

Einsatz von Wärmepumpen in Biomasse-Heizwerken

Dipl.-Ing. Alfred Hammerschmid



Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 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
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Inhalt

- **Einführung**
- **Grundlagen der Effizienzsteigerung**
- **Technologievarianten**
- **Wirtschaftlichkeit**
- **Empfehlungen und Ausblick**



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Einführung

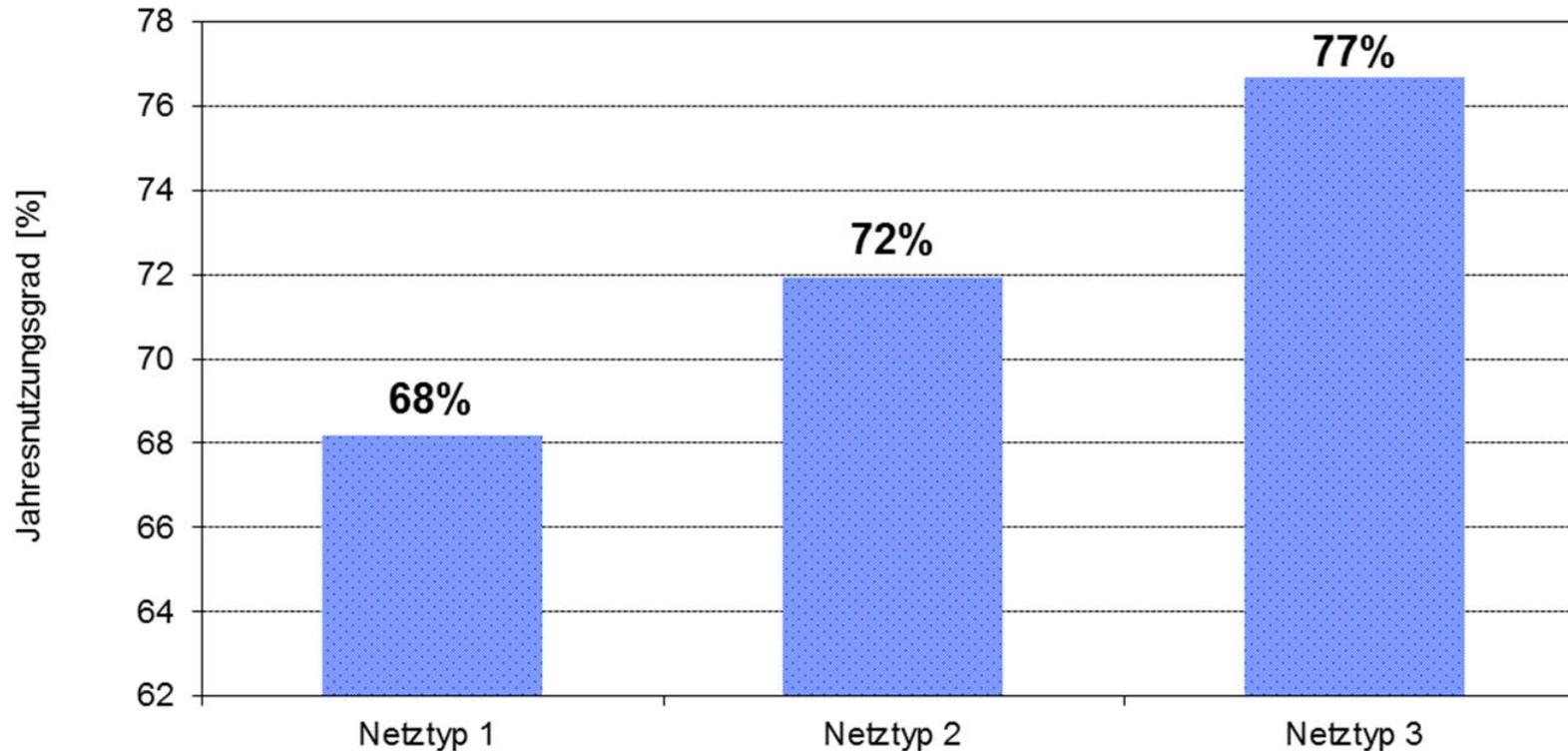
- **Bis 2013 lag der Heizölpreis auf einem höheren Niveau:**
 - Hohes Fernwärmeanschlussinteresse aufgrund hoher Ölpreise
 - Heizwerks-Wärmelieferverträge haben oft Ölpreis im Index enthalten
 - Hoher Wärmepreis führt zu moderatem Anreiz für Effizienzsteigerung
- **Seit 2014 ist der Heizölpreis signifikant gesunken:**
 - Notwendigkeit der Optimierung und Effizienzsteigerung von Biomasse-Heizwerken stark gestiegen
- **Voraussetzung für die Förderung von Anlagen durch die KPC**
 - Gesamtnutzungsgrad des Biomasse-Heizwerkes > 75%
- **Derzeitiger Bestand von Biomasse-Heizwerken und Biomasse-KWK-Anlagen in Österreich:**
 - rund 2.200 Anlagen



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Effizienz von Bestandsanlagen: 700 Anlagen aus QM-Datenbank

Mittlerer Jahresnutzungsgrad nach Netztypen
IST-Werte aus Betriebsberichten



Erläuterung: Netztyp 1 = Netz mit überwiegend Kleinkunden → mehr als 25% der Abnehmer beziehen 50.000 kWh/a und weniger als 75% der Abnehmer beziehen 150.000 kWh/a; Netztyp 2 = gemischte Netzstruktur → Netzstruktur für die weder Kategorie 1 noch 3 zutrifft; Netztyp 3 = Netz mit überwiegend Großkunden – mehr als 75% der Abnehmer beziehen 150.000 kWh/a

Quelle: klimaaktiv qm heizwerke, Auswertungen Benchmarks 2015

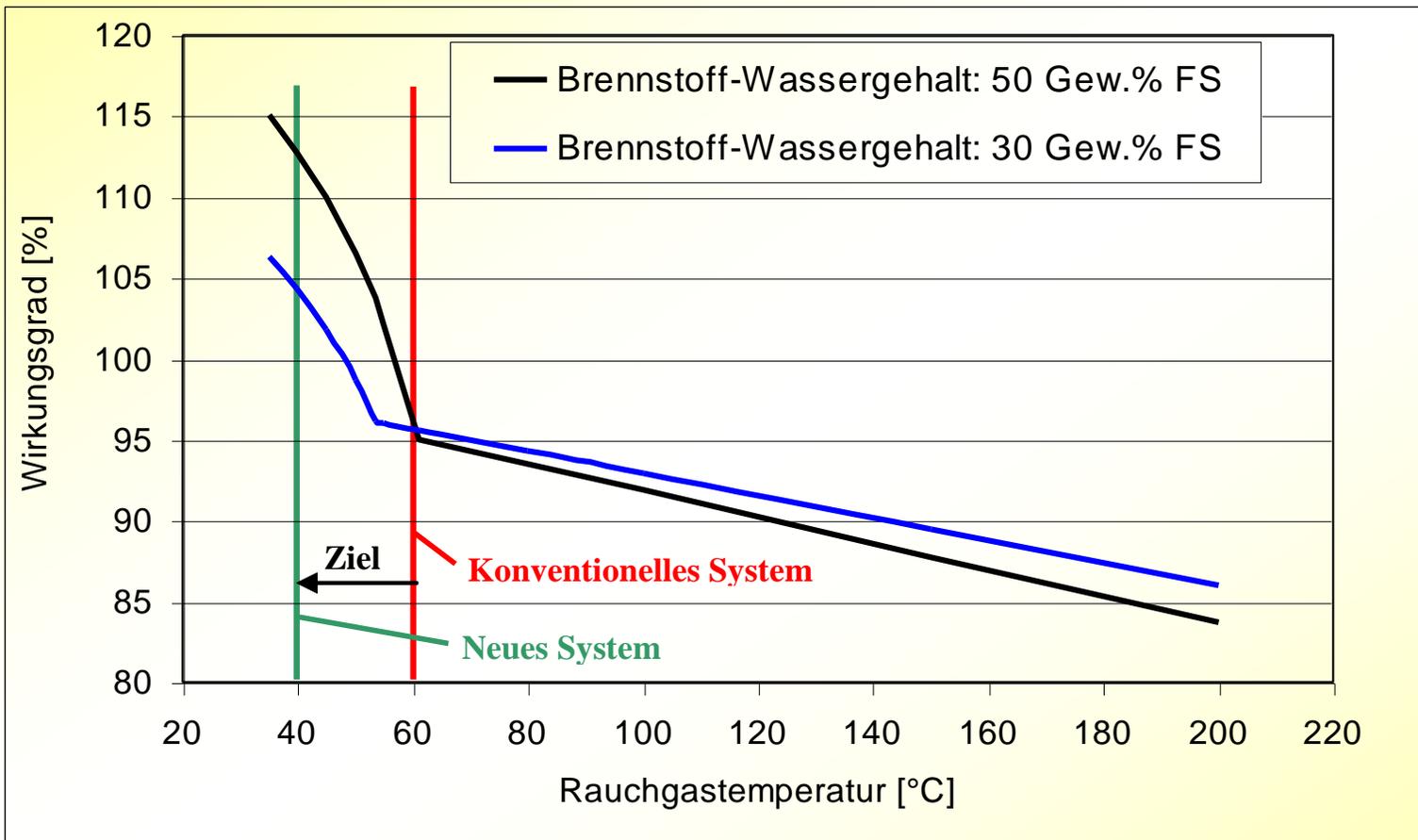


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Rahmenbedingungen

- **Betriebskostensenkung** durch Wärmerückgewinnung aus Abgasströmen der Biomassekessel, aus nahegelegenen industriellen Prozessen (Abwärmeströme, Kühlwasserkreisläufe, Kläranlage) oder aus anderen Umgebungswärmen (Luft, Grundwasser, Erdwärme)
→ **Verbesserung der Wirtschaftlichkeit**
- Economiser und Verbrennungsluftvorwärmer sind bereits weit verbreitet
- Abkühlen des Abgases unter den Taupunkt → höheres Potential zur Wärmerückgewinnung durch **Nutzung der Kondensationswärme**
- Kein Wärmeabnehmer mit geeignetem Temperaturniveau zur Nutzung der Kondensationswärme verfügbar? → **Anhebung des Temperaturniveaus mittels Wärmepumpe**
- **Häufige Probleme und Schäden durch Korrosion, Abrasion und Deposition**
→ geeignete Wahl von Verfahrenstechnik, Prozessparametern und Werkstoffen erforderlich

Potential der Effizienzsteigerung bei Rauchgas-WRG



Erläuterungen:

O₂ im Rauchgas: 8,0 Vol.% (tr. RG); Brennstoff: Hackgut; Wassergehalt: 50 Gew.% FS;

H-Gehalt 6,0 Gew.% TS; Ho: 20 MJ/kg TS; Aschegehalt: 1,4 Gew.% TS;

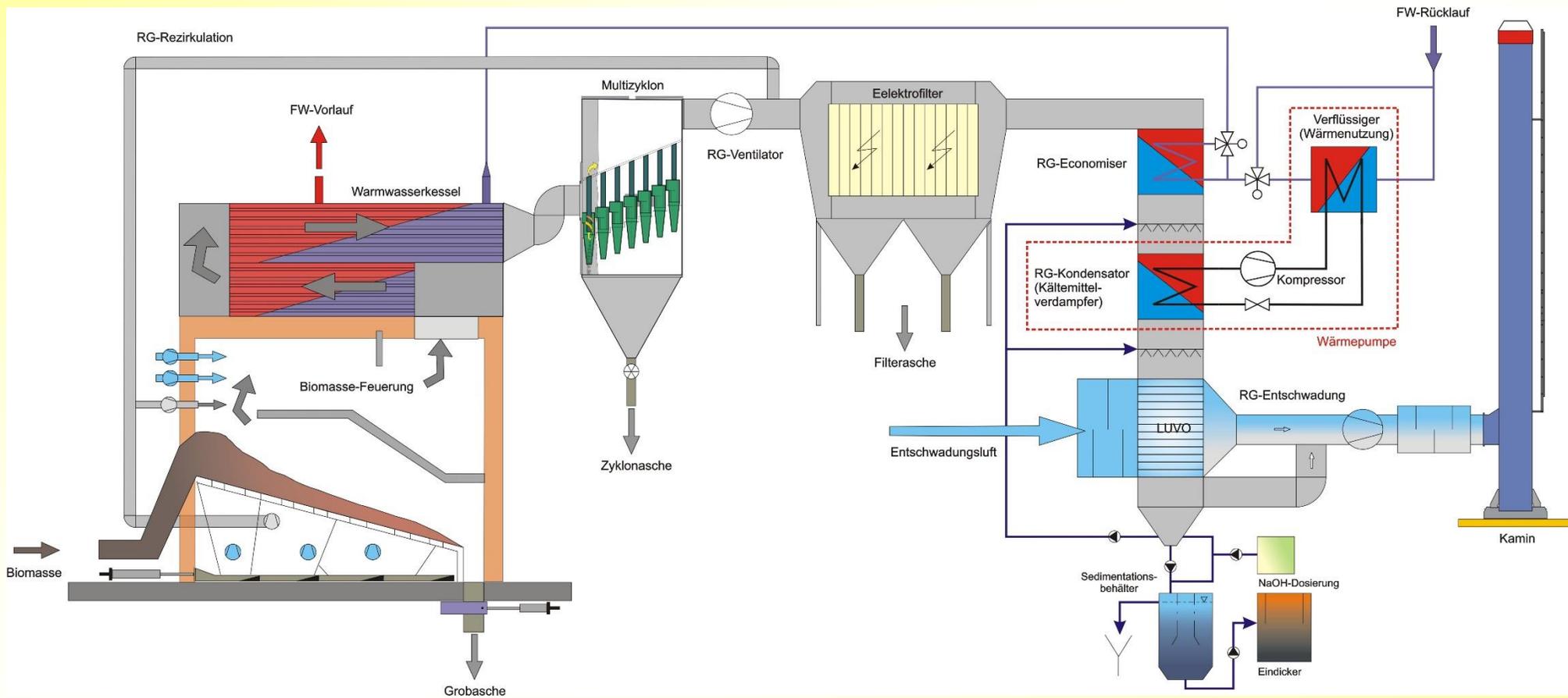
Wirkungsgrad = Wärmeabgabe (Kessel + Wärmerückgewinnungsanlage) / Wärmeeintrag mit Brennstoff (Hu)

Rauchgastemperatur: Rauchgastemperatur am Austritt aus der Wärmerückgewinnungsanlage



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Technologieüberblick





BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Auswahl der Anlagentechnologie (I)

Optimale Auswahl der Anlagentechnologie in Abhängigkeit der gegebenen Rahmenbedingungen

Wesentliche Parameter:

- **Herkunft der Abwärme** (z.B. Abgasstrom einer Biomassefeuerung, Abgasstrom eines Industrieofens,...)
- **Art der eingesetzten Brennstoffe** (z.B. Rinde, Altholz, Erdgas,...)
- **Vorgeschaltete Prozesse** (z.B. Elektrofilter, Gewebefilter,...) ergeben unterschiedliche Abgasparameter
- **Temperaturniveau der Wärmesenke** (z.B. 50°C für Temperaturerhöhung Rücklauf-Fernwärme, 85°C für Temperaturerhöhung Rücklauf Trockenkammern,...).
- **Verfügbarkeit** der Wärmequelle und der Wärmesenke
- **Wirtschaftliche Parameter** (z.B. Wärmepreis, Strompreis, Brennstoffpreise,...)

Auswahl der Anlagentechnologie (II)

Vermeidung von Problemen/Schäden durch Korrosion, Abrasion und Depositionen → Beachtung von:

- **Abgastemperatur**
- **Oberflächentemperatur des Wärmetauschers**
- **Abgaszusammensetzung**
 - **Wasser- und Säuretaupunkte**
 - **Staubgehalt und -zusammensetzung**
 - **Hygroskopische Salze**
- ➔ **Entscheidender Einfluss auf die Wahl:**
 - **des Verfahrens und der Prozessparameter**
 - **der eingesetzten Werkstoffe**
 - **der gewählten Abreinigungssysteme**
 - **der erforderlich Abwasserbehandlungsanlagen**



Ablagerungen in einem Economiser



Korrosion in einem Economiser

Technologievarianten Kompressionswärmepumpe

Temperaturerhöhung mit Kompressionswärmepumpe

- Funktionsweise Kompressionswärmepumpe:
 - Flüssiges Kältemittel expandiert im Verdampfer → nimmt Wärme auf niedrigem Temperaturniveau auf
 - Das verdampfte Kältemittel wird im Kompressor verdichtet → Aufwendung elektrischer Energie
 - Verdichtetes Kältemittel im Kondensator verflüssigt → gibt die aufgenommene Wärme auf höherem Temperaturniveau wieder ab
- Vorteilhaft bei günstigen Stromtarifen
- Integration der Wärmepumpe in die Rauchgaskondensation indirekt (mittels Wasserzwischenkreislauf) oder direkt (Direktverdampfer) möglich



Wärmepumpe mit
Heizleistung 60 kW



3 Wärmepumpen:
Heizleistung 1 x 1.150 u.
2 x 1.500 kW

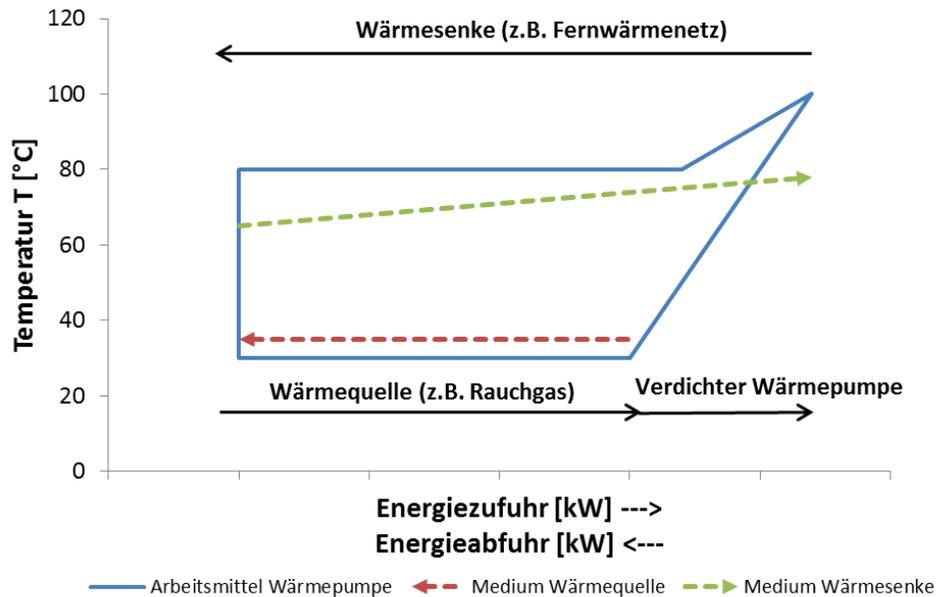


BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

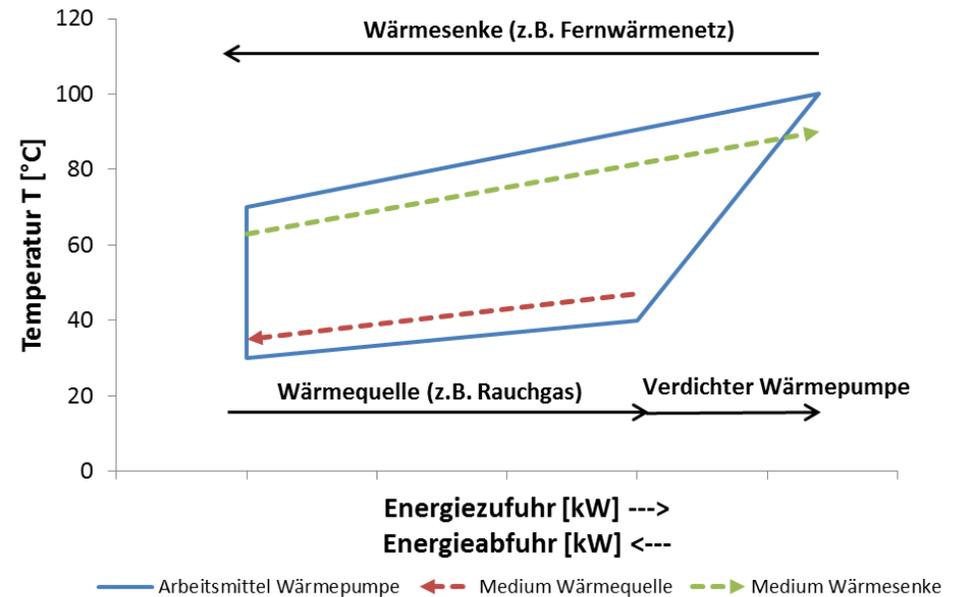
Technologievarianten - Kreisprozesse

Kompressionswärmepumpe

Wärmepumpenkreislauf konventionell



Wärmepumpenkreislauf Joule Prozess



Technologievarianten Absorptionswärmepumpe

Temperaturanhebung mit Absorptionswärmepumpe:

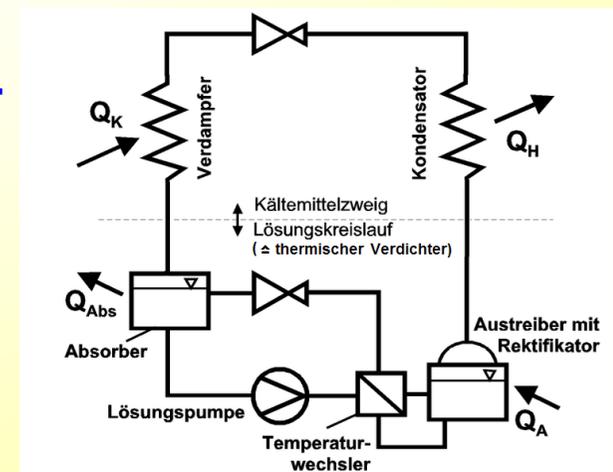
➤ Funktionsweise Absorptionswärmepumpe:

- Flüssiges Kältemittel verdampft bei geringem Druck → Aufnahme von Abwärme auf niedrigen Temperaturniveau
- Im Absorber wird verdampftes Kältemittel von einem Lösungsmittel absorbiert
- Kältemittel wird im Austreiber bei erhöhtem Druck aus Lösungsmittel abgeschieden → Einsatz Wärmeenergie auf hohem Temperaturniveau (thermischer Verdichter)
- Dampfförmiges Kältemittel wird im Kondensator verflüssigt → Abgabe von Nutzwärme auf mittlerem Temperaturniveau

➤ günstige Wärmequelle (z.B. Dampf) mit ca. 180°C erforderlich



Lithiumbromid-
Absorptionswärmepumpe



Projektbeispiele: Rauchgas- kondensation + Wärmepumpe

Wärmerückgewinnung mittels Rauchgaskondensation aus Abgasströmen



**Rauchgaskondensationsanlage:
380 kW ECO, 1.000 kW Kondensator
Wärmenutzung mittels
Kompressionswärmepumpe indirekt**



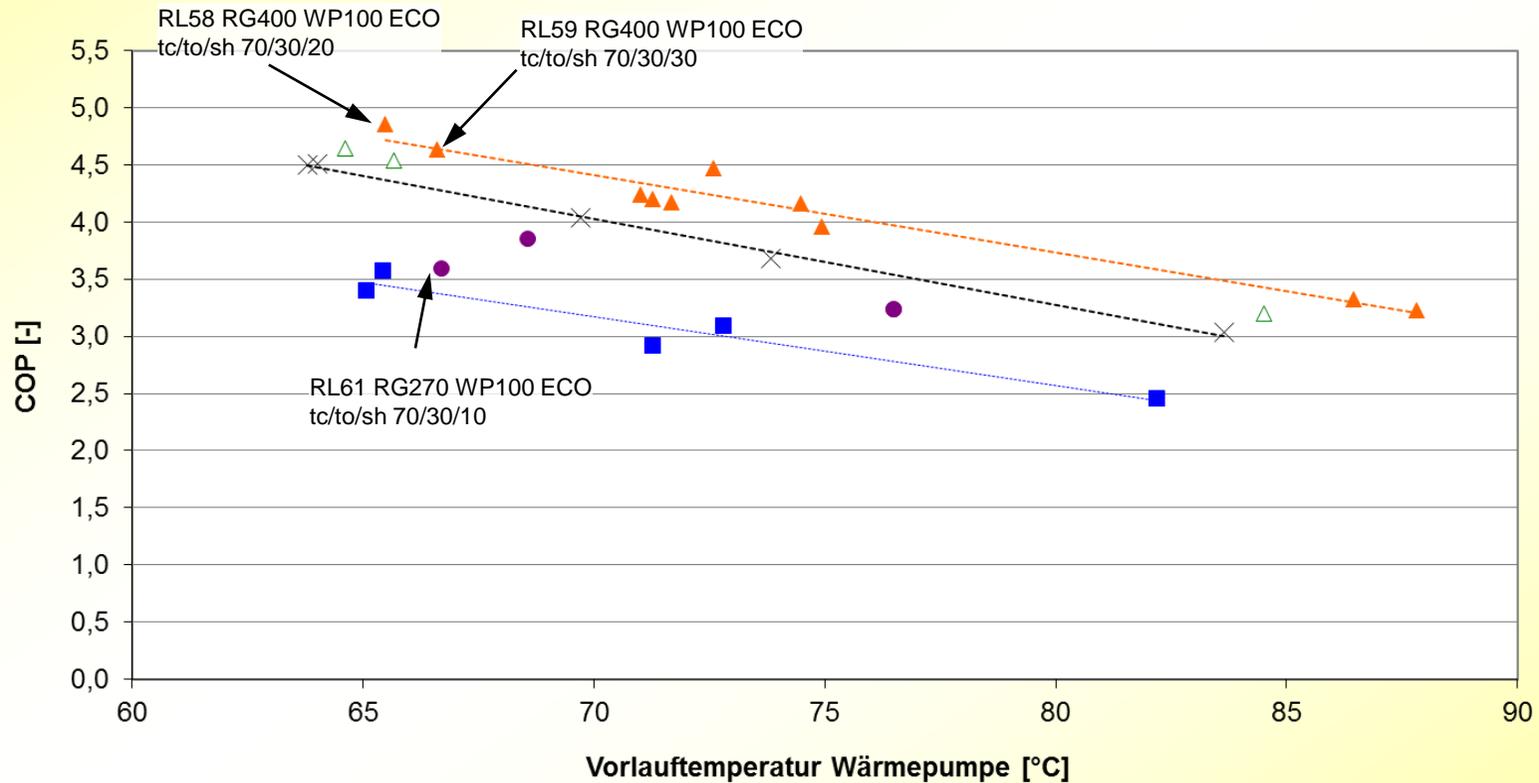
**Rauchgaskondensationsanlage:
1.000 kW Kondensator mit Quench
Wärmenutzung mittels
Kompressionswärmepumpe indirekt**



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

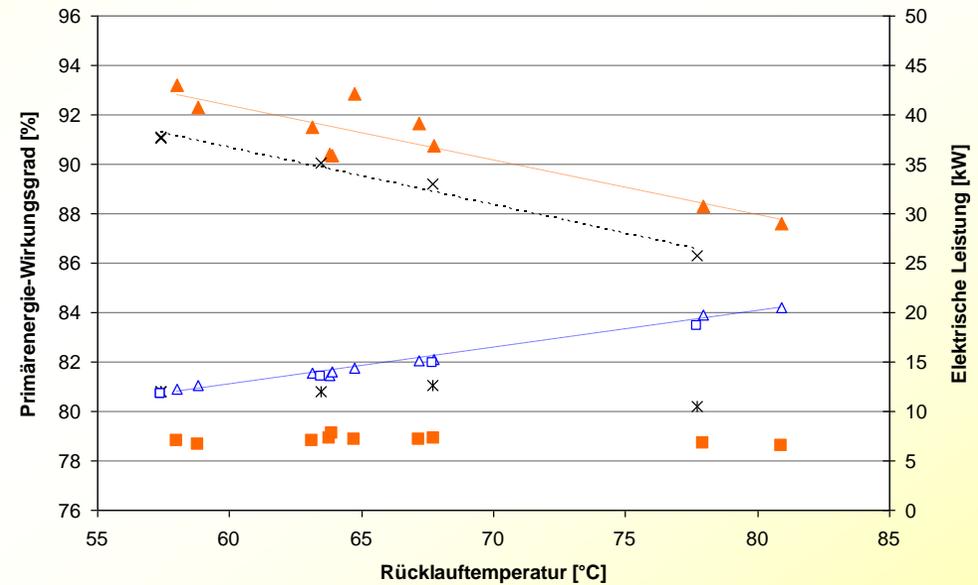
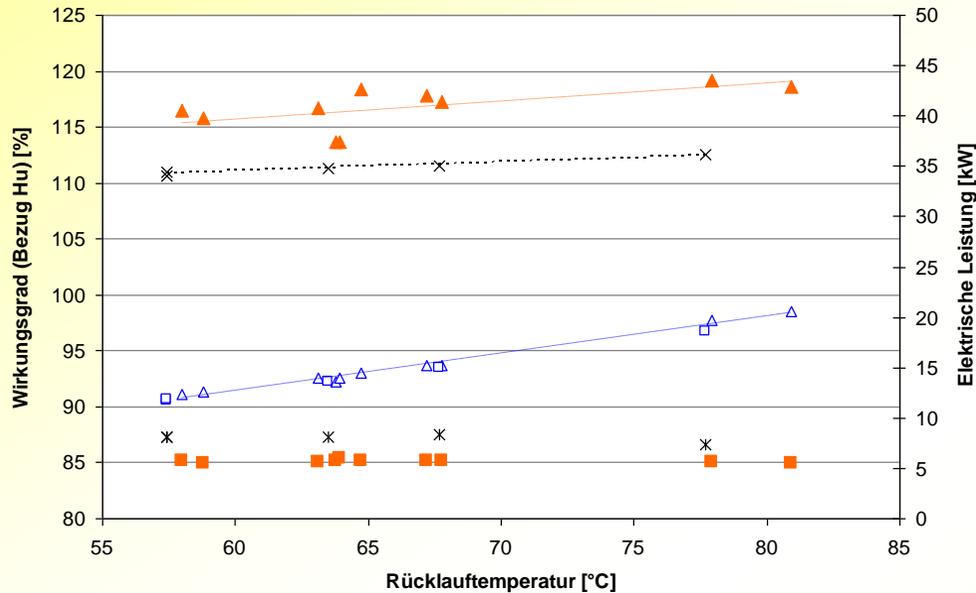
Ergebnisse Betriebsdaten Effizienz Wärmepumpe

COP (= Wärmeoutput / Strombedarf) vs. VL-Temperatur und Brennstoffwassergehalt



- | | |
|---|---|
| ▲ M50 Nenn-RG-Volumenstrom WP 100% mit ECO | ● M50 reduzierter RG-Volumenstrom WP 100% mit ECO |
| ■ M50 reduzierter RG-Volumenstrom WP 75% (ohne ECO) | △ M37 Nenn-RG-Volumenstrom WP 100% mit ECO |
| × M30 Nenn-RG-Volumenstrom WP 100% mit ECO | |

Wirkungsgrade und elektrische Leistung der Wärmepumpe bei Nennlast



Mxx ... Wassergehalt des Brennstoffs in %

Gesamt-Wirkungsgrad = (Kesselleistung + Heizleistung Wärmepumpe) / Brennstoffwärmeleistung

Kesselwirkungsgrad = Kesselleistung / Brennstoffwärmeleistung

Verwendete Primärenergiefaktoren (PEF) lt. OIB-Richtlinie 6; PEF Biomasse 1,08; PEF Strom 2,62

Primärenergie-Kesselwirkungsgrad = Kesselleistung / (Brennstoffwärmeleistung / PEF Biomasse)

Gesamt-Primärenergie-Wirkungsgrad = (Kesselleistung + Heizleistung Wärmepumpe) / (Brennstoffwärmeleistung / PEF Biomasse + elektr. Leistung Wärmepumpe / PEF Strom)



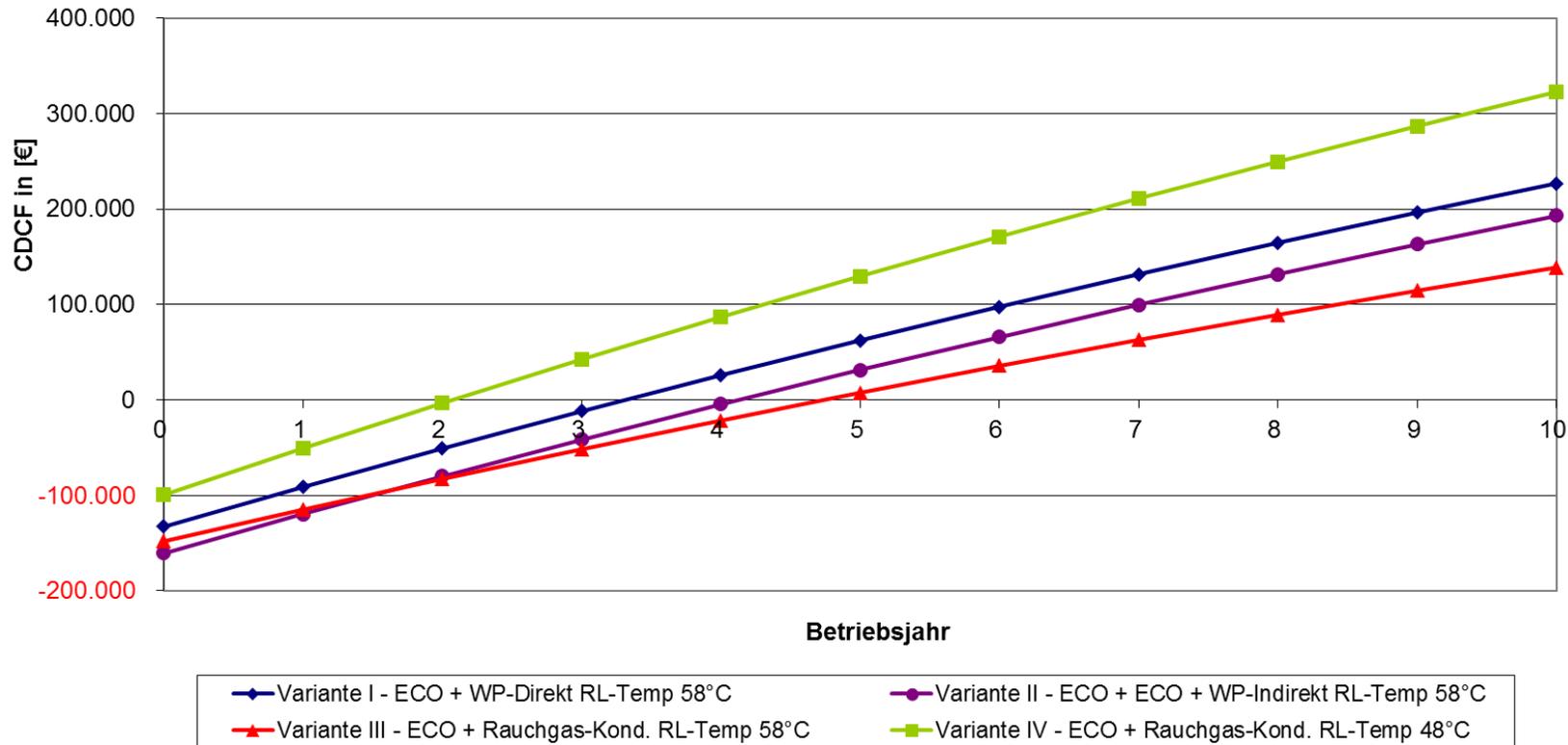
BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Wirtschaftlichkeit Grundlagen

- Vor Integration einer Wärmepumpe muss jedenfalls das Potential der direkten Wärmenutzung (Economiser, Rauchgaskondensation) mittels **Optimierung (Senkung) der Fernwärme-RL-Temperaturen** geprüft werden.
- Nach Ausschöpfung dieser Möglichkeiten kann **die Integration der Wärmepumpe analysiert** werden. Es sind die verschiedenen Anwendungsfälle zu unterscheiden:
 - **Neuprojekt: Möglichkeit der Verringerung der Kesselleistung prüfen**
 - **Integration in Bestandsanlage:**
 - Wird vorrangig **Spitzenlastbrennstoff verringert ?**
 - Ist alternativ zur Wärmepumpe ein **zusätzlicher Biomassekessel notwendig** (dieser hat in der Regel **geringe Auslastung**) ?
- **Ganzjahresberechnung inkl. Teillastzuständen unbedingt erforderlich, da COP variiert.**

Cash Flow Varianten I bis IV

Basisdaten: COP 5,0; Strompreis 110 €/MWh; Biomassepreis 25 €/MWh;
Indexierung 3 %/a; keine Investitionskostenförderung



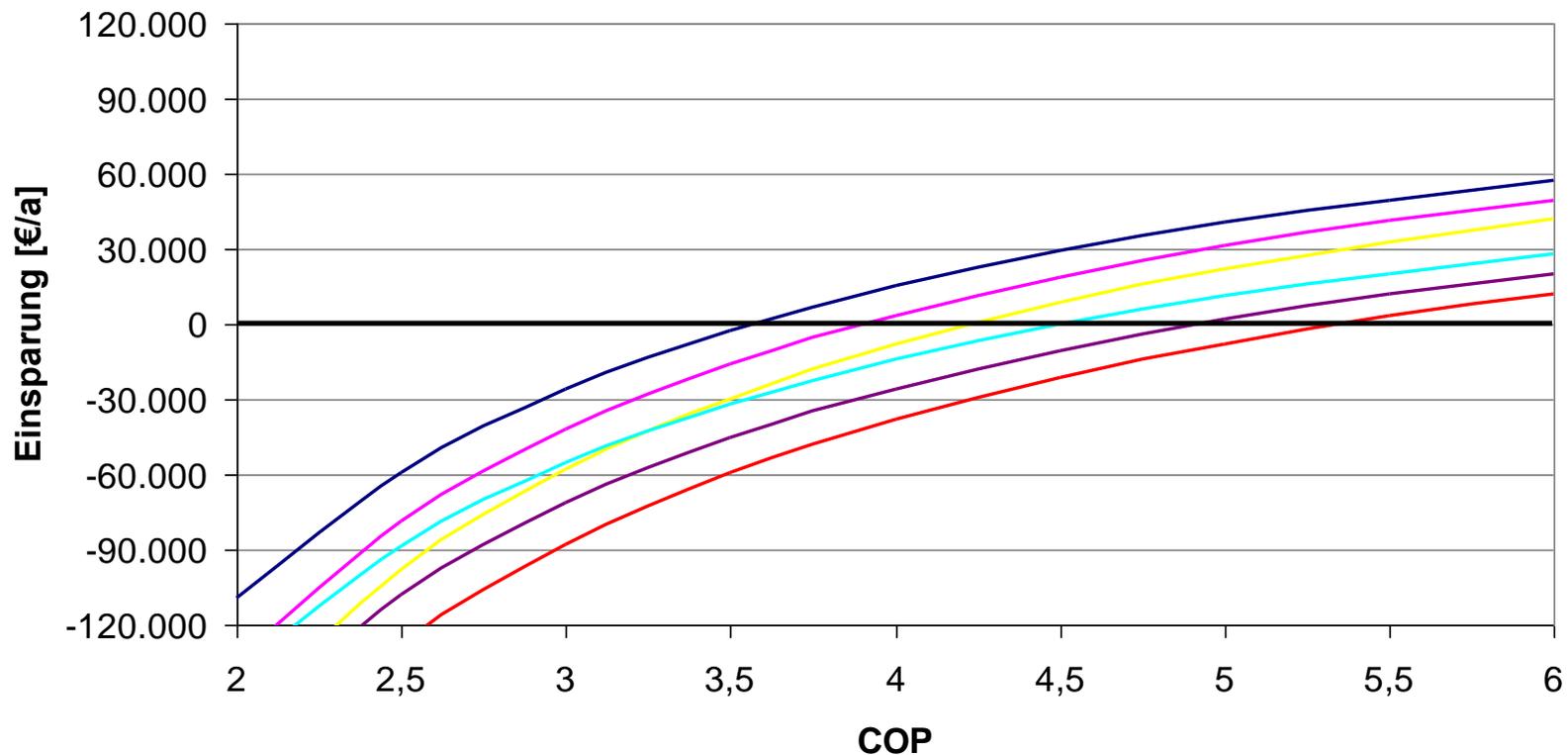
Erläuterung: Betrachtung eines Neuprojektes mit Biomassekessel von 3.700 kW (= Referenzfall); In Varianten I bis IV beträgt die Summe der Wärmeleistungen aus der Wärmerückgewinnung inkl. Wärmepumpe und dem Biomassekessel ebenfalls 3.700 kW.
Alle Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beziehen sich auf die Änderung gegenüber dem Referenzfall (= Biomassekessel ohne Wärmerückgewinnung)



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Sensitivitätsanalyse: Einsparungen vs. COP

Einsparung (Vollkosten) in Relation zum COP gesamt
Beispiel A - WP mit 1.000 kW Heizleistung



— Strompreis 100€/MWh; BM-Preis 25€/MWh
— Strompreis 120€/MWh; BM-Preis 25€/MWh
— Strompreis 110€/MWh; BM-Preis 20€/MWh

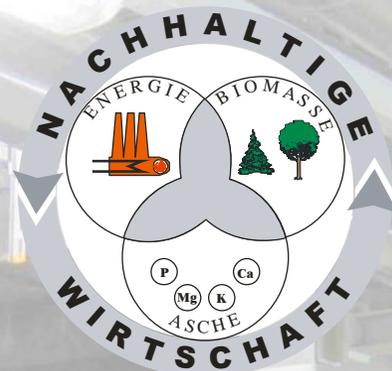
— Strompreis 110€/MWh; BM-Preis 25€/MWh
— Strompreis 100€/MWh; BM-Preis 20€/MWh
— Strompreis 120€/MWh; BM-Preis 20€/MWh



BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Empfehlungen und Ausblick

- **Effizienzmaßnahmen** in Biomasse-Heizwerken ist von relevanter Bedeutung – **energetisch, wirtschaftlich und förderungstechnisch**
- Um von der Volatilität des Ölpreises unabhängiger zu sein (Wärmepreisschwankungen, Spitzenlastabdeckung), sollen **vorhandene Wärmequellen im oder Nahe des Heizwerkes** ausgeschöpft werden
- **Optimierung des Fernwärmenetzbetriebs** (Stichwort: Temperaturabsenkungen) und anschließender Integration von Rauchgas-Wärmerückgewinnungsanlagen (mit/ohne Integration von Wärmepumpen) sind von besonderer Bedeutung
- Rauchgaskondensationsanlagen mit Wärmepumpen sind interessant wenn:
 - **Brennstoffen mit hohem Wassergehalt (> 30%)**
 - **Rücklauftemperaturen vom Netz hoch (> 55°C)**
- **Wirtschaftlichkeit** hängt von vielen lokalen individuellen Parametern ab, wobei die **Ganzjahresbetrachtung** essentiell ist.



Danke für die Aufmerksamkeit



BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH

Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz, Austria

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

E-MAIL: office@bios-bioenergy.at

Homepage: <http://www.bios-bioenergy.at>