentrop, feucht, trocken) hat Auswirkungen auf den Wirkungsgrad (siehe nächste Folie).

Die meisten heute verwendeten Medien sind nicht umweltgefährlich, nicht brandgefährlich und nicht kanzerogen (krebserregend).

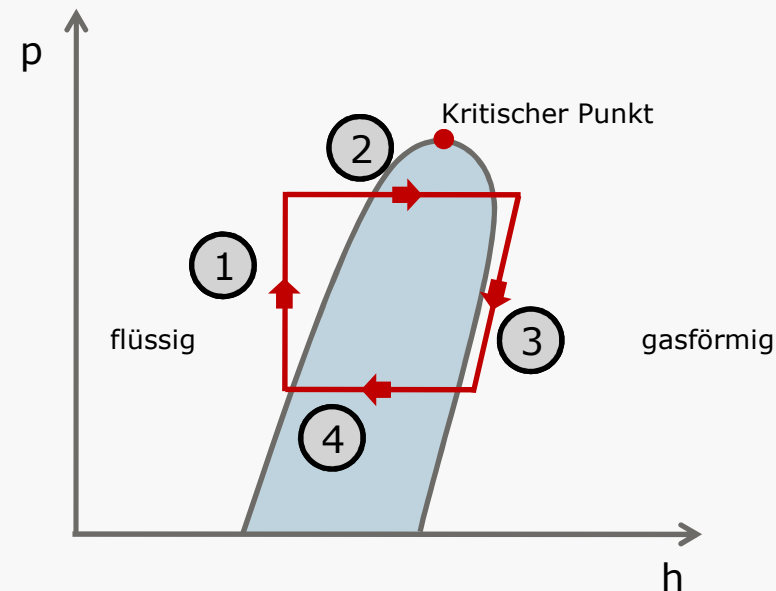
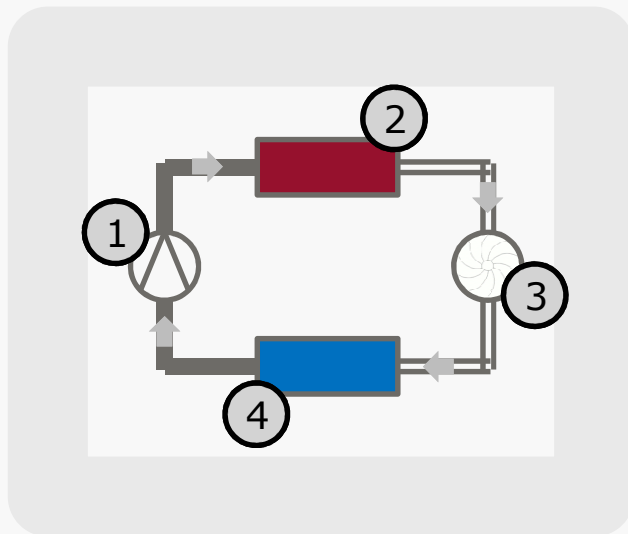
Charakteristisch für ein Medium ist die Steilheit der Siedelinie (daraus folgen auch die Begriffe „isentrop, feucht, trocken“) und der Wert der Verdampfungs- bzw. Kondensationsenthalpie.

3. Effizienz

Kreisprozess im Druck-Enthalpie Diagramm

Der ORC-Kreisprozess kann auch in einem Druck-Enthalpie-Diagramm (p-h-Diagramm) dargestellt werden. Aus diesem kann der Wirkungsgrad leicht bestimmt werden.

Die Enthalpie ist der Energieinhalt des Mediums pro Kilogramm.



1. Druckerhöhung durch Pumpe
2. Verdampfung (Überhitzung)
3. Entspannung in Turbine
4. Kondensation

3. Effizienz

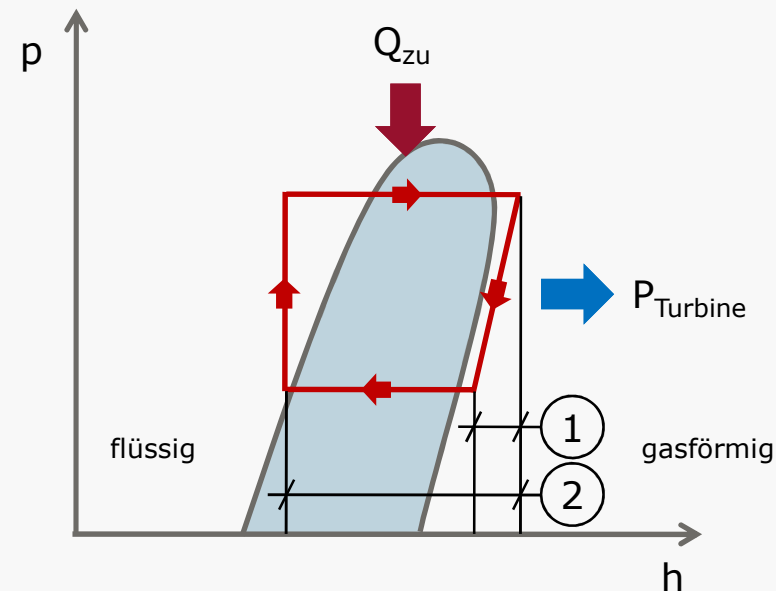
Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ergibt sich immer aus dem Verhältnis von Nutzen zu Aufwand:

- Der Nutzen ist die Ausbeute an der Turbine P_{Turbine} ;
- Der Aufwand ist die zugeführte Wärme Q_{zu} ;

1. Wert P_{Turbine} als Enthalpiedifferenz;
2. Wert Q_{zu} als Enthalpiedifferenz;

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{P_{\text{Turbine}}}{Q_{\text{zu}}}$$



Die Wirkungsgrade schwanken in Abhängigkeit vom Hersteller, vom verwendeten Arbeitsmedium und von den Temperaturen von Q_{zu} und Q_{ab} zwischen ca. 10 und 20%.

4. Hersteller

Anbieter weltweit

Verschiedene Hersteller weltweit bieten unter anderem ORC-Module zur Stromerzeugung aus Wärme an:

- Firma Ormat (USA, Weltmarktführer); www.ormat.com ;
- Turboden (Brescia, Italien); www.turboden.it ;
- Adoratec (Mönkeberg, Deutschland); www.adoratec.com ;
- GMK (Bargeshagen, Deutschland); www.gmk.info ;
- Turbogenix (Florida, USA); www.turbogenix.com ;

4. Hersteller

Anbieter weltweit FORTSETZUNG

- ProAmbiente (Plaus, Südtirol); www.proambiente.eu ;
- Lti ADATURB (Dortmund, Deutschland); <http://adaturb.lt-i.com> ;
- WSK Energie- und Umwelttechnik GmbH (Kehl, Deutschland); www.wsk-group.com;
- SunPower Energie GmbH (Groß Zimmern, Deutschland); www.sunpowerenergy.de;
- Infinity Turbine LLC (Madison, USA); www.infinityturbine.com;
- CONPOWER Energieanlagen (München, Deutschland); www.conpower-energieanlagen.de;

4. Hersteller



















Produktpalette

Angabe der Anwendungsmöglichkeiten, der elektrischen Ausgangsleistung und der notwendigen Wärmeleistung von ORC-Modulen verschiedener Hersteller:

Anbieter	Q_{zu} [kW]	P_{el} [kW]	Anwendung	Stand d. Technik
▪ Ormat	1.050-39.000	200-7.500	Geothermie & Wärmerückgewinnung;	● ● ●
▪ Turboden	1.200-11.700	200-2.000	Biomasseheizwerke & Abwärmenutzung;	● ● ●
▪ Adoratec	1.665-8.300	315-1.600	Biomasseheizwerke & Abwärmenutzung;	● ● ●
▪ GMK	2.600-31.500	500-5.000	Abwärmenutzung & Erdwärme & Biomasseheizwerke;	● ● ●
▪ Turbogenix	660	100	Biomasseheizwerke & Abwärmenutzung;	● ● ●

4. Hersteller

Produktpalette FORTSETZUNG

Anbieter	Q_{zu} [kW]	P_{el} [kW]	Anwendung	Stand d. Technik
▪ Proambiente	40-1.150	5-160	Biomasseheizwerke & Abwärmenutzung;	  
▪ LTI ADATURB	175-350	30-60	Wärmerückgewinnung;	  
▪ WSK	360	60	Abwärmenutzung;	  
▪ SunPower	200	30	Solarwärme & Abwärmenutzung;	  
▪ Infinity Turb.	60-550	10-90	Abwärmenutzung & Biomasseheizwerke;	  
▪ CONPOWER	180-360	30-60	Abwärmenutzung;	  

4. Hersteller

Auszug aus der Turboden Produktpalette



25124 BRESCIA – Italia – Via Cernaia, 10 – Tel. +39 030 3552001 Fax +39 030 3552011 e-mail: info@turboden.it www.turboden.it

Doc.: 08A05269_i

Taglie Standard e prestazioni tipiche di impianti CHP (cogenerativi) con split

		Taglie Standard e prestazioni tipiche di impianti CHP (cogenerativi) con split*						
		TURBODEN 4 CHP	TURBODEN 6 CHP	TURBODEN 7 CHP	TURBODEN 10 CHP	TURBODEN 14 CHP	TURBODEN 18 CHP	TURBODEN 22 CHP
		"split"	"split"	"split"	"split"	"split"	"split"	"split"
INPUT - Olio diatermico								
Temperatura Nominale	°C	310/250	310/250	310/250	310/250	310/250	312/252	312/252
Circuito Alta Temperatura (entrata/uscita)								
Potenza Termica Circuito Alta Temperatura	kW	2100	2965	3485	4690	6130	8935	10975
Temperatura Nominale	°C	250/130	250/130	250/130	250/130	250/130	252/132	252/132
Circuito Bassa Temperatura (entrata/uscita)								
Potenza Termica Circuito Bassa Temperatura	kW	200	275	330	450	585	855	1045
Potenza termica totale in ingresso	kW	2300	3240	3815	5140	6715	9790	12020
OUTPUT - Acqua Calda								
Temperatura Acqua Calda (entrata/uscita)	°C	60/80	60/80	60/80	60/80	60/80	60/90	60/90
Potenza Termica all'Acqua	kW	1844	2600	3060	4100	5350	7850	9630
PRESTAZIONI								
Potenza elettrica attiva lorda	kW	424	617	727	1001	1317	1862	2282
Efficienza elettrica lorda		0,184	0,19	0,191	0,194	0,196	0,19	0,189
Autoconsumi elettrici	kW	24	30	38	51	62	87	107
Potenza elettrica attiva netta	kW	400	587	689	950	1255	1775	2175
Efficienza elettrica netta		0,174	0,181	0,181	0,184	0,186	0,181	0,181
Generatore elettrico		<i>asincrono,</i>	<i>asincrono,</i>	<i>asincrono,</i>	<i>asincrono,</i>	<i>asincrono,</i>	<i>asincrono,</i>	<i>asincrono,</i>
		<i>trifase, B.T.</i>	<i>trifase, B.T.</i>	<i>trifase, B.T.</i>	<i>trifase, B.T.</i>	<i>trifase, B.T.</i>	<i>trifase, B.T.</i>	<i>trifase, B.T.</i>
		400V	400V	400V	trifase, B.T. 400V	trifase, B.T. 400V	trifase, B.T. 660V	trifase, B.T. 660V
Configurazione impianto		Single Skid	Single Skid	Single Skid	Single Skid	Multiple Skid	Multiple Skid	Multiple Skid
Consumo Biomassa**	Kg/h	1005	1416	1667	2247	2935	4279	5254

* Il sistema split Turboden permette di massimizzare la produzione elettrica a pari consumo biomassa.

**Assumendo potere calorifico della biomassa = 2,6 kWh/kg ed efficienza della caldaia=0,88. La caldaia ad olio diatermico non è compresa nello scopo di fornitura Turboden.

4. Hersteller

Auszug aus der Turboden Produktpalette



25124 BRESCIA – Italia – Via Cernaia, 10 – Tel. +39 030 3552001 Fax +39 030 3552011 e-mail: info@turboden.it www.turboden.it

Doc.: 08A05614_i

Taglie Standard Impianti HR (recupero calore)*								
		TURBODEN 4 HR	TURBODEN 6 HR	TURBODEN 7 HR	TURBODEN 10 HR	TURBODEN 14 HR	TURBODEN 18 HR	TURBODEN 22 HR
INPUT - Olio diatermico								
Temperatura nominale olio diatermico in/out	°C	275 / 150	260 / 150	270 / 150	270 / 150	275 / 150	280 / 150	280 / 150
Potenza termica in ingresso	kW	2200	2850	3450	4500	6450	8700	11000
OUTPUT - Acqua di raffreddamento								
Temperatura acqua di raffreddamento in/out	°C	25 / 35	25 / 35	25 / 35	25 / 35	25 / 38	25 / 40	25 / 42
Potenza termica all'acqua di raffreddamento	kW	1760	2253	2728	3563	5096	6860	8682
Prestazioni								
Potenza elettrica lorda	kW	418	567	687	898	1302	1762	2220
Efficienza elettrica lorda		0,190	0,199	0,199	0,199	0,202	0,203	0,202
Autoconsumo elettrico	kW	18	22	27	33	52	62	80
Potenza elettrica netta generata	kW	400	545	660	865	1250	1700	2140
Efficienza elettrica netta		0,182	0,191	0,191	0,191	0,192	0,196	0,195
Generatore elettrico		asincr., trifase, B.T.	asincr., trifase, B.T.	asincr., trifase, B.T.	asincr., trifase, B.T.	asincr., trifase, B.T.	asincr., trifase, B.T.	asincr., trifase, B.T.
Configurazione impianto		X X m	15 X 3 X 3,1 m	15 X 3 X 3,1 m	15 X 4,5 X 3,3 m	13 X 6 X 6,2 m	15 X 7 X 5 m	17 X 7 X 5 m
		Single skid	Single skid	Single skid	Single skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid

*Prestazioni dei moduli Turboden standard. Per progetti specifici le prestazioni vengono ottimizzate

4. Hersteller

Auszug aus der Adoratec Produktpalette

Adoratec ORC - Standardmodule
für Kraft-Wärme-Kopplung aus Biomasse



		AD 315 TF-plus	AD 355 TF-plus	AD 400 TF-plus	AD 450 TF-plus	AD 500 TF-plus	AD 560 TF-plus	AD 650 TF-plus	AD 750 TF-plus	AD 850 TF-plus	AD 1000 TF-plus	AD 1100 TF-plus	AD 1250 TF-plus	AD 1400 TF-plus	AD 1600 TF-plus
Thermoöl															
Thermische Leistung Hauptkreis 1)	kWth	1665	1865	2125	2350	2595	2885	3325	3790	4255	4990	5475	6300	7015	8300
Vor- und Rücklauftemperatur Hauptkreis	°C	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240	320 / 240
Thermische Leistung Nebenkreis 2)	kWth	210	235	275	300	330	365	425	485	545	635	700	800	885	980
Vor- und Rücklauftemperatur Nebenkreis	°C	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140	240 / 140
Thermische Leistung Gesamt	kWth	1875	2100	2400	2650	2925	3250	3750	4275	4800	5625	6175	7100	7900	9000
Heizwasser															
Temperatur Ein / Aus 3)	°C	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80	60 / 80
Thermische Leistung	kWth	1495	1670	1900	2135	2350	2605	3005	3420	3835	4495	4930	5680	6325	7160
Strom															
Elektrischer Eigenbedarf	kWel	21	23	25	29	30	33	38	45	49	74	78	83	89	98
Generator Klemmenleistung	kWel	315	355	400	450	500	560	650	750	850	1000	1100	1250	1400	1600

- 1) In herkömmlichen ORC-Anlagen zur Stromproduktion genutzte Wärmeenergie
- 2) In Adoratec TF-plus ORC-Anlagen zusätzlich genutzte Wärmeenergie
- 3) Andere Temperaturen auf Anfrage möglich

4. Hersteller

ProAmbiente Ren.Ex-Module

Die Ren.Ex-Module der Firma ProAmbiente unterscheiden sich in einigen Ausführungen von den Konkurrenzmodellen.

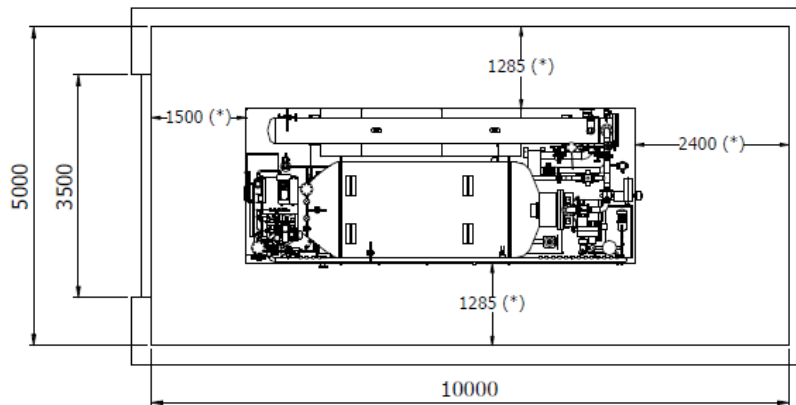
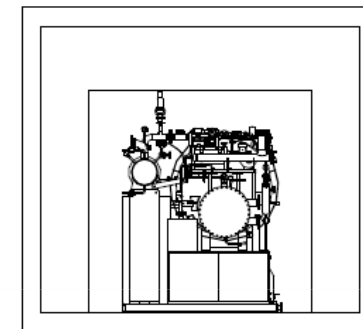
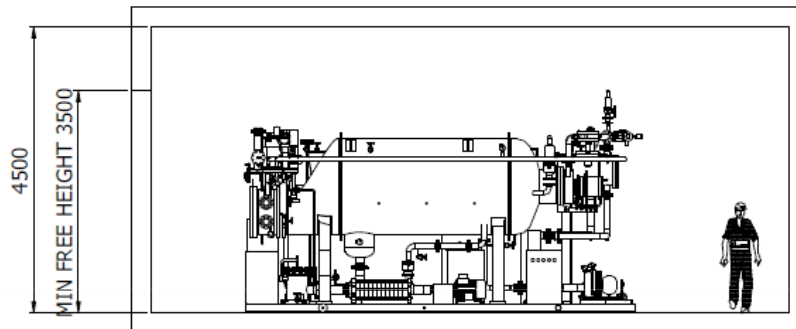
- Die Ren-Ex-ORC-Module sind auch für kleine Leistungen verfügbar;
- Beim Einbau in Biomasseheizwerke wird Wasser anstelle des Thermoöls als indirekter Wärmeübertrager verwendet ⇒ vermindertes Brand- und Explosionsrisiko und Berücksichtigung der Druckkesselrichtlinie wenn eine Anlage mit hohen Prozesstemperaturen geführt werden soll/muss;
- Auch für die Nutzung von Rauchgasabwärmeströmen geeignet (Nachverstromung mit direkter Wärmeübertragung durch einen Rauchgaswärmetauscher);
- Leistungsbereiche von 5 kW (in Planung), über 30, 60, 100, 140 und 160 kW elektrisch.

4. Hersteller Abmessungen



25124 BRESCIA - I - Via Cemaia, 10 - Tel. 030 3552001 / 6 Fax 030 3552011
E-MAIL: info@turboden.it - INTERNET: www.turboden.it

Doc.: 06Q00072 Subject: Turboden T200 ORC room example: minimum dimensions Page: 1 / 1



*** LEAVE THIS SPACE FREE
FOR MAINTENANCE/IMPROVEMENTS**

**THE ACTUAL ORC ROOM LAYOUT SHALL BE SUBMITTED
TO TURBODEN FOR CHECK AND COMMENTS**

WE RECOMMEND TO INSTALL THE ORC MODULE IN A DEDICATED ROOM, SEPARATED FROM THE BOILER ROOM. THIS IS MEANT TO ASSURE A PROPER VENTILATION OF THE ORC ROOM, TO PROTECT IT FROM POWDER OR FIRE EVENTS WHICH MAY BE GENERATED FROM ITEMS NON SUPPLIED BY TURBODEN.

4. Hersteller

Abmessungen

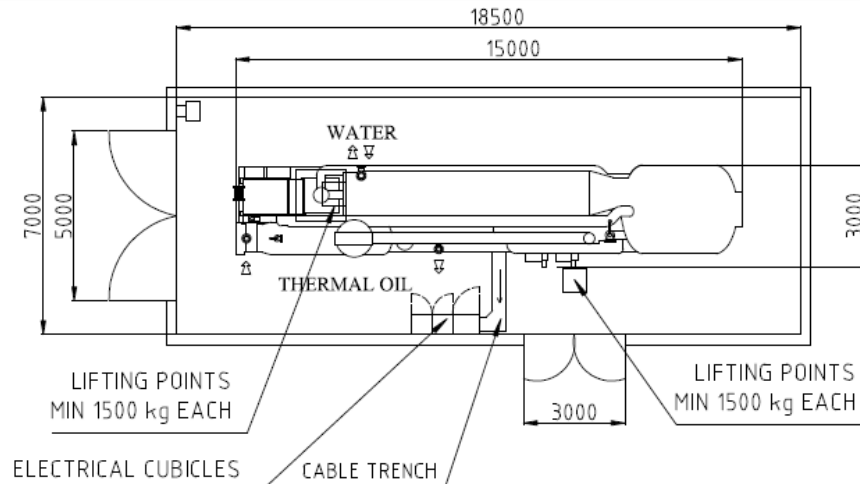
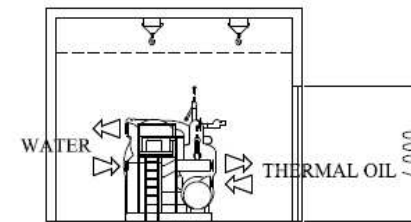
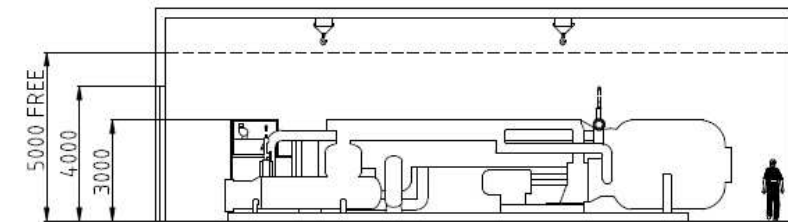


25124 BRESCIA - I - Via Cernaia, 10 - Tel. 030 3552001 / Fax 030 3552011
 E-MAIL: info@turboden.it - INTERNET: www.turboden.it

Doc.: 03Q00066

Subject: Turboden T500/T600 ORC room example

Page: 1 / 1



WE RECOMMEND TO INSTALL THE ORC MODULE IN A DEDICATED ROOM, SEPARATED FROM THE BOILER ROOM. THIS IS MEANT TO ASSURE A PROPER VENTILATION OF THE ORC ROOM, TO PROTECT IT FROM POWDER OR FIRE EVENTS WHICH MAY BE GENERATED FROM ITEMS NON SUPPLIED BY TURBODEN.

5. Überschlägige Wirtschaftlichkeit

Grundannahmen

Für die überschlägige Untersuchung der Rentabilität können die folgenden Grundannahmen getroffen werden:

- Investitionskosten ORC-Modul von ca. 3.000 €/kW_{el} (abhängig vom Anbieter);
- Installationskosten von ca. 20% der Investitionskosten;
- Planungskosten von ca. 8-15% der Gesamtinvestition (bei kleinen Anlagen)
- Jährliche Wartungskosten ca. 4% der Maschinenteknik;
- Die Bautechnik wird als vorhanden vorausgesetzt;
- Kein zusätzlicher Personalaufwand bei Biogasanlage und Abwärmenutzung (kein Druckkesselbetrieb);

Für realistische Szenarien müssen zwei Fälle betrachtet werden:

1. Neubau einer Anlage;
2. Erweiterung einer bestehenden Anlage;

5. Überschlägige Wirtschaftlichkeit

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Bei einem Neubau einer Biogasanlage mit BHKW und anschließender Nachverstromung mit einem ORC-Modul brauchen keine Limitierungen seitens der Stromeinspeiseförderung berücksichtigt werden. Die Limitierung des Förderungs-Fixtarifes bis zu 1MW_{el} bleibt bestehen.

Bei einer Erweiterung einer bestehenden Biogasanlage mit BHKW müssen die geltenden gesetzlichen Bestimmungen beachtet werden. Diese wurden für eine Erweiterung („Potenziamento“) einer bestehenden elektrischen Anlage mit dem neuen Ministerialdekret vom 18.12.2008 (veröffentlicht in der GU am 02.01.2009) festgelegt.

Dieses Ministerialdekret sieht für eine Erweiterung („Potenziamento“) allgemein vor, dass die Anlage mindestens 5 Jahre alt sein muss (hierbei ist das Datum der „entrata in esercizio“ ausschlaggebend).

Bei Biogasanlagen entfällt allerdings dieses Limit von 5 Jahren!

5. Überschlägige Wirtschaftlichkeit

Berechnungsgrundlage

Die Menge an elektrischer Energie, die nach der Erweiterung zusätzlich gefördert wird, beträgt:

$$E_I = D * (E_a - E_5) * (E_R / E_a)$$

E_I ... jene Energiemenge, welche gefördert wird;

E_a ... jährliche Nettoproduktion (insgesamt);

E_R ... in das Stromnetz eingespeiste Energie;

E_5 ... Mittel der Jahresproduktion der letzten 5 Jahre;

D ... Koeffizient zur Anpassung der geförderten Strommenge;

Ausschlaggebend ist der Koeffizient D :

- Bis 02. Jänner 2010 bleibt er bei 1;
- Ab 02. Jänner 2010 sinkt er auf 0,9;

D.h. ab 2010 erhält man bei einer Erweiterung einer bestehenden Anlage um 10% weniger an Vergütung für die produzierte bzw. eingespeiste Strommenge.

5. Überschlägige Wirtschaftlichkeit

Erweiterungsszenario

Angenommen wird eine Biogasanlage mit einem angeschlossenen BHKW mit 50kW elektrischer Leistung. Daraus ergeben sich die folgend angeführten Werte:

$$P_{th,BHKW} = 65 \text{ kW};$$

$$P_{th,ORC,ein} = n_{WÜ} * 65 \text{ kW} = 40 \text{ kW}$$

$$P_{el,ORC} = n_{el,ORC} * 40 \text{ kW} = 6 \text{ kW}$$

$$E_{el} = 8.000 \text{ h} * 6 \text{ kW} = 48.000 \text{ kWh}_{el}$$

$$E_5 = 8.000 \text{ h} * 50 \text{ kW} = 400.000 \text{ kWh}_{el}$$

Sofern die gesamte Energiemenge in das Netz eingespeist wird ($\Rightarrow E_R/E_a = 1$) erhält man mit einem Fixtarif von 0,22 €/kWh_{el}:

$$E_I = 48.000 \text{ kWh}_{el} \text{ mit einem Erlös von}$$

$$\text{Förderbetrag} = 48.000 \text{ kWh}_{el} * 0,22 \text{ €/kWh}_{el} = 10.560 \text{ €/a.}$$

5. Überschlägige Wirtschaftlichkeit

Investitionsrechnung

Bei einer:

- Investition ORC $I_M = 25.000 \text{ €}$
- Investition Wärmetauscher $I_M = 5.000 \text{ €}$
- Installationskosten von ca. 4.000 €
- Planungskosten von ca. 4.000 €
- Jährlichen Wartungskosten von ca. 1.000 €/a
- Versicherung ca. 500 €/a
- Unvorhergesehenes ca. 500 €/a

Ergibt sich eine Amortisation der Anlage innerhalb von ca. 4 bis 5 Jahren.

I_M ... Investitionskosten Maschinenteknik (Annahme; einholen individueller Angebote notwendig);



**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit**