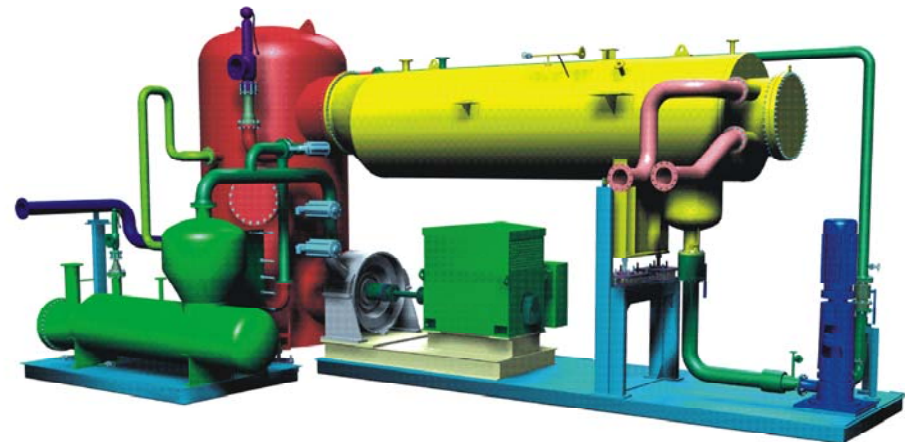


# **Biomasse-KWK auf Basis des ORC-Prozesses – Vorstellung der EU-Demonstrationsprojekte Holzindustrie STIA/Admont und Fernheizkraftwerk Lienz (Österreich)**

**Prof. Dipl.-Ing. Dr. Ingwald Obernberger**



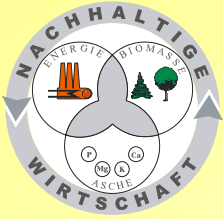
**BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH**

**Sandgasse 47, A-8010 Graz, Austria**

**TEL.: +43 (316) 481300; FAX: +43 (316) 4813004**

**E-MAIL: [office@bios-bioenergy.at](mailto:office@bios-bioenergy.at)**

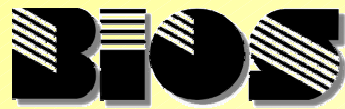
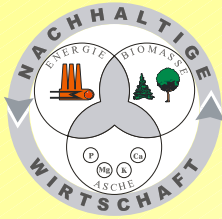
**HOME PAGE: <http://www.bios-bioenergy.at>**



BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## Gliederung

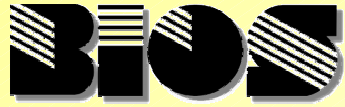
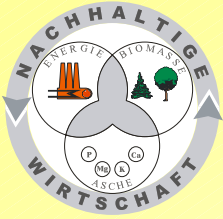
- Überblick über die ORC-Anlagen Lienz und Admont
- Kurzbeschreibung der ORC-Technologie
- Optimierte Einbindung des ORC-Prozesses in eine KWK-Anlage
- Technische Daten und Wirkungsgrade des ORC-Prozesses
- Betriebserfahrungen
- Wirtschaftliche Aspekte
- Anwendungspotential und zukünftige Entwicklungsziele
- Zusammenfassung und Empfehlungen



**BIOENERGIESYSTEME GmbH**  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

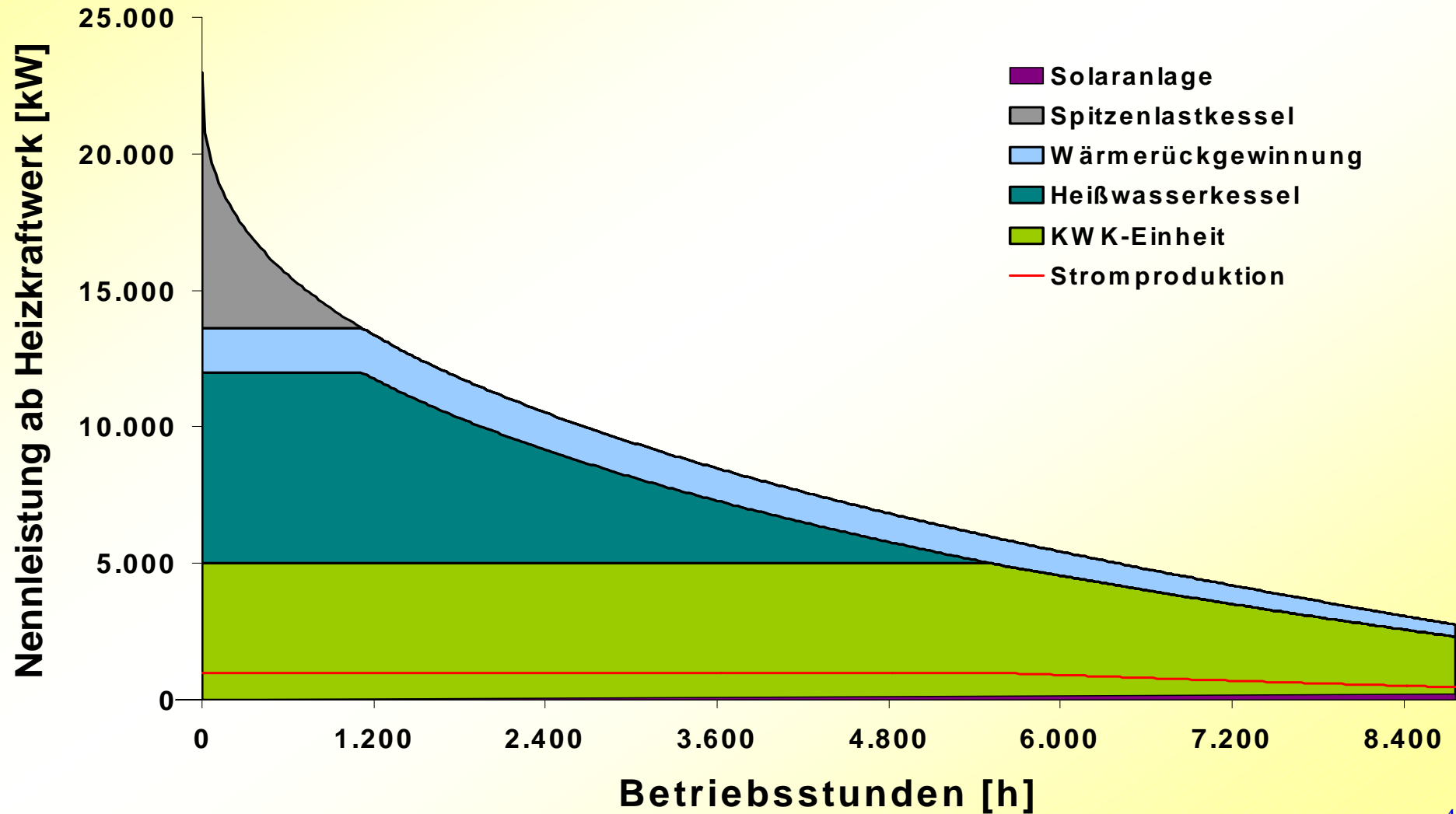
# Überblick – Biomasse-KWK-Anlagen auf ORC-Basis: Lienz - Admont

	Lienz	Admont
Inbetriebnahmejahr	2002	1999
Anlagenkonzeption		
Feuerungsanlage 1	Thermoölkessel mit Thermoöl-Economiser und Luftvorwärmer	Thermoölkessel
Feuerungsanlage 2	Heißwasserkessel mit Luftvorwärmer	Heißwasserkessel
Wärmerückgewinnung und Rauchgasreinigung	Economiser, Nasselektrofilter, Rauchgasentschwadung	Rauchgaskondensationsanlage mit Rauchgasentschwadung
Anlagennennleistungen		
Thermoölkessel	6.000 kW <sub>th</sub>	3.200 kW <sub>th</sub>
Thermoöl-Economiser	500 kW <sub>th</sub>	
Luftvorwärmung (Thermoölkessel)	490 kW <sub>th</sub>	
Heißwasserkessel	7.000 kW <sub>th</sub>	4.000 kW <sub>th</sub>
Luftvorwärmung (Heißwasserkessel)	490 kW <sub>th</sub>	
Economiser / Rauchgaskondensationsanlage	1.500 kW <sub>th</sub>	1.500 kW <sub>th</sub>
ORC-Prozess	1.000 kW <sub>el</sub>	400 kW <sub>el</sub>
eingesetzte Brennstoffe	Hackgut, Sägespäne, Rinde	Holzstaub, Sägespäne, Hackgut
Wärmebereitstellung	Fernwärme	Fernwärme und Prozesswärme
Art der Betriebsführung	wärmegeführt	wärmegeführt
erreichte Betriebsstunden des ORC	ca. 12.000	ca. 30.000

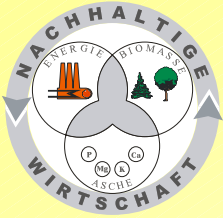


BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

# EU Demonstrationsprojekt Lienz Jahresdauerlinie



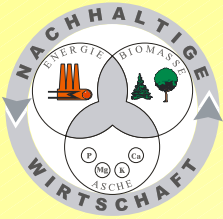




BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## ORC-Prozess – Beschreibung der Technologie

- **Verwendung eines organischen Arbeitsmittels anstelle von Wasser, daher der Name Organic Rankine Cycle (ORC)**
- **Die Biomassefeuerung wird mit einem nicht unter Druck stehenden Thermoölkessel ausgestattet**
  - **es ist daher kein Kesselwärter erforderlich**
- **Notwendige Energie wird über einen Thermoölkreislauf zum Verdampfer des ORC-Moduls übertragen**
  - **kein Kesselwärter für den Anlagenbetrieb erforderlich, keine Wasseraufbereitung**
- **Ein für Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungen geeignetes ORC-Verfahren (Arbeitsmittel: Silikonöl) wurde in Italien entwickelt**

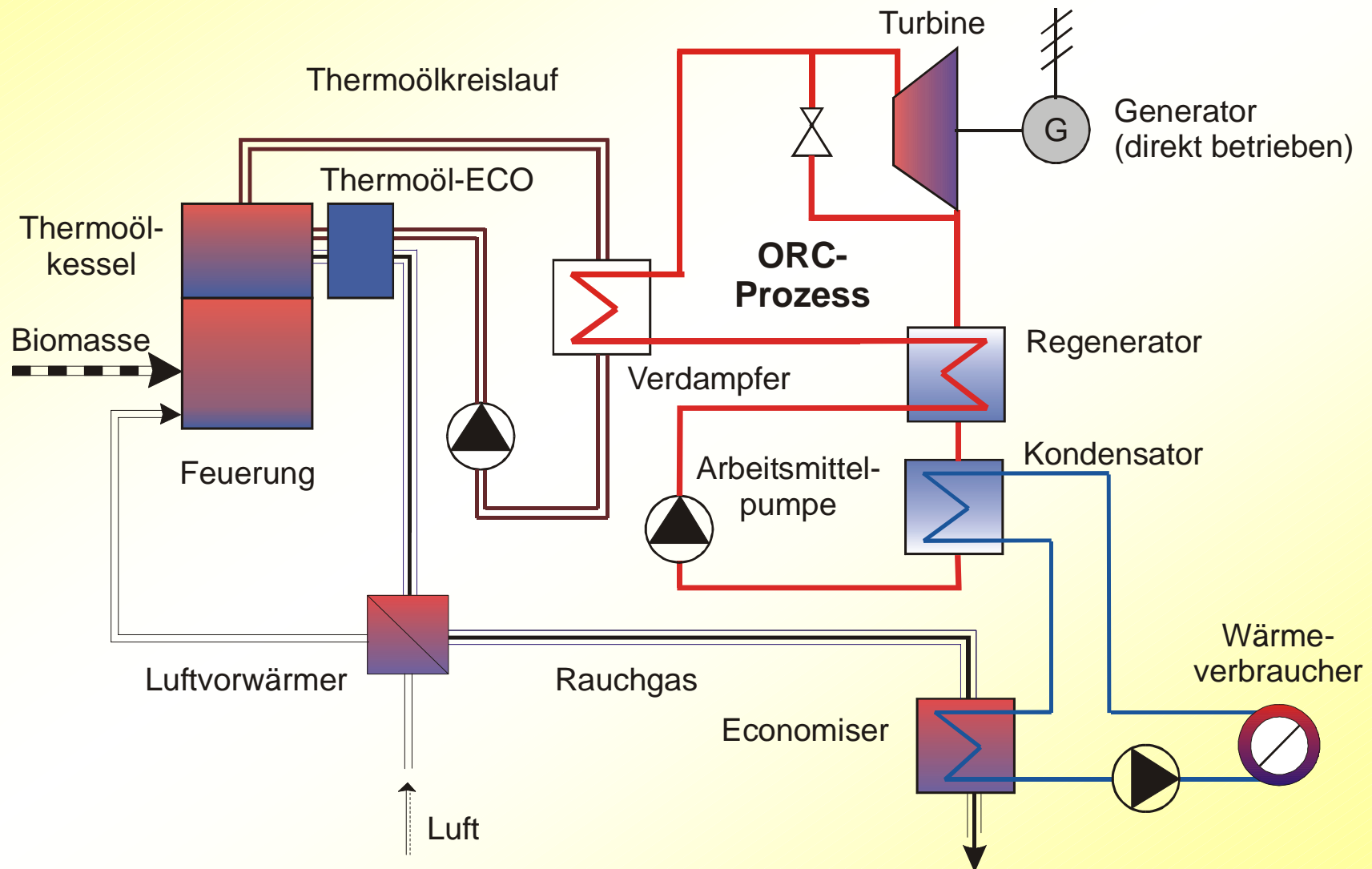


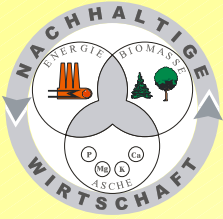
**BIO**

BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

# EU Demonstrationsprojekt Lienz

## ORC-Prozess – prinzipielles Anlagenschema

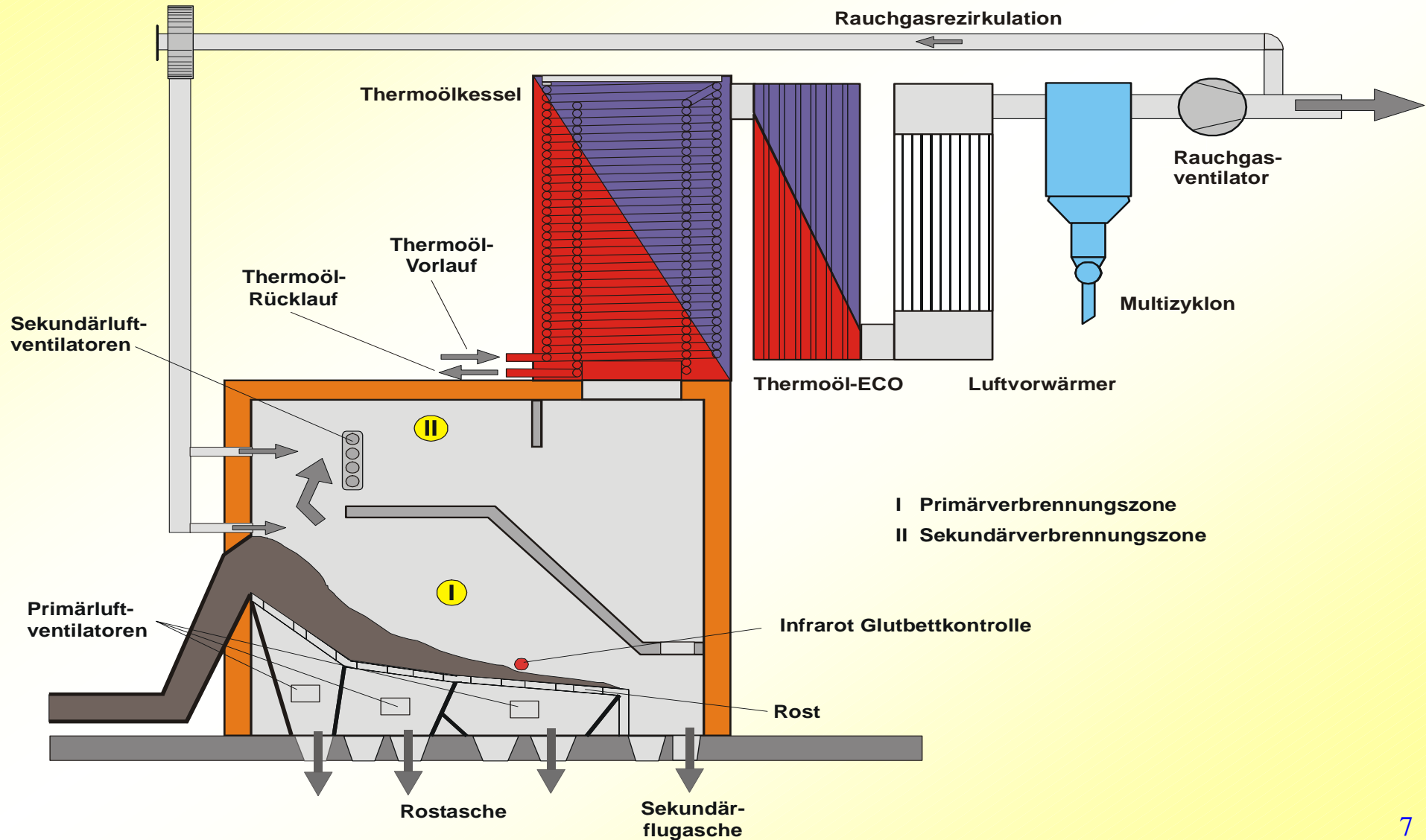


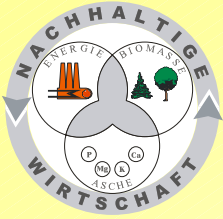


# BIOES

BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## EU Demonstrationsprojekt Lienz Innovativer Thermoölkessel

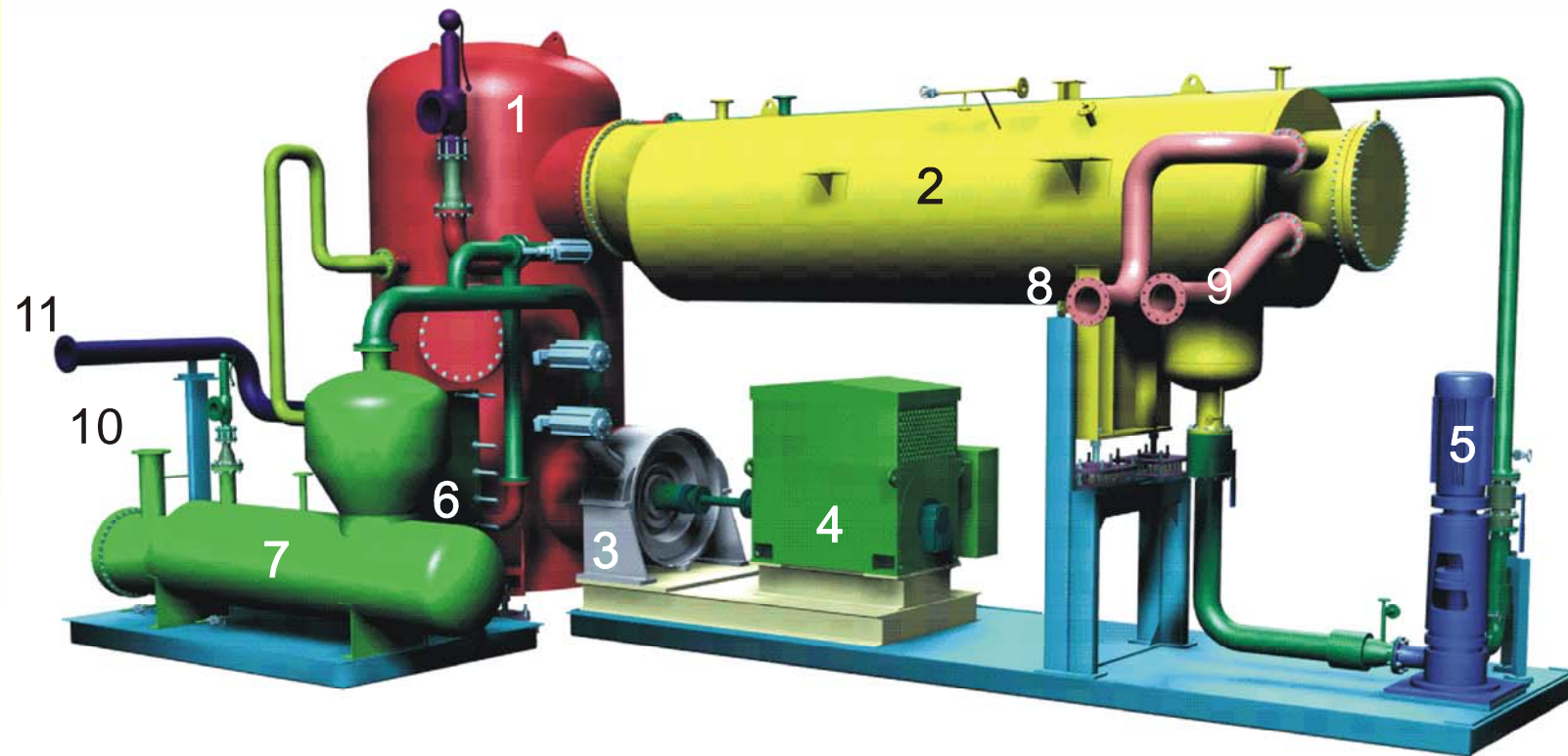




# BIO

BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## EU Demonstrationsprojekt Lienz ORC-Prozess – Komponenten



1 Regenerator

2 Kondensator

3 Turbine

4 Elektrischer Generator

5 Umwälzpumpe

6 Vorwärmer

7 Verdampfer

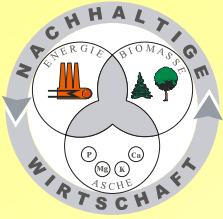
8 Fernwärme-Vorlauf

9 Fernwärme-Rücklauf

10 Thermoöl-Vorlauf

11 Thermoöl-Rücklauf



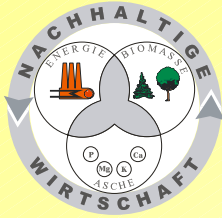


**BIO**

BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

# EU Demonstrationsprojekt Admont 400 kW<sub>el</sub>-ORC-Modul in Containerbauweise





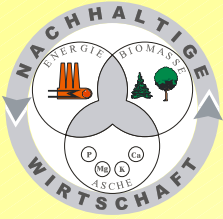
**BIOENERGIESYSTEME GmbH**  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

# EU Demonstrationsprojekte

## Lienz und Admont

### Technische Daten

<b>Technische Daten des ORC-Prozesses</b>	<b>Lienz</b>		<b>Admont</b>	
Thermische Leistung Input (Thermoöl) - Nennlast ORC	5.560	kW	2.250	kW
Elektrische Nettoleistung - Nennlast ORC	1.000	kW	400	kW
Thermische Leistung Output (Kondensator) - Nennlast ORC	4.440	kW	1.800	kW
Elektrischer Nettowirkungsgrad - Nennlast ORC	18,0	%	17,8	%
Thermischer Wirkungsgrad - Nennlast	80,0	%	80,2	%
Elektrische und thermische Verluste	2,0	%	2,0	%
Heizmedium	Thermoöl		Thermoöl	
Eintrittstemperatur	300	°C	300	°C
Austrittstemperatur	250	°C	250	°C
Arbeitsmittel	Silikonöl		Silikonöl	
Kühlmedium	Wasser		Wasser	
Eintrittstemperatur	80	°C	80	°C
Austrittstemperatur	60	°C	60	°C

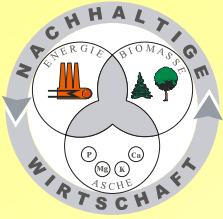


BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## ORC-Prozess – Betriebsverhalten und Regelung

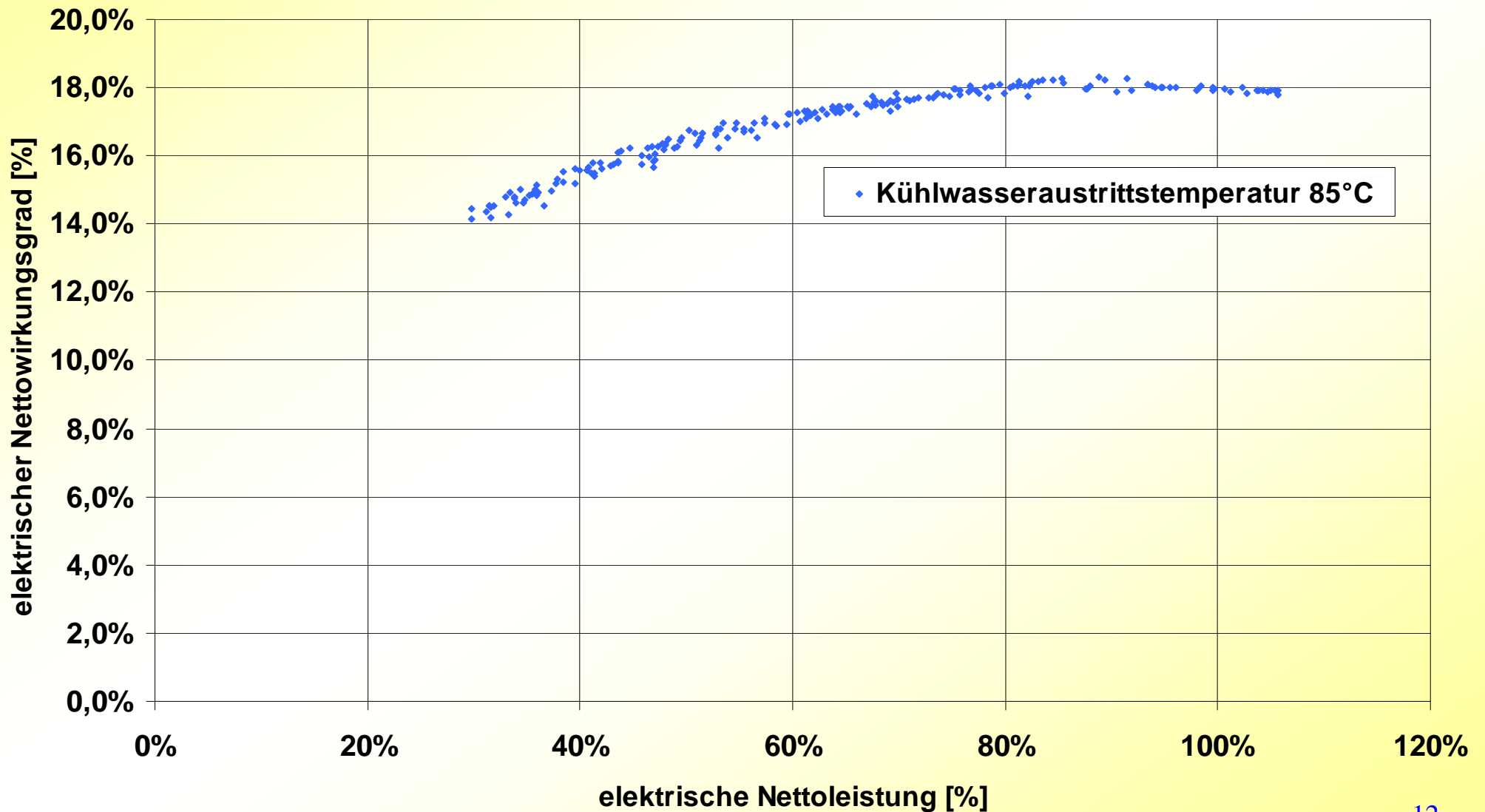
- **Der ORC-Kreislauf ist mit einer langsam laufenden Turbine, die für Kleinanlagen optimiert ist, ausgestattet**  
→ **guter Wirkungsgrad und ausgezeichnetes Teillastverhalten**
- **Aufgrund der vorteilhaften thermodynamischen Eigenschaften des Arbeitsmittels ist ein Tropfenschlag an der Turbine ausgeschlossen**
- **ORC-Anlagen können zwischen 10 und 100 % ihrer Nennleistung betrieben werden und sind für sehr schnelle Lastwechsel gut geeignet**
- **Der Betrieb von ORC-Aggregaten erfolgt vollkommen automatisiert; es besteht keine Anwesenheitserfordernis eines Betreibers**



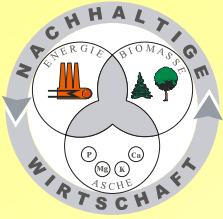


BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## EU Demonstrationsprojekt Lienz ORC-Prozess – Teillastverhalten

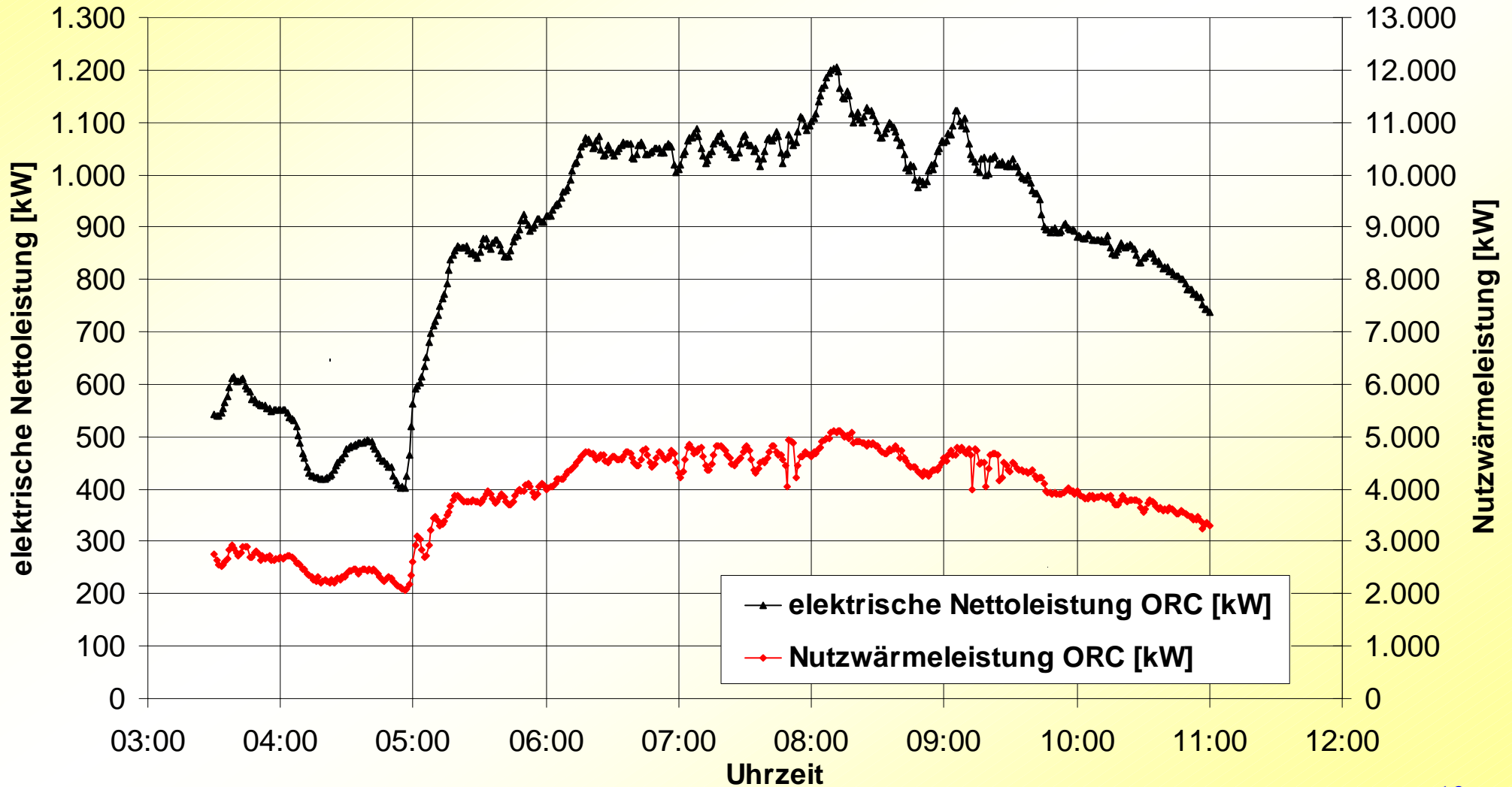


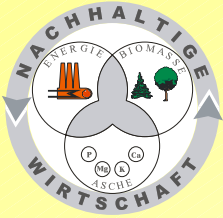




BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

# EU Demonstrationsprojekt Lienz ORC-Prozess – Lastwechselverhalten im wärmegeführten Betrieb

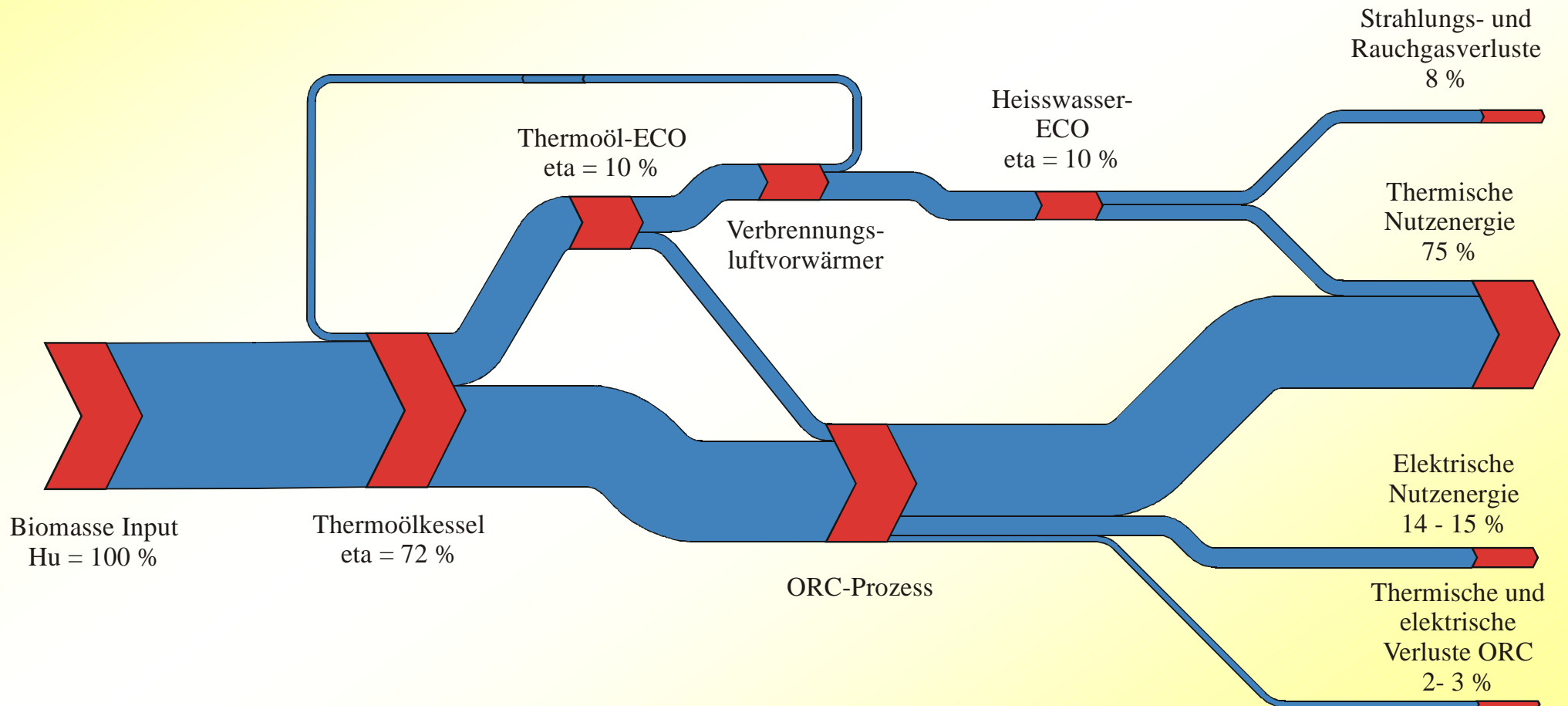




BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

# EU Demonstrationsprojekt Lienz Energiebilanz

## Thermoölkessel - ORC-Prozess - Wärmerückgewinnung

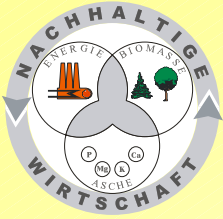




BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## ORC-Prozess – ökologische Aspekte

- **ORC-Aggregate sind relativ leise (der lauteste Teil ist der Generator, der mit Abkapselung 85 dBA auf 1 m Entfernung erzeugt)**
- **Silikonöl ist nicht toxisch, besitzt kein Ozonabbaupotential, ist aber leicht entflammbar mit einem Flammpunkt von 34°C, jedoch nicht explosiv**
- **An den Thermoölkreislauf und den ORC-Kreislauf sind hohe Dichtheitsanforderungen gestellt, welche durch entsprechende Sicherheitseinrichtungen und Leckageüberwachungssysteme gewährleistet werden**
- **Das Arbeitsmittel altert nicht und ist nicht korrosiv**
- **Für das Thermoöl wird eine Lebensdauergarantie von 10 Jahren gegeben (bei Einhaltung der definierten Betriebsparameter)**

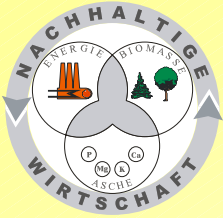


BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## Methodik zur Ermittlung der Stromgestehungskosten (1)

- Nur die Mehr-Investitionskosten einer Biomasse-KWK im Vergleich zu einer konventionellen Biomassefeuerung mit Heißwasserkessel (mit gleicher Nutzwärmeleistung) werden betrachtet
- Die Vorgangsweise zur Ermittlung der Mehr-Betriebskosten erfolgt analog (Teilung in Wärme- und Stromgestehungskosten)
- Grund: der Wärmebedarf für das Prozess- oder Fernwärmenetz ist in den meisten Fällen die vorgegebene Größe für eine KWK-Anlage (die Wärmeerzeugung muss auf jeden Fall gewährleistet werden)
- Es stellt sich daher die Frage, ob sich die Mehrinvestitionen für eine Biomasse-KWK im Vergleich zu einer reinen Wärmeversorgung rentieren

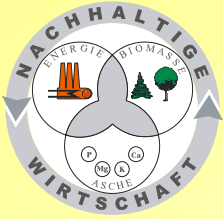




BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

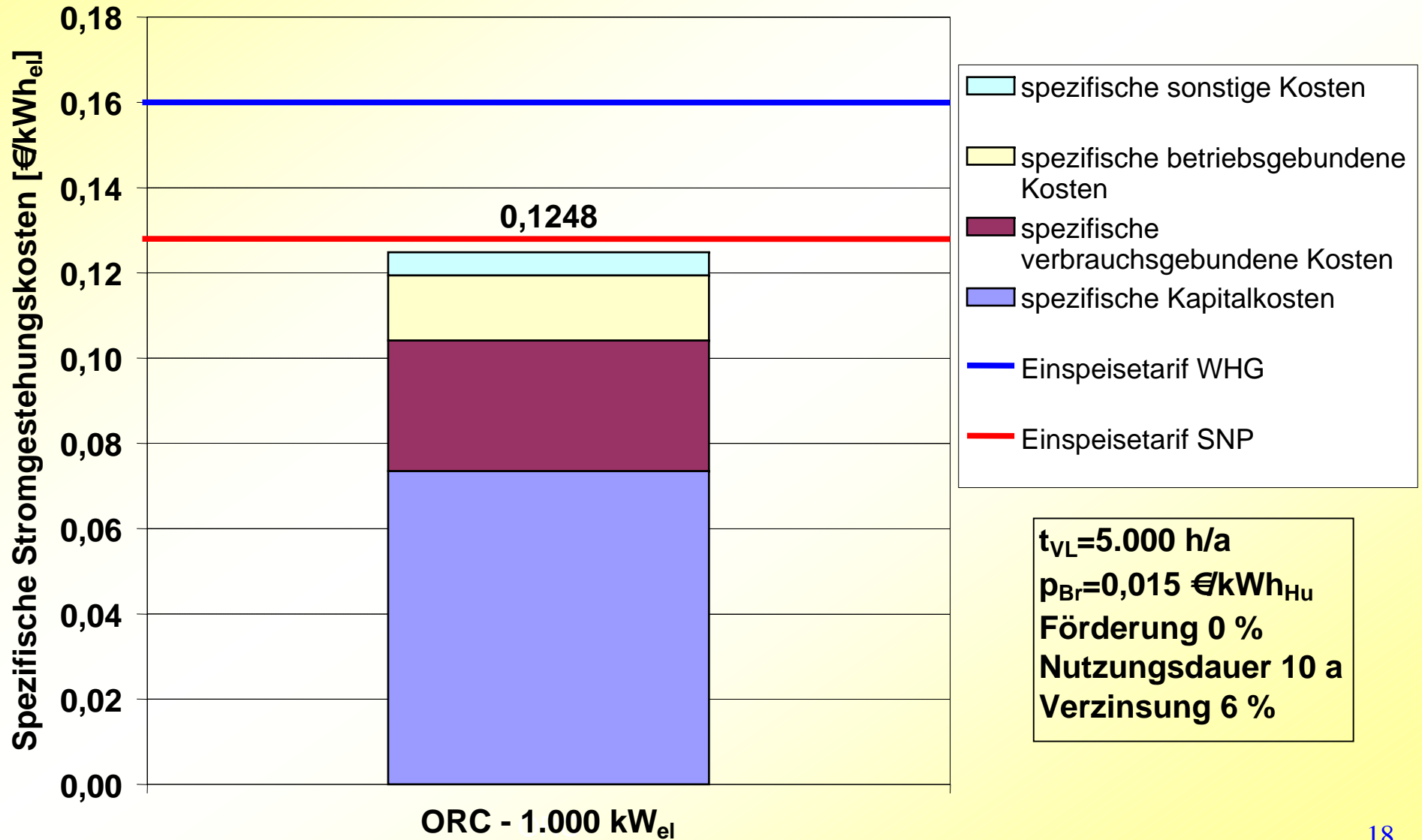
## Methodik zur Ermittlung der Stromgestehungskosten (2)

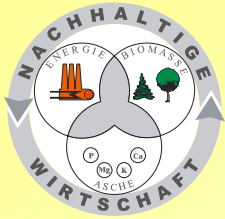
- **Ermittlung der 4 Kostenarten nach der für Wärmeversorgungsanlagen gebräuchlichen VDI-Richtlinie 2067:**
  - ➔ **Kapitalgebundene Kosten:** beinhalten die Kapitalkosten (aus Investitionskosten, kalkulatorischem Zinssatz und kalkulatorischer Nutzungsdauer errechnet)
  - ➔ **Verbrauchsgebundene Kosten:** beinhalten Brennstoffkosten, Kosten für Eigenstrombedarf und sonstige Betriebsmittelkosten (wie z.B. Schmierstoffe, Wasser, Hilfsenergie, etc.)
  - ➔ **Betriebsgebundene Kosten:** beinhalten im wesentlichen Personalkosten sowie die Wartungs- und Instandhaltungskosten
  - ➔ **Sonstige Kosten:** beinhalten Kosten für Versicherung, Verwaltung, Administration, Abgaben



BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

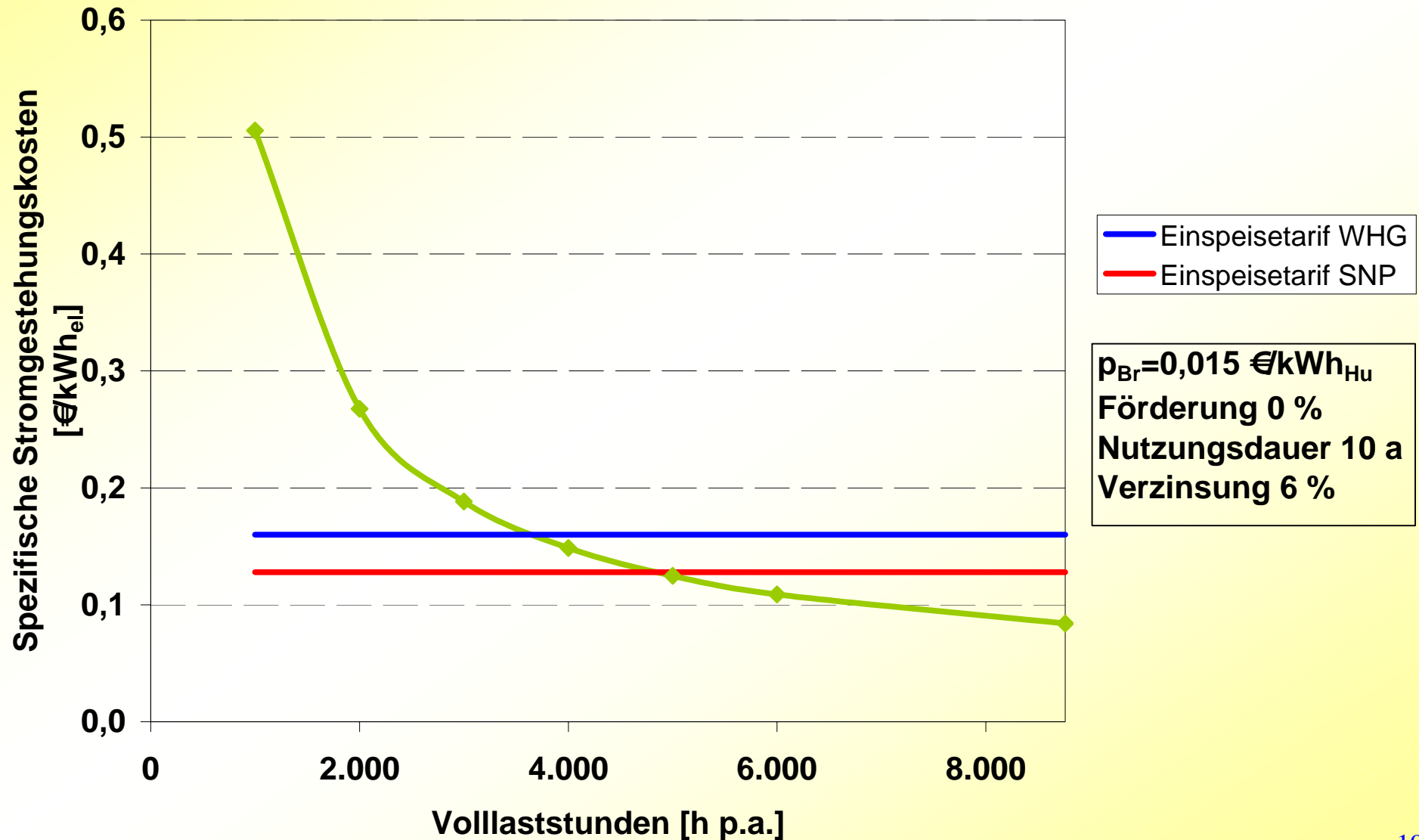
## ORC-Prozess (1.000 kW<sub>el</sub>) – spez. Stromgestehungskosten

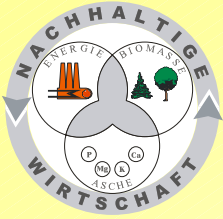




BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

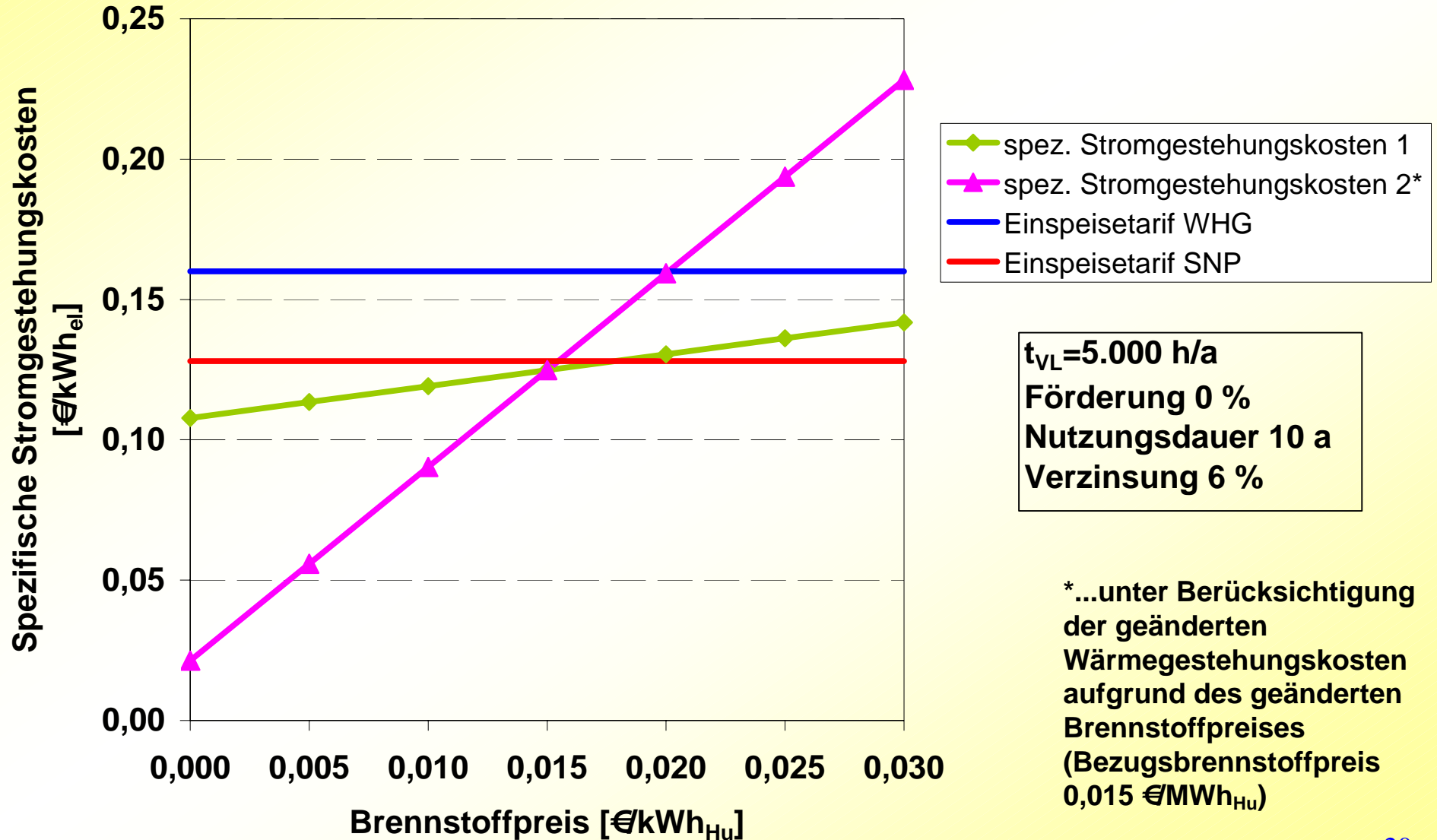
# ORC-Prozess (1.000 kW<sub>el</sub>) – spez. Stromgestehungskosten Einfluss der Jahresvolllaststunden



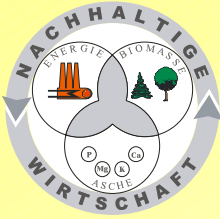


BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

# ORC-Prozess (1.000 kW<sub>el</sub>) – spez. Stromgestehungskosten Einfluss des Brennstoffpreises



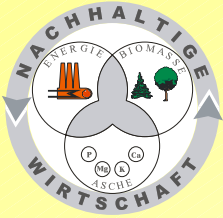




BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## ORC-Prozess – Stand und zukünftige Entwicklungen

- **Thermoöl- wie auch ORC-Prozesse werden seit vielen Jahren in der Industrie angewandt**
- **ORC-Module für Biomasse-KWK-Anlagen sind derzeit in Modulgrößen zwischen 200 und 1.500 kW<sub>el</sub> erhältlich**
- **Biomasse-KWK-Anlagen auf ORC-Basis haben die Marktreife erreicht und stehen somit vor der Marktdurchdringung**
  - Erste EU-Demo-Anlage: 400 kW<sub>el</sub> (STIA Admont, A) - mehr als 30.000 Betriebsstunden
  - Zweite EU-Demo-Anlage: 1.000 kW<sub>el</sub> (Lienz, A) - mehr als 10.000 Betriebsstunden
  - Dritte Anlage: 1.100 kW<sub>el</sub> (Fussach, A) - Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (Kombination ORC-Absorptionskältemaschine)
  - CH: 2 ORC-Anlagen auf Biomassebasis (300 und 600 kW<sub>el</sub>) in Betrieb
  - I: 2 ORC-Anlagen auf Biomassebasis (900 und 1.100 kW<sub>el</sub>) in Betrieb
  - D: 4 ORC-Anlagen auf Biomassebasis (400 und 1.100 kW<sub>el</sub>) in Betrieb
- **13 ORC-Anlagen mit elektrischen Nennleistungen von 200 bis 1.500 kW<sub>el</sub> befinden sich in der Detailplanung in A, D und I**



BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## Schlussfolgerungen und Empfehlungen

**Für dezentrale KWK-Systeme ( $P_{el} < 2,0$  MW)**

**wichtige technische Rahmenbedingungen:**

- **Hohe Robustheit der Technologie (geringe Störanfälligkeit) und somit hohe Verfügbarkeit**
- **Gute Regelbarkeit und Automatisierbarkeit (unbemannter Betrieb)**
- **Geringer Wartungs- und Instandhaltungsaufwand**
- **Sehr gutes Teillastverhalten und Eignung für schnelle Lastwechsel (bei wärmegeführtem Betrieb)**

**Diese Anforderungen werden durch den ORC-Prozess erfüllt.**



BIOENERGIESYSTEME GmbH  
Sandgasse 47, A-8010 Graz

## Schlussfolgerungen und Empfehlungen

**Für dezentrale KWK-Systeme ( $P_{el} < 2,0$  MW)**

**wichtige wirtschaftliche Rahmenbedingungen:**

- **Hohe Anzahl an Jahresvolllaststunden ( $> 5.000$  h)**
- **Hoher erreichbarer Gesamtwirkungsgrad (wärmegeführter Betrieb)**
- **Gesicherte Stromeinspeisetarife über einen Zeitraum von mindestens 10 Jahren**

**Für Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungen auf ORC-Basis gilt:**

- **Stromgestehungskosten zwischen  $0,10$  und  $0,15$  €/kWh<sub>el</sub>**
- **Einsatzpotential: mittelgroße holzbe- und verarbeitende Betriebe, dezentrale Altholzfeuerungen und Biomasse-Fernheizwerke**