

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

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

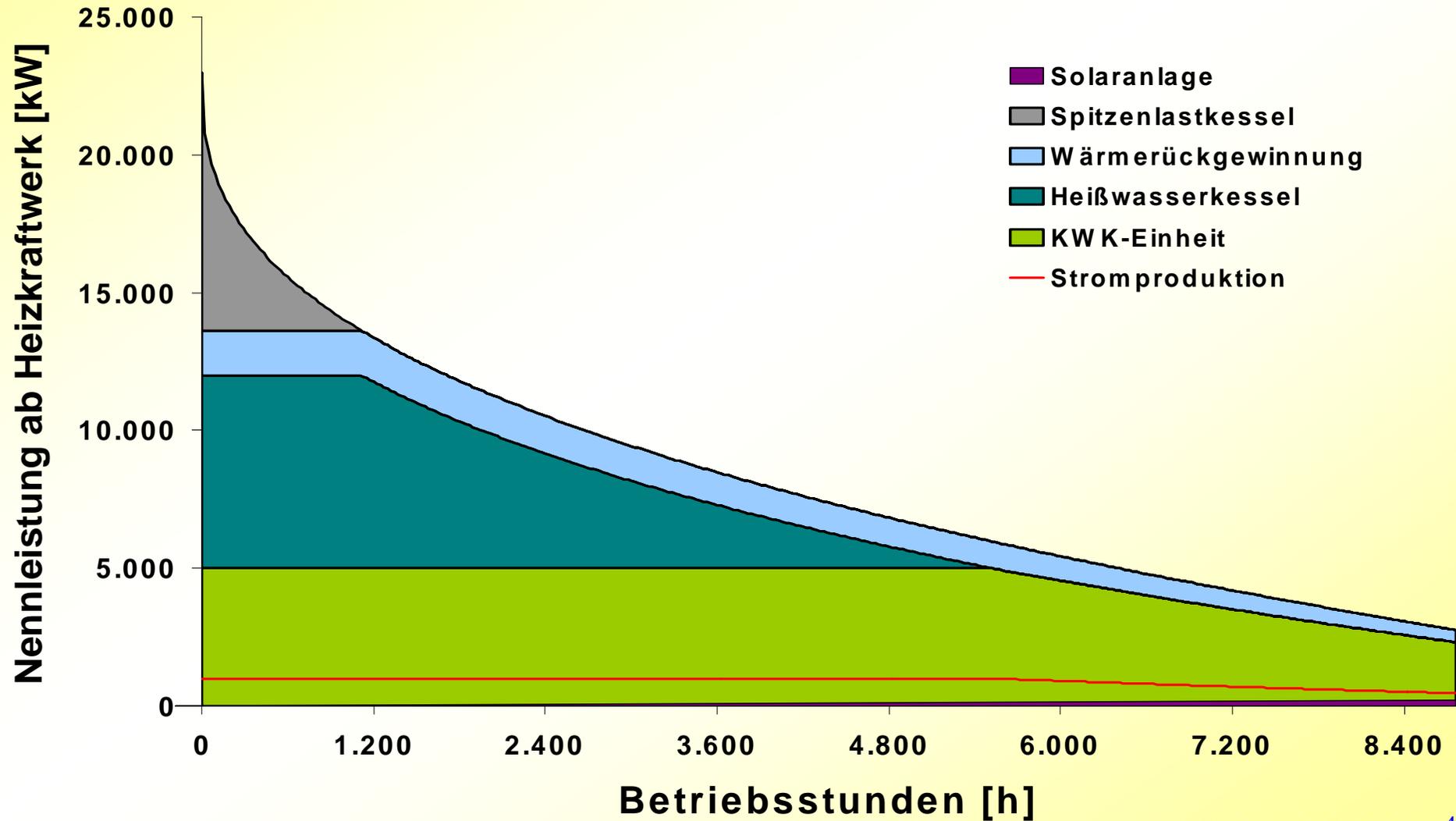
Überblick – Biomasse-KWK-Anlagen auf ORC-Basis: Lienz - Admont

	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 _{th}	3.200 kW _{th}
Thermoöl-Economiser	500 kW _{th}	
Luftvorwärmung (Thermoölkessel)	490 kW _{th}	
Heißwasserkessel	7.000 kW _{th}	4.000 kW _{th}
Luftvorwärmung (Heißwasserkessel)	490 kW _{th}	
Economiser / Rauchgaskondensationsanlage	1.500 kW _{th}	1.500 kW _{th}
ORC-Prozess	1.000 kW _{el}	400 kW _{el}
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**

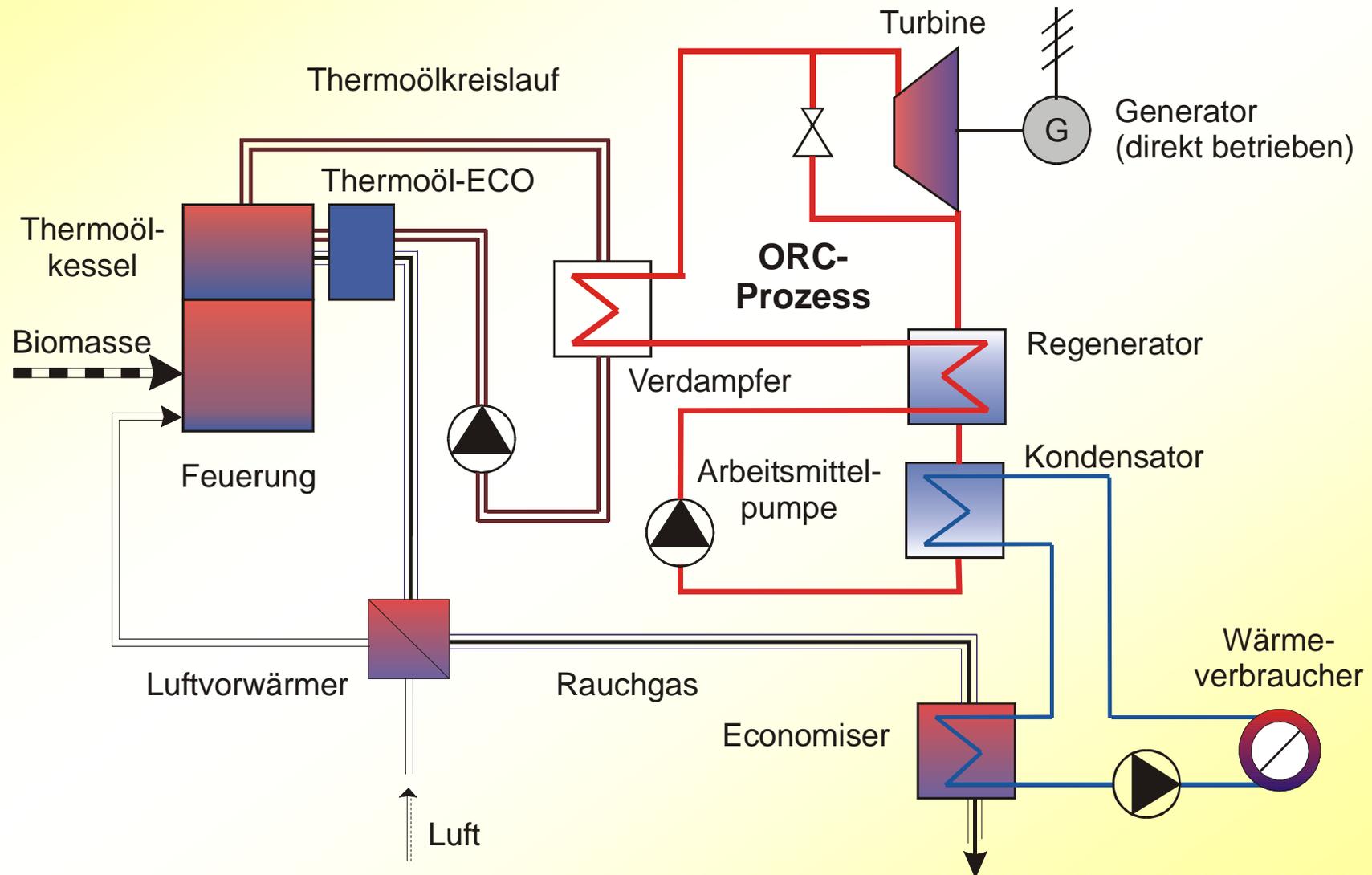


BIO

BIOENERGIESYSTEME GmbH
Sandgasse 47, A-8010 Graz

EU Demonstrationsprojekt Lienz

ORC-Prozess – prinzipielles Anlagenschema

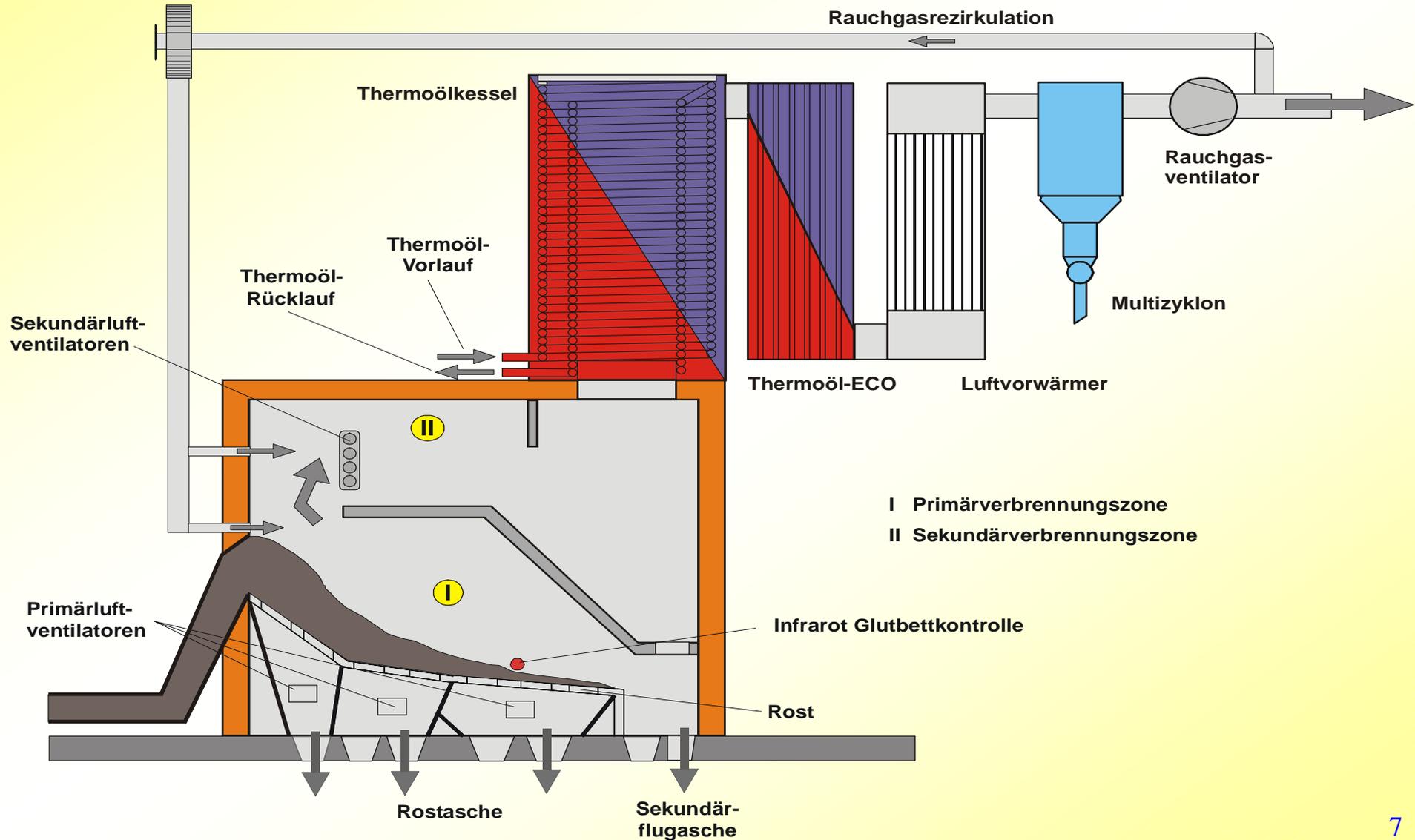




BIOES

BIOENERGIESYSTEME GmbH
Sandgasse 47, A-8010 Graz

EU Demonstrationsprojekt Lienz Innovativer Thermoölkessel

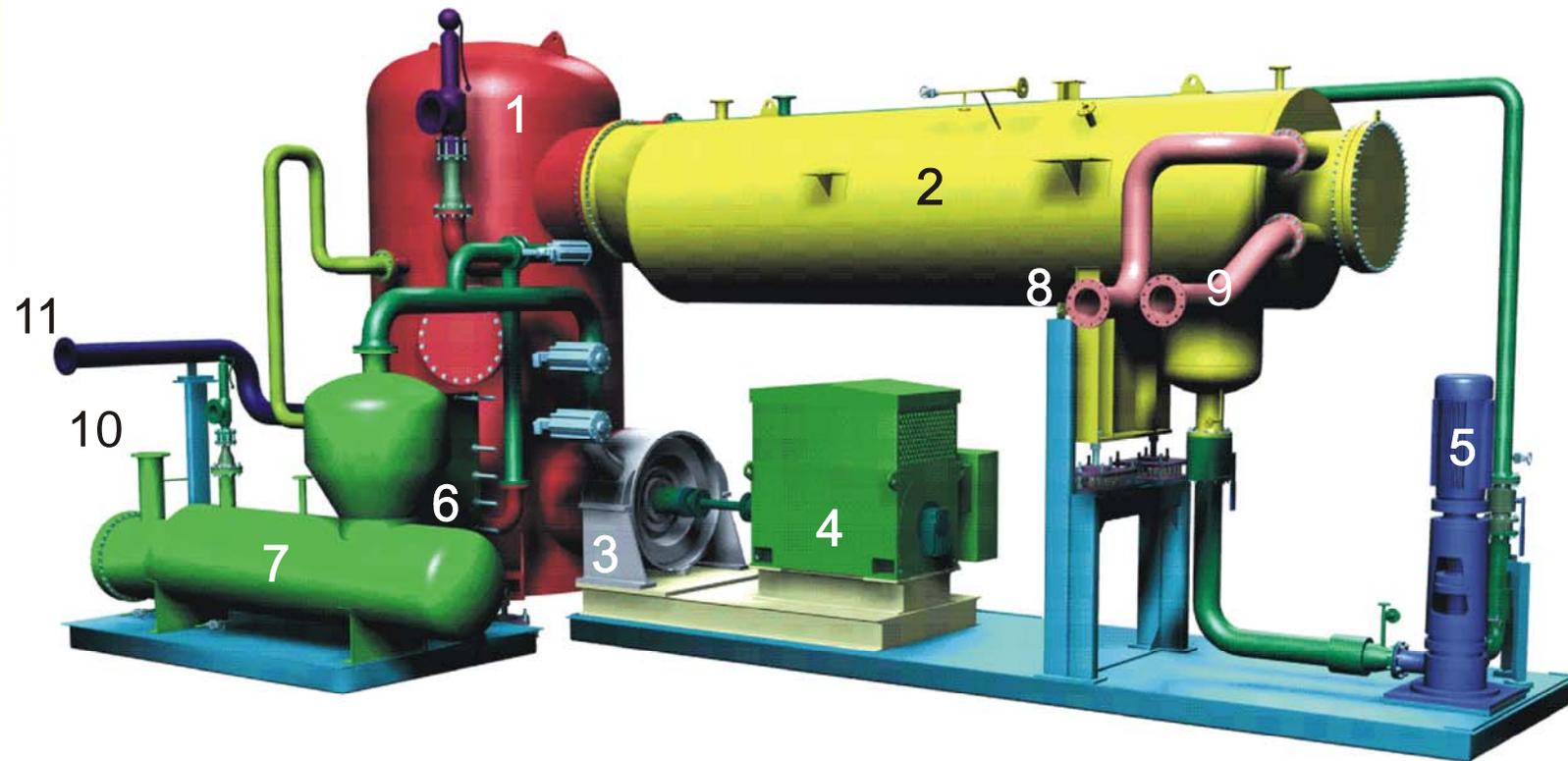




BIO

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_{el}-ORC-Modul in Containerbauweise





BIOENERGIESYSTEME GmbH
Sandgasse 47, A-8010 Graz

EU Demonstrationsprojekte

Lienz und Admont

Technische Daten

Technische Daten des ORC-Prozesses	Lienz		Admont	
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

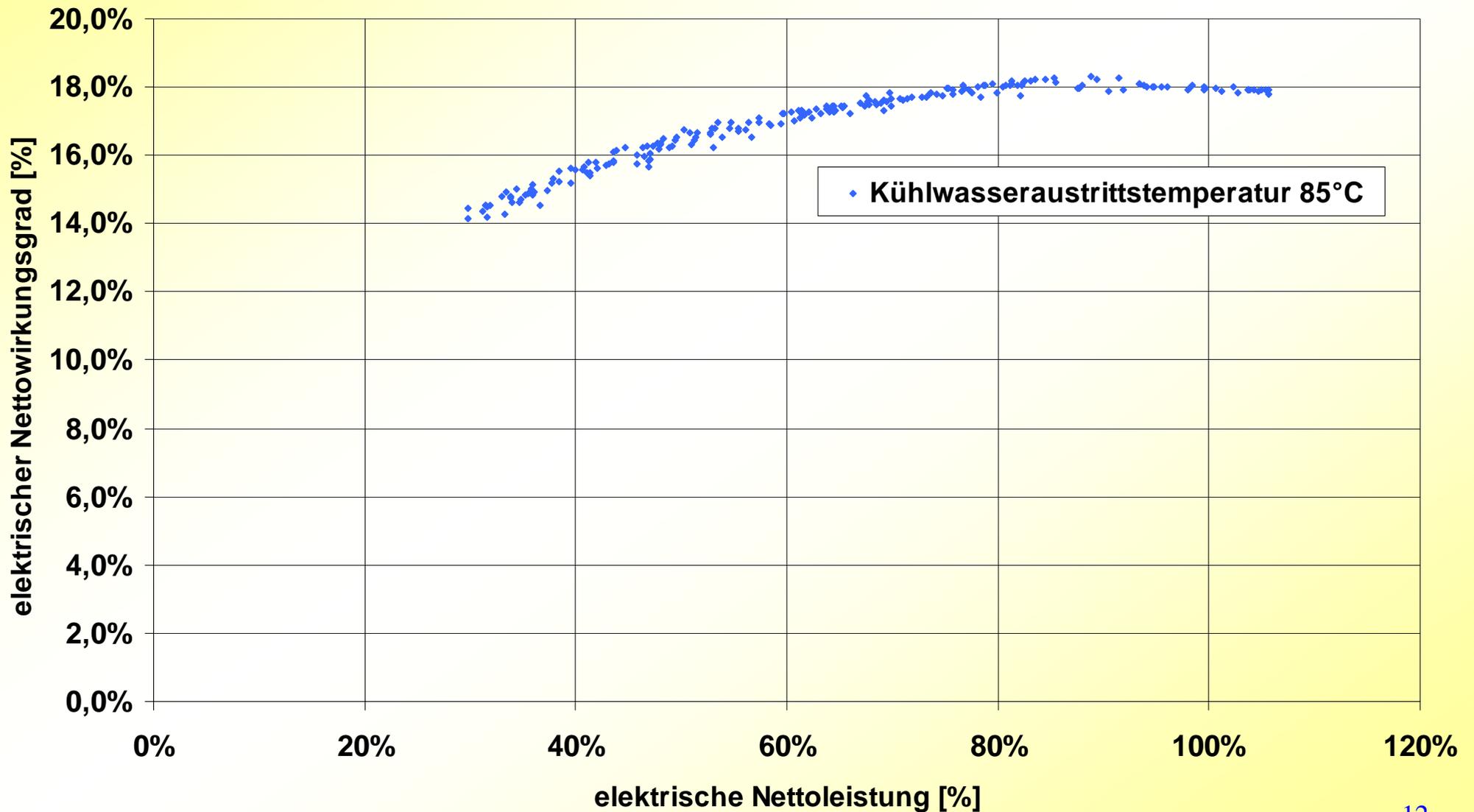
ORC-Prozess – Betriebsverhalten und Regelung

- **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

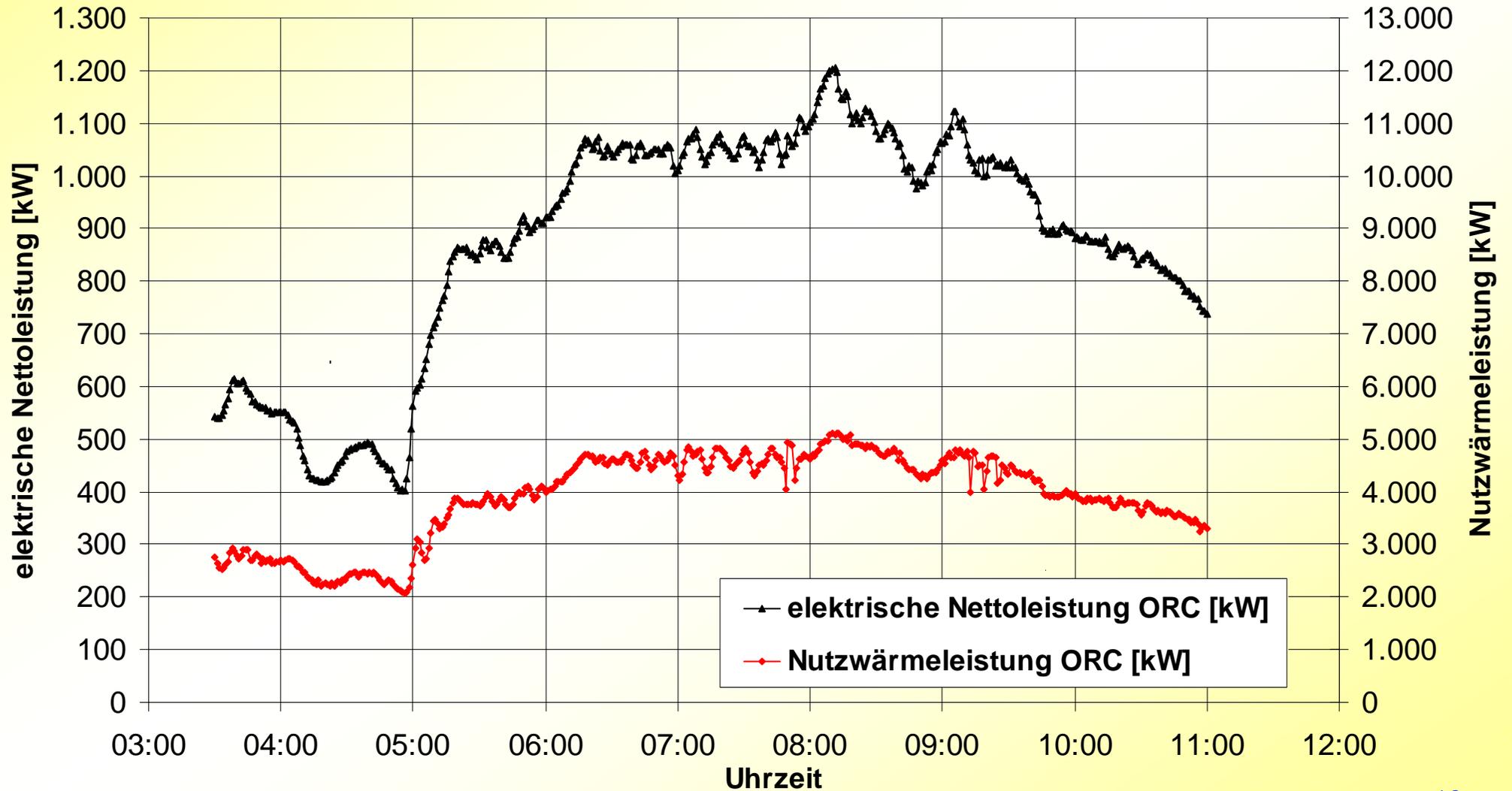
EU Demonstrationsprojekt Lienz ORC-Prozess – Teillastverhalten





BIOENERGIESYSTEME GmbH
Sandgasse 47, A-8010 Graz

EU Demonstrationsprojekt Lienz ORC-Prozess – Lastwechselverhalten im wärmegeführten Betrieb

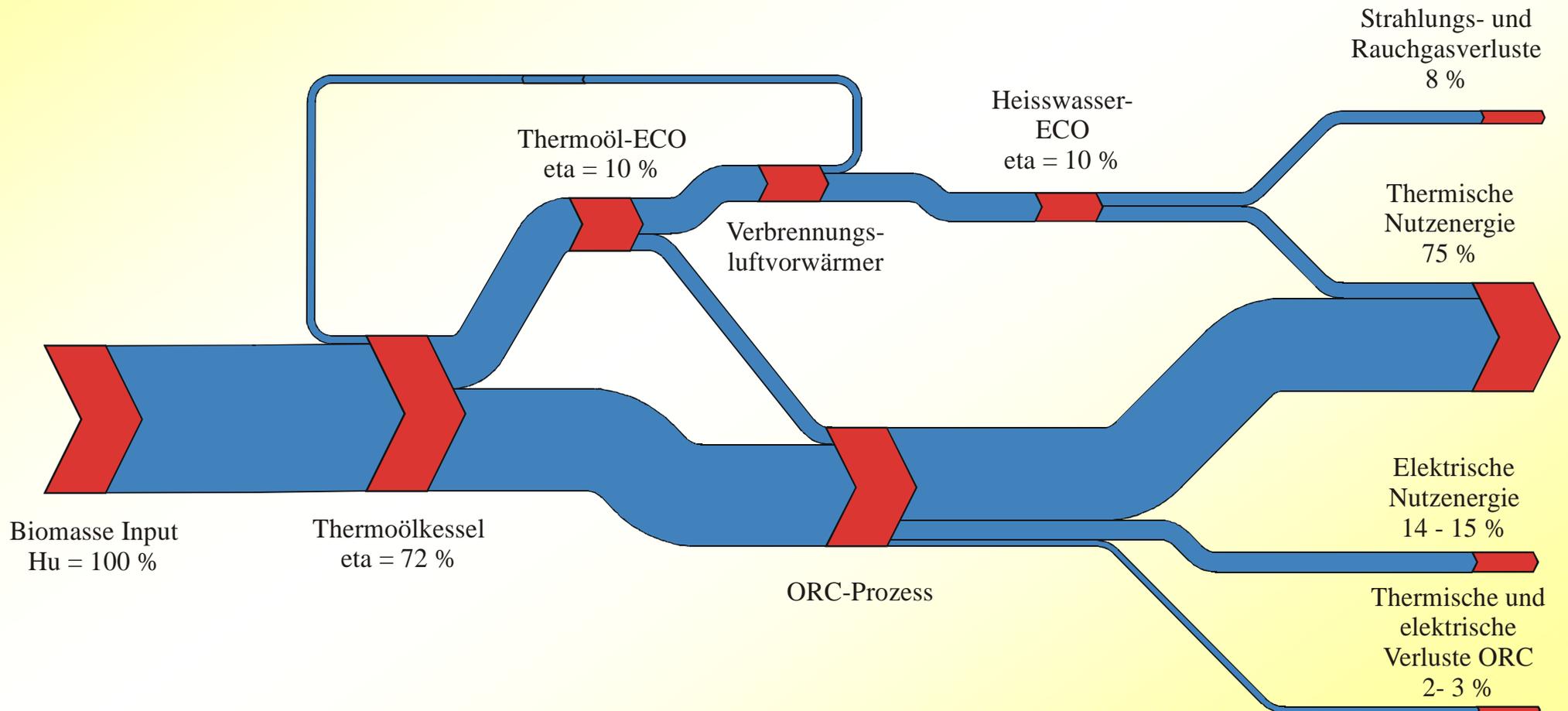




BIOENERGIESYSTEME GmbH
Sandgasse 47, A-8010 Graz

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

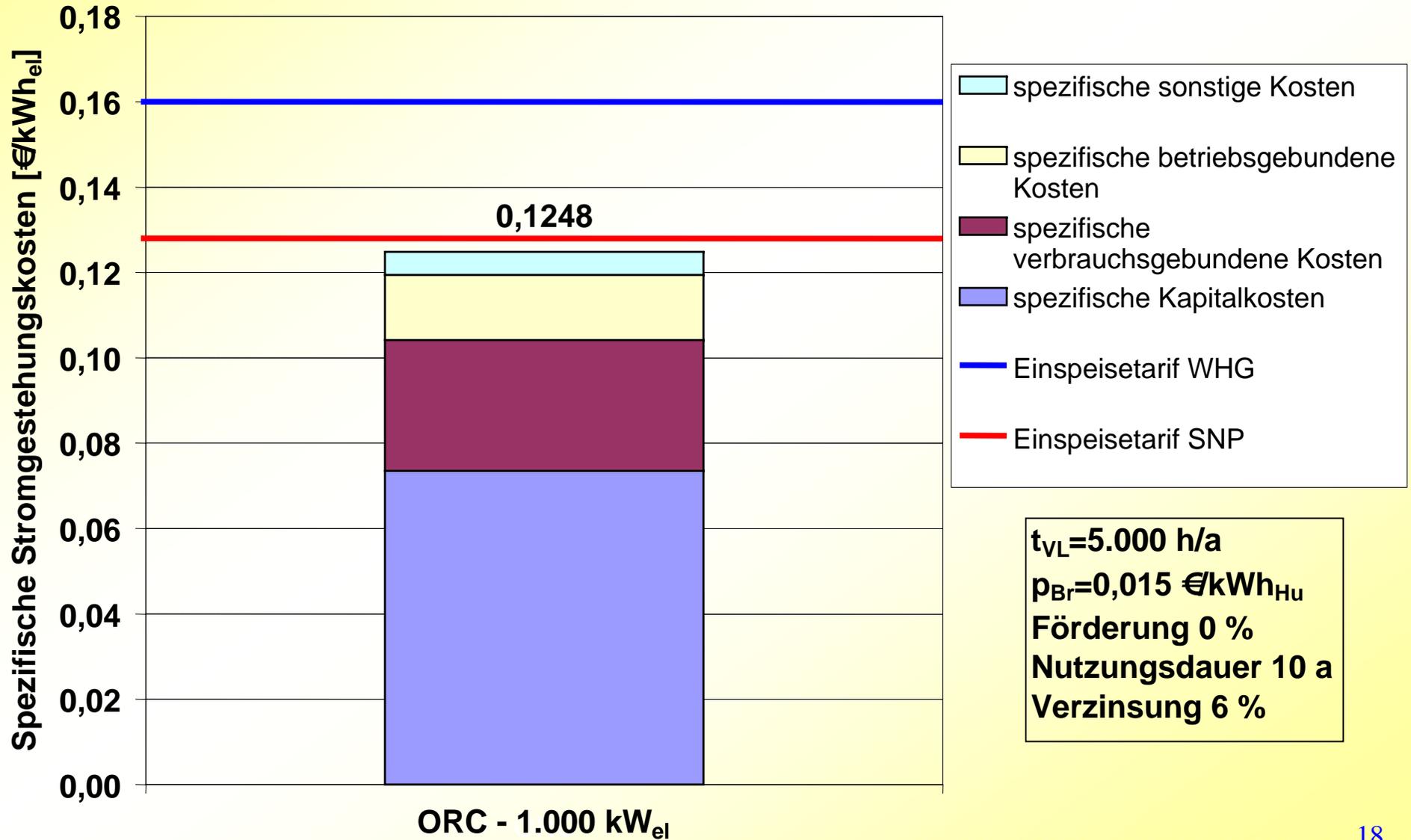
Methodik zur Ermittlung der Stromgestehungskosten (2)

- **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

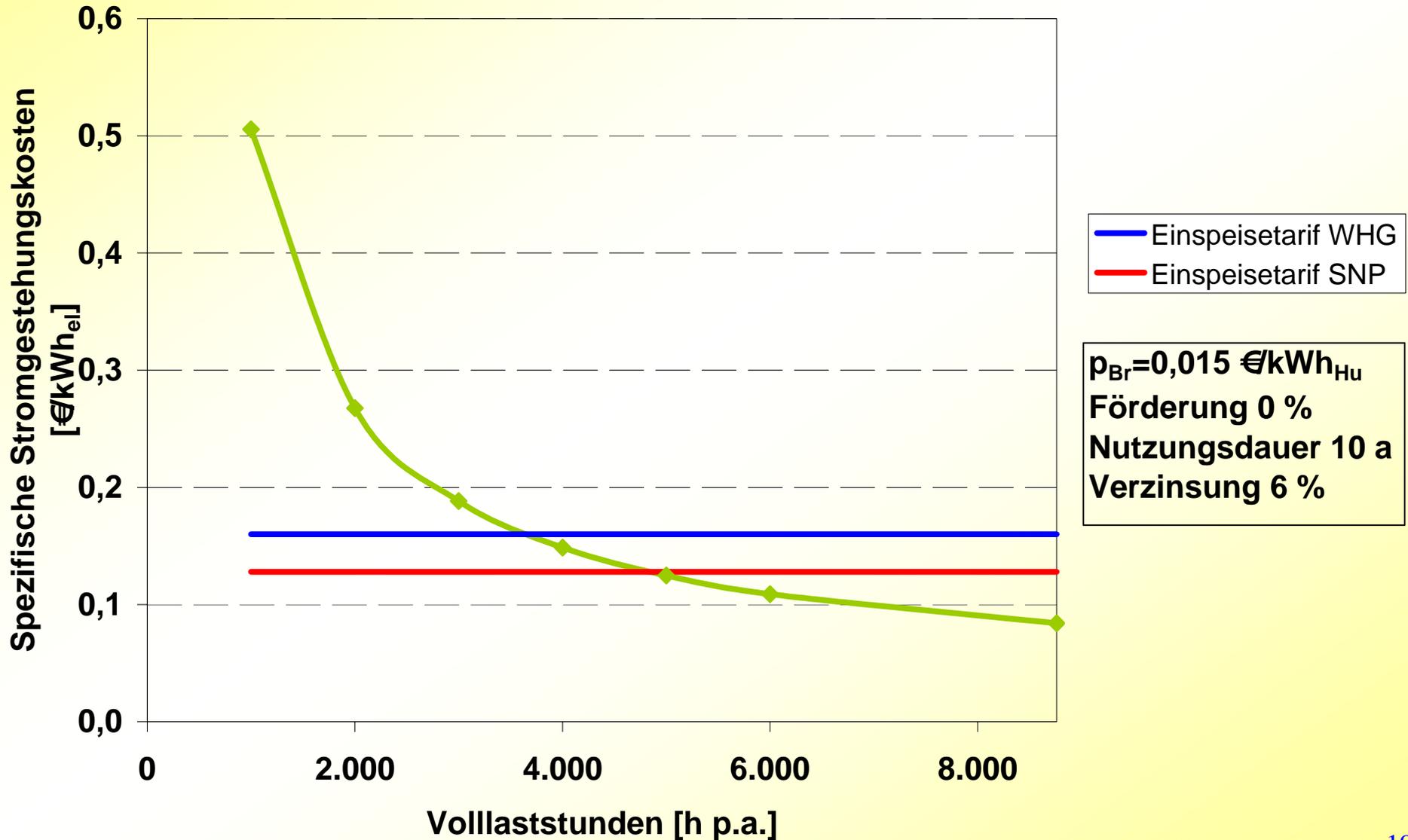
ORC-Prozess (1.000 kW_{el}) – spez. Stromgestehungskosten





BIOENERGIESYSTEME GmbH
Sandgasse 47, A-8010 Graz

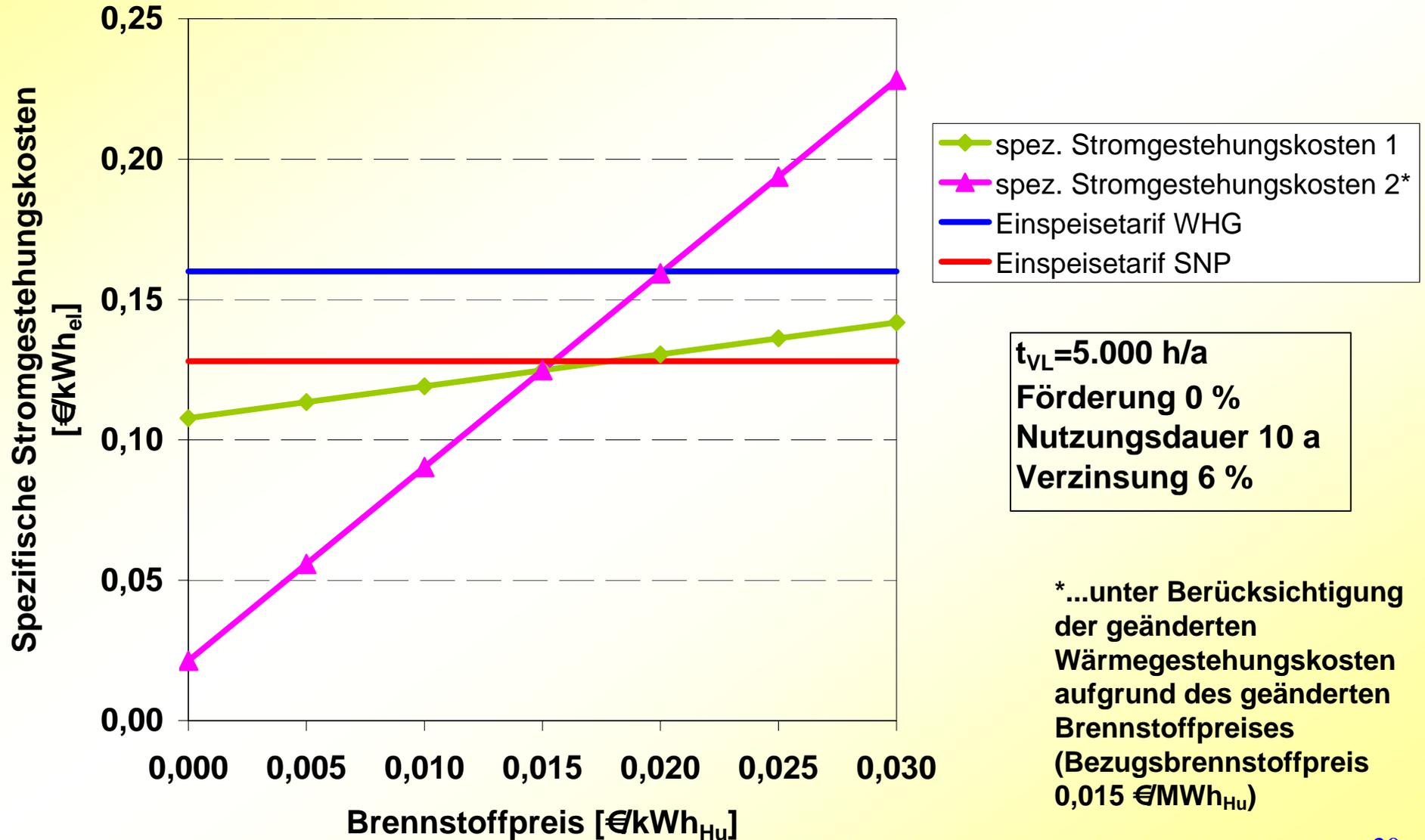
ORC-Prozess (1.000 kW_{el}) – spez. Stromgestehungskosten Einfluss der Jahresvolllaststunden





BIOENERGIESYSTEME GmbH
Sandgasse 47, A-8010 Graz

ORC-Prozess (1.000 kW_{el}) – 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_{el} erhältlich**
- **Biomasse-KWK-Anlagen auf ORC-Basis haben die Marktreife erreicht und stehen somit vor der Marktdurchdringung**
 - **Erste EU-Demo-Anlage: 400 kW_{el} (STIA Admont, A) - mehr als 30.000 Betriebsstunden**
 - **Zweite EU-Demo-Anlage: 1.000 kW_{el} (Lienz, A) - mehr als 10.000 Betriebsstunden**
 - **Dritte Anlage: 1.100 kW_{el} (Fussach, A) - Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (Kombination ORC-Absorptionskältemaschine)**
 - **CH: 2 ORC-Anlagen auf Biomassebasis (300 und 600 kW_{el}) in Betrieb**
 - **I: 2 ORC-Anlagen auf Biomassebasis (900 und 1.100 kW_{el}) in Betrieb**
 - **D: 4 ORC-Anlagen auf Biomassebasis (400 und 1.100 kW_{el}) in Betrieb**
- **13 ORC-Anlagen mit elektrischen Nennleistungen von 200 bis 1.500 kW_{el} 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_{el}**
- **Einsatzpotential: mittelgroße holzbe- und verarbeitende Betriebe, dezentrale Altholzfeuerungen und Biomasse-Fernheizwerke**