

---

# FlexHKW – Flexibilisierung des Betriebs von Heizkraftwerken

Jahrestagung DBFZ, Leipzig, Oktober 2014

Side-Event BMWi-Förderprogramm energetische Biomassenutzung

---



**NEXT**  
KRAFTWERKE



*Koordiniert vom*



*Wissenschaftlich begleitet vom*



---

# Inhalt

---

- Projektmotivation /-zielsetzung
- Heizkraftwerke in Deutschland
- Techniken zur Flexibilisierung
- Vermarktungsmöglichkeiten
  
- Lösungsansatz an der Pilotanlage Wächtersbach



# Motivation und Projektziele

## Hauptziel:

- **Zusätzliche Kapazität in flexibler Stromerzeugung aus der Verbrennung von Biomasse gewinnen**

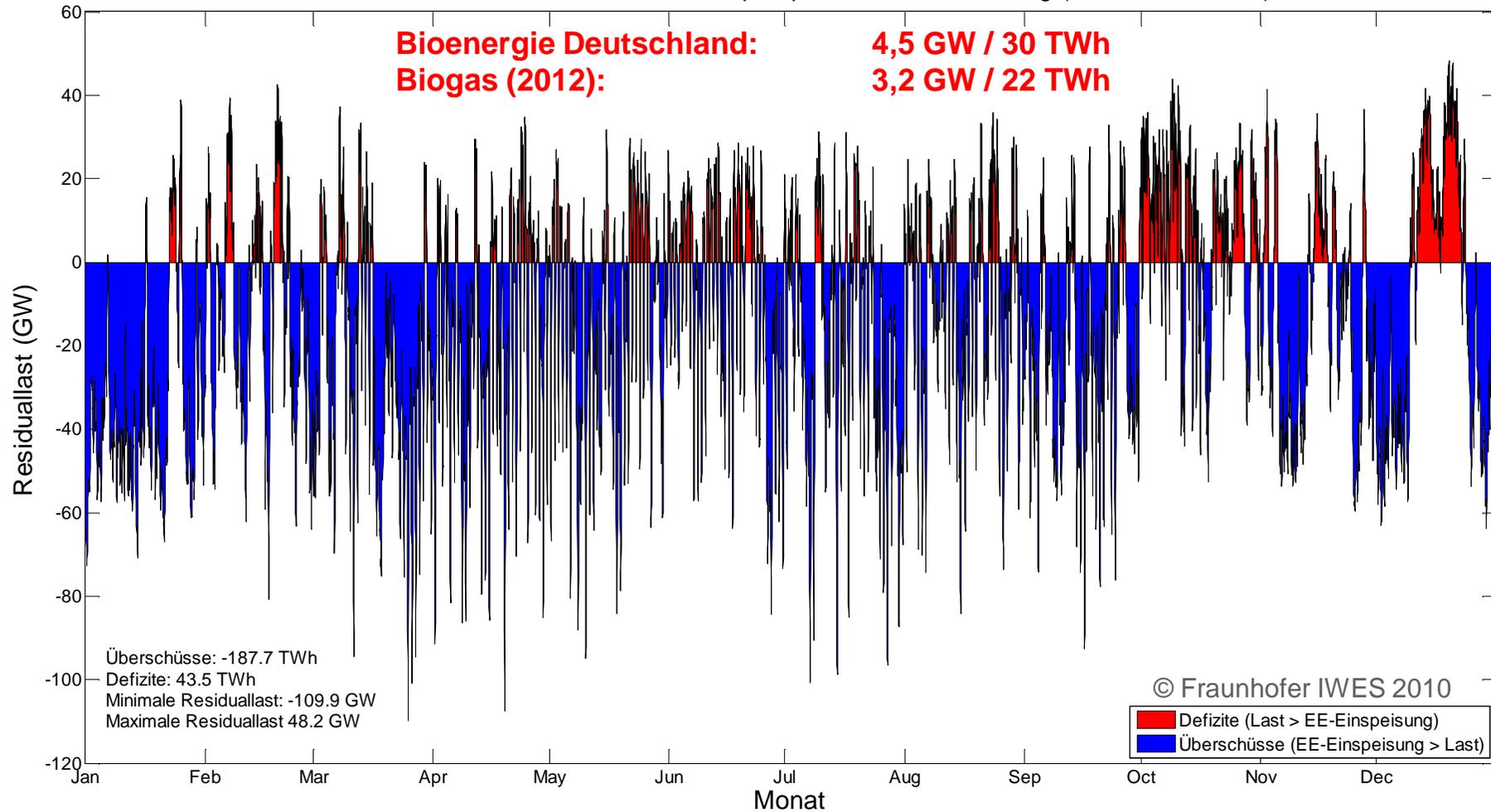
## Weitere Ziele:

- **Theoretische Grundlagen für HKWs**
  - **Verschiedene Anlagenarten**
  - **Flexibilitätpotential**
  - **Einschränkungen**
    - **Technische Einschränkungen**
    - **Einschränkungen durch Lieferverträge und Produktstruktur**
  - **Technische und wirtschaftliche Machbarkeit**
- **Demonstration der Machbarkeit an einer großtechnischen Pilotanlage**
  - **Vorschlag Maßnahmen**
  - **Umsetzung**
- **Erfahrungen auswerten und verbreiten**



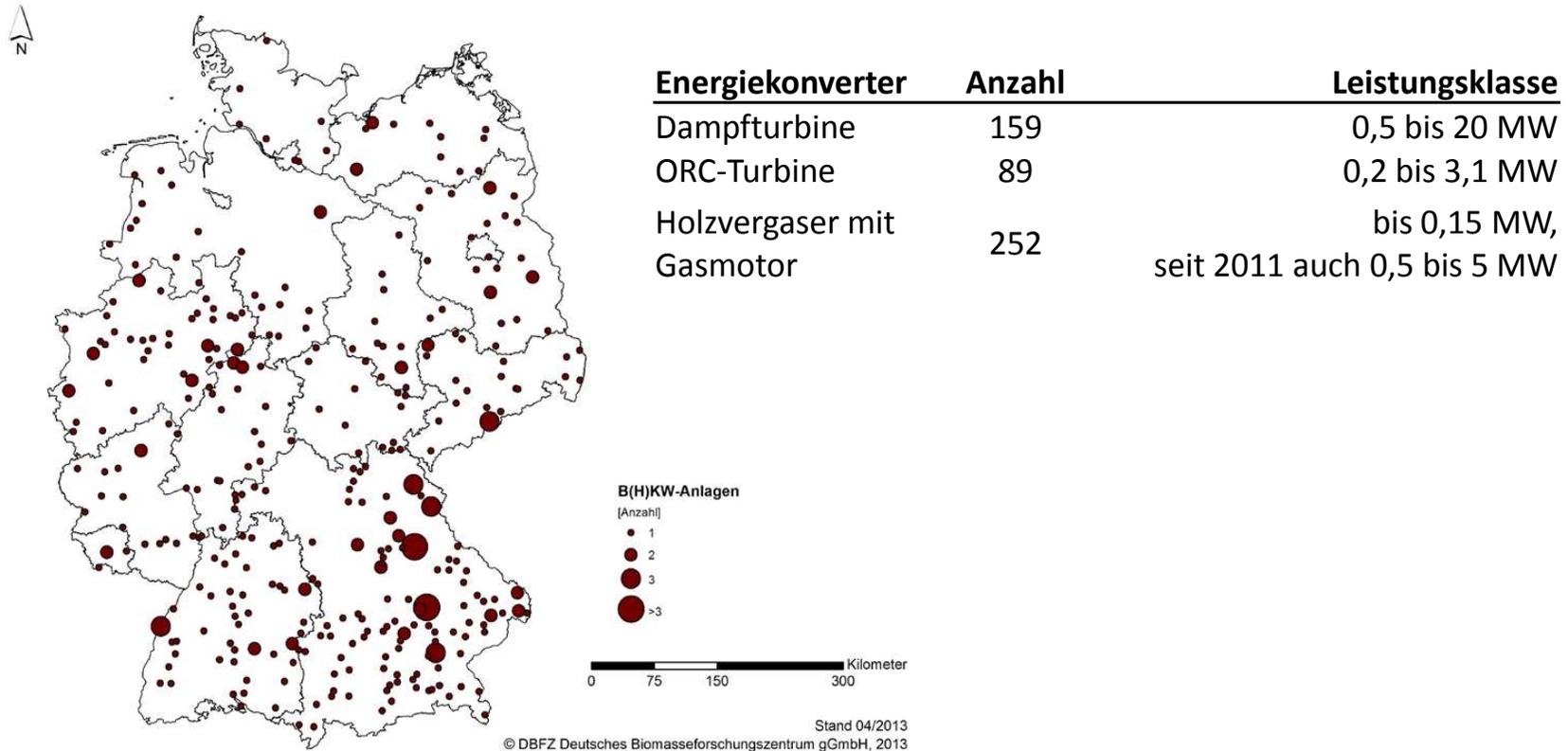
# Motivation und Projektziele

Residuallast ohne E-Mobilität, Wärmepumpen und Klimatisierung (Meteo-Jahr 2007)



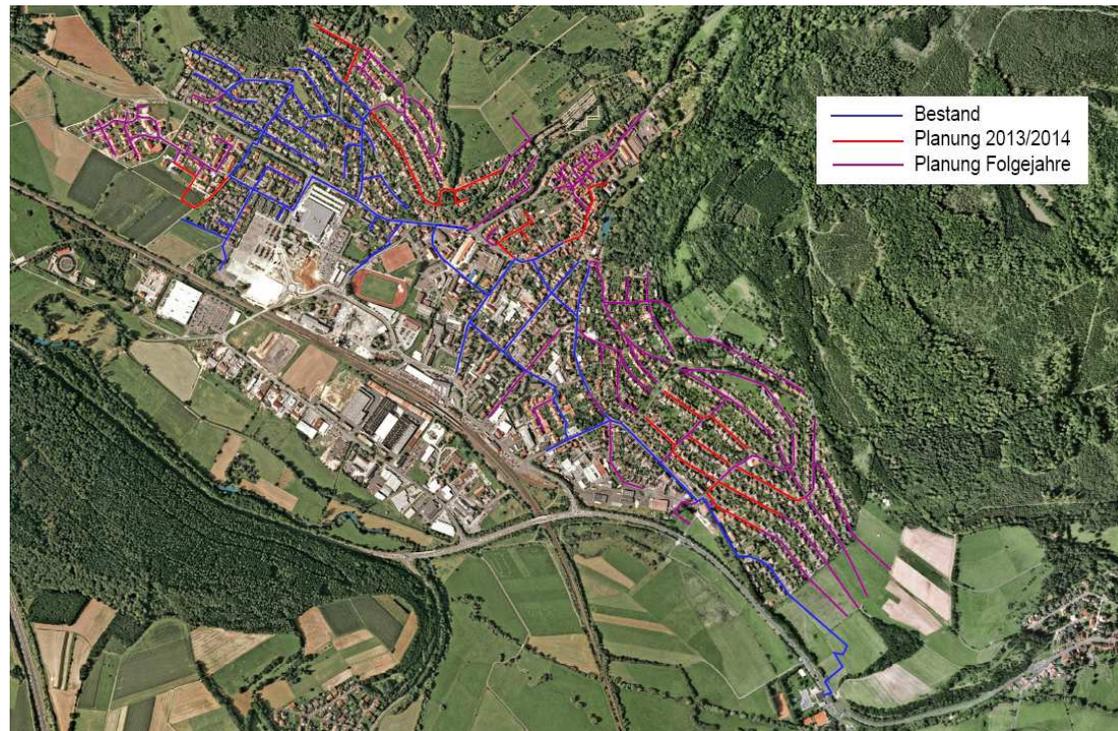
# Heizkraftwerke in Deutschland

## ■ Konversionstechniken für feste Biomasse in Deutschland (DBFZ 2013)



# Heizkraftwerke in Deutschland

- Zu betrachtende Eigenschaften hinsichtlich Flexibilisierung
  - Wärmebedarfsprofil
  - Brennstoff
  - Leistungsklasse
  - Feuerungstyp
  - Kesseltyp
  - Turbinentyp



---

# Techniken zur Flexibilisierung

---

- Regelung der Feuerung
- Dampfseitige Energiespeicher
- Turbinen-Bypass-Betrieb
- Variation der Dampfenntnahme
- Wärmelieferseitige Energiespeicher



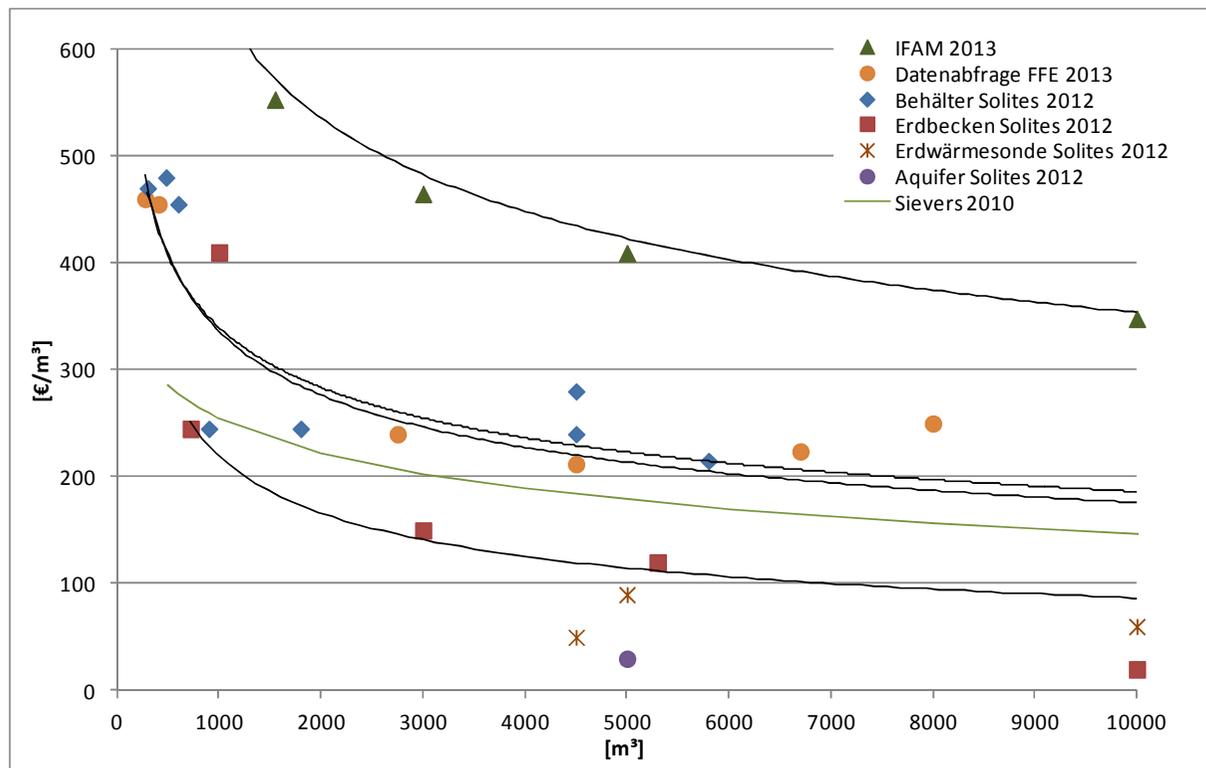
# Techniken zur Flexibilisierung

## ■ Derzeitige Recherche

	Techniken	Kosten	Flexibilität (Leistungsgradient, Dauer)	Marktdurchdringung
Regelung der Feuerung				
Dampfseitige Energiespeicher				
Turbinen-Bypass-Betrieb	ORC-Bypass nutzen	Ca. 10.000 € (IT + zus. Silikonöl)	100 %/min, 30 min, 60 h/a (Regelleistung)	
Variation der Dampfenahme				
Wärmelieferseitige Energiespeicher	Wärmeträger Wasser a. Behälter b. Erdbecken c. Aquifer d. Erdwärmesonde e. Druckbehälter	s. Folie	Projekte Solites (2012): a. 0,1-12.000 m <sup>3</sup> b. 700 -75.000 m <sup>3</sup> c. 5.000-35.000 m <sup>3</sup> d. 4.500-16.000 m <sup>3</sup> Bekannte Kostenangabe nach IUTA (2002): e. 0,1-20 m <sup>3</sup>	a. Hoch (V klein V), niedrig (V groß) b.-e. Niedrig

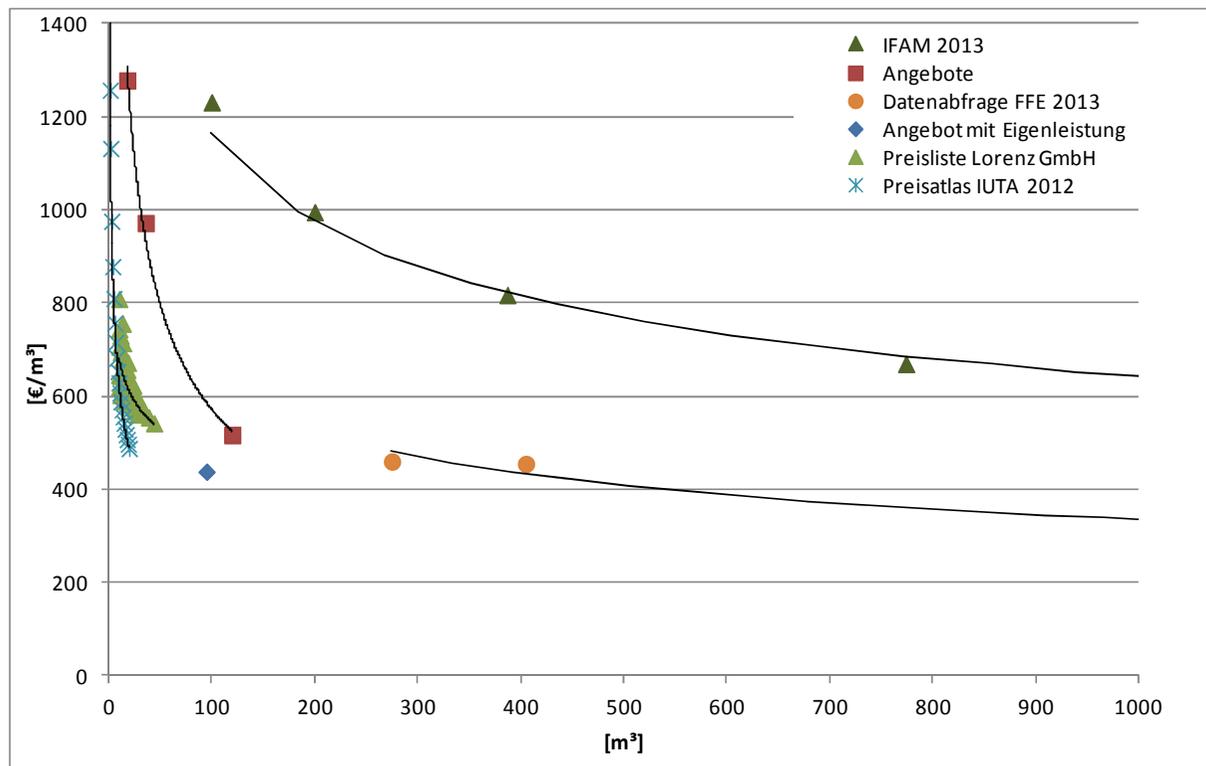
# Techniken zur Flexibilisierung

- Spezifische Investitionskosten Wärmespeicher 1.000 m<sup>3</sup> - 10.000 m<sup>3</sup> (Wasser)



# Techniken zur Flexibilisierung

## ■ Spezifische Investitionskosten Wärmespeicher bis 1.000 m<sup>3</sup> (Wasser)



---

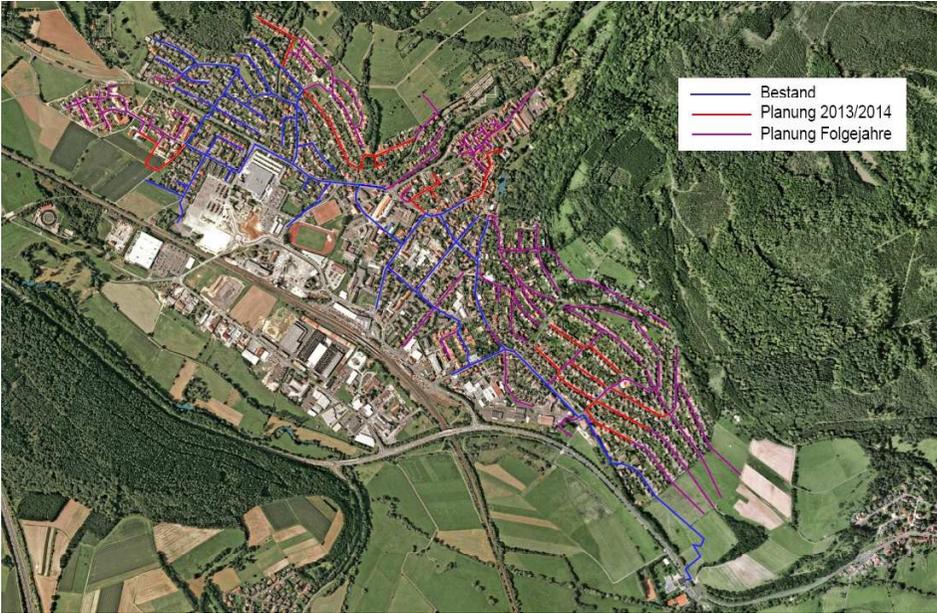
# Heizkraftwerke in Deutschland

---

## ■ Stellvertreter für Analyse des Erlöspotenzials

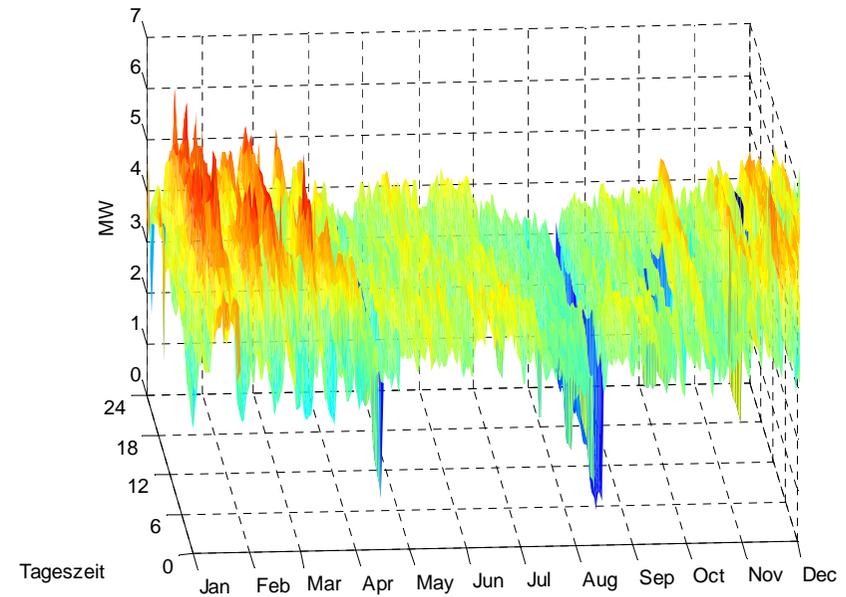
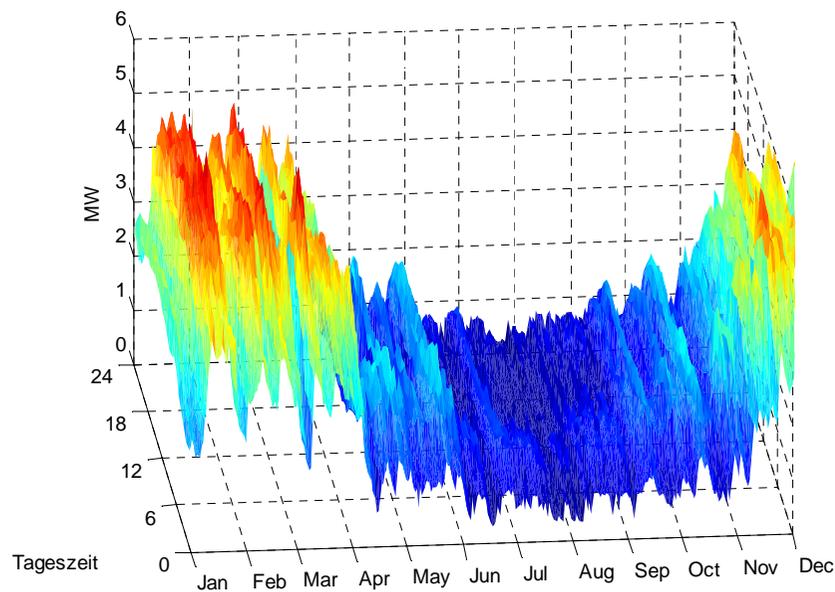
Wärmebedarfsprofil	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fernwärme</li><li>• industrielle Prozesswärme</li></ul>
Brennstoff	naturbelassenes Holz
Leistungsklasse	1 MW, 5 MW oder 20 MW
Feuerungstyp	Schräg-Vorschubrost
Kesseltyp	Wasserrohrkessel bzw. Thermoölkessel (ORC)
Turbinentyp	<ul style="list-style-type: none"><li>• ORC-Turbine</li><li>• Gegendruckturbine</li><li>• Heizzurbine</li><li>• Gegendruckturbine in Kombination mit Kondensationsturbine</li><li>• Entnahme-Kondensationsturbine</li></ul>

# Bioenergie Wächtersbach



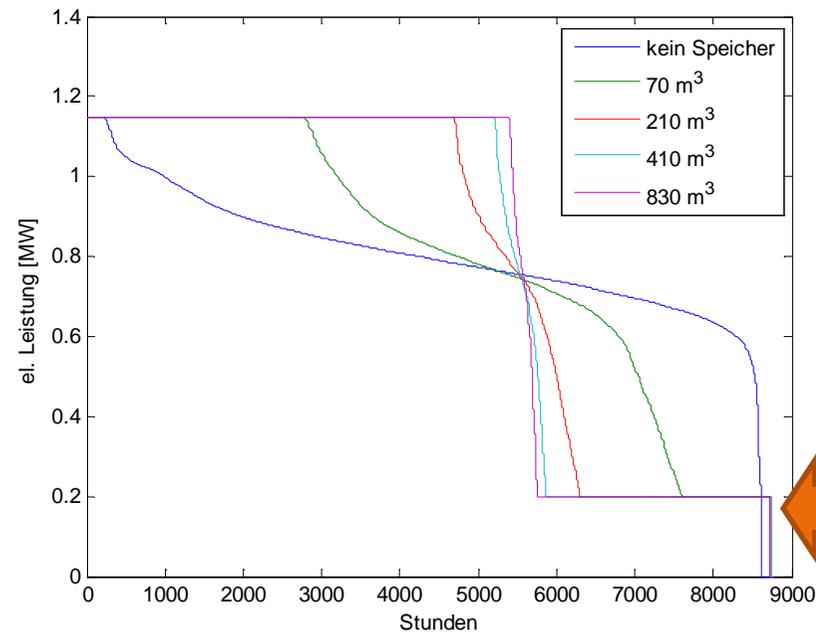
# Pilotanlage

- Fernwärmenetz Wächtersbach
- Wärmeabnahme bei Kunden (links) und Wärmeerzeugung (rechts)



# Vermarktungsmöglichkeiten

- Simulation Betrieb der ORC-Anlage, Ölkessel und verschiedenen Speichergrößen ( $\Delta T = 50 \text{ K}$ ) in Einsatzoptimierung
  - Wärmeerzeugung aus Anlageneinsatz gleich Wärmeerzeugung aus Messwerten
  - Dauerlinien des Anlageneinsatzes:



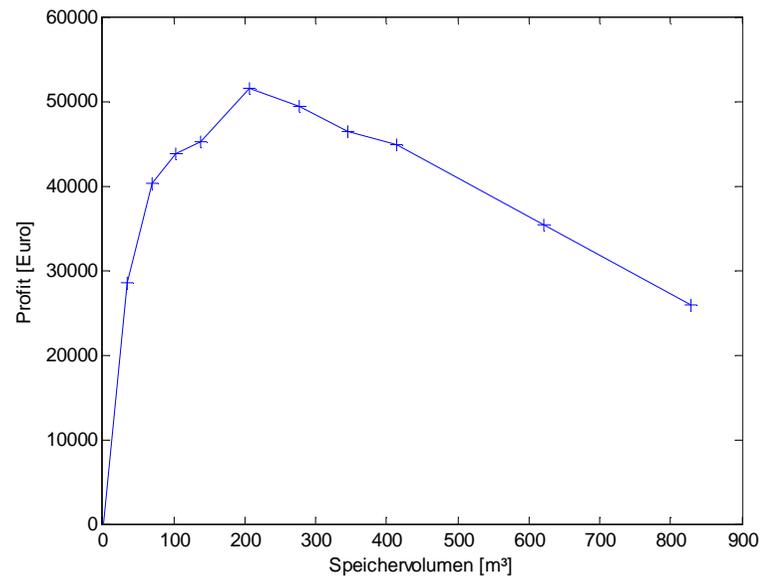
← Trotz starker Wirkungsgradverluste hohe Anzahl Betriebsstunden in Teillast, wegen hoher Kaltstartkosten

---

# Vermarktungsmöglichkeiten

---

- Gewinn aus Einsatz von Wärmespeicher (Differenz zu ohne Speicher)
  - Speicherkosten nach IFAM 2013, 7% Zins, 15 Jahre Abschreibung



---

# Lösungsansatz an der Pilotanlage Wächtersbach

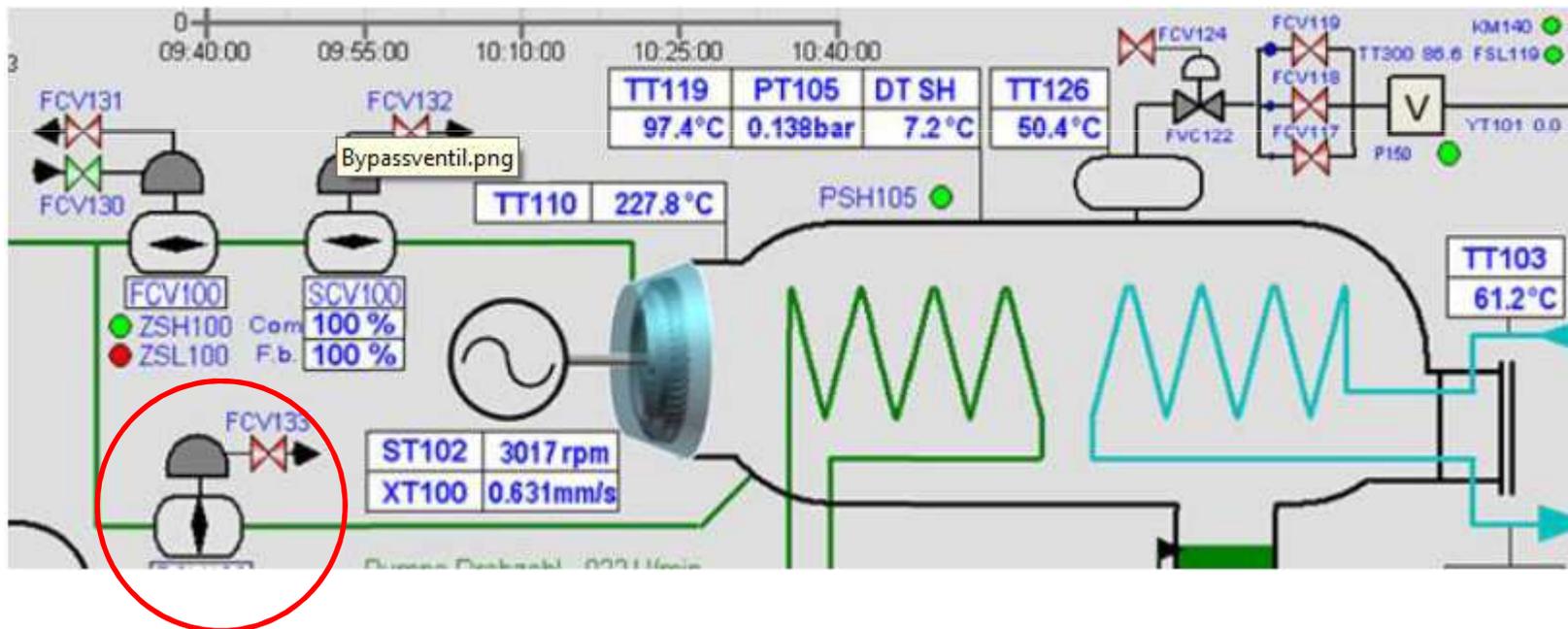
---

■ Bypass-Betrieb der ORC-Turbine

	Alternative 1: Thermoöl über Wärmetauscher	Alternative 2: Regelung über Bypassventil der ORC- Turbine
Vorteil		Schnelle, präzise Regelung zur Leistungsreduktion
Nachteil	Wärmetauscher nur für Notbetrieb Umbau der Ansteuerung	Herstellerempfehlung: 10 Mal pro Monat à ≤ 30 min

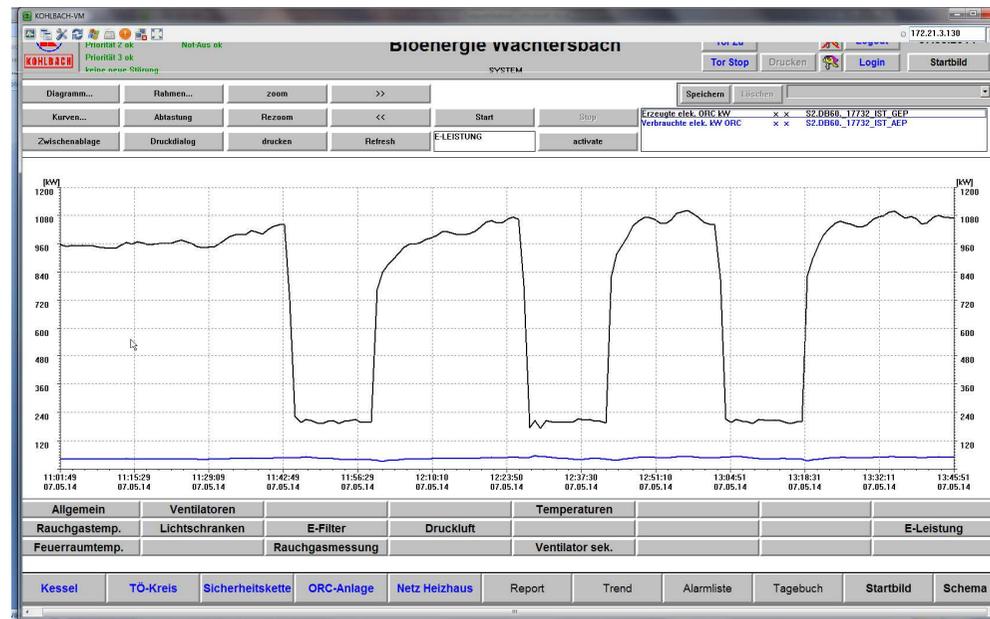
# Lösungsansatz an der Pilotanlage Wächtersbach

- Regelung über Bypassventil der ORC-Turbine



# Lösungsansatz an der Pilotanlage Wächtersbach

- Erster Testlauf: 2 Minuten für Leistungsreduktion, 11 Minuten bzw. 4 Minuten für Leistungserhöhung
- Weitere Optimierung der Regelung um Anforderungen der Sekundärregelleistung bei Leistungserhöhung zu erreichen



---

# Zusammenfassung

---

- Biomasseheizkraftwerke haben das Potenzial für einen flexiblen Betrieb
- Ausgewählte, repräsentative Anlagenkonzepte werden für flexible Anwendung im Strom- und Regelleistungsmarkt simuliert.
- Wärmespeicher spielen eine zentrale Rolle, derzeitige Randbedingungen sind für Investitionsentscheidung nicht förderlich
- Regelleistung voraussichtlich einziger Markt für die Flexibilität der Biomasse-Heizkraftwerke. Kurzfristige Regelungsmöglichkeiten, insbesondere zur Leistungsreduktion.
- Erste erfolgsversprechende Versuche mit Doppelhöckerkurve bei Pilotanlage. Weitere Maßnahmen müssen noch eingehend geprüft werden.

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



Dr. Bernd Krautkremer  
Fraunhofer IWES  
[bernd.krautkremer@iwes.fraunhofer.de](mailto:bernd.krautkremer@iwes.fraunhofer.de)

