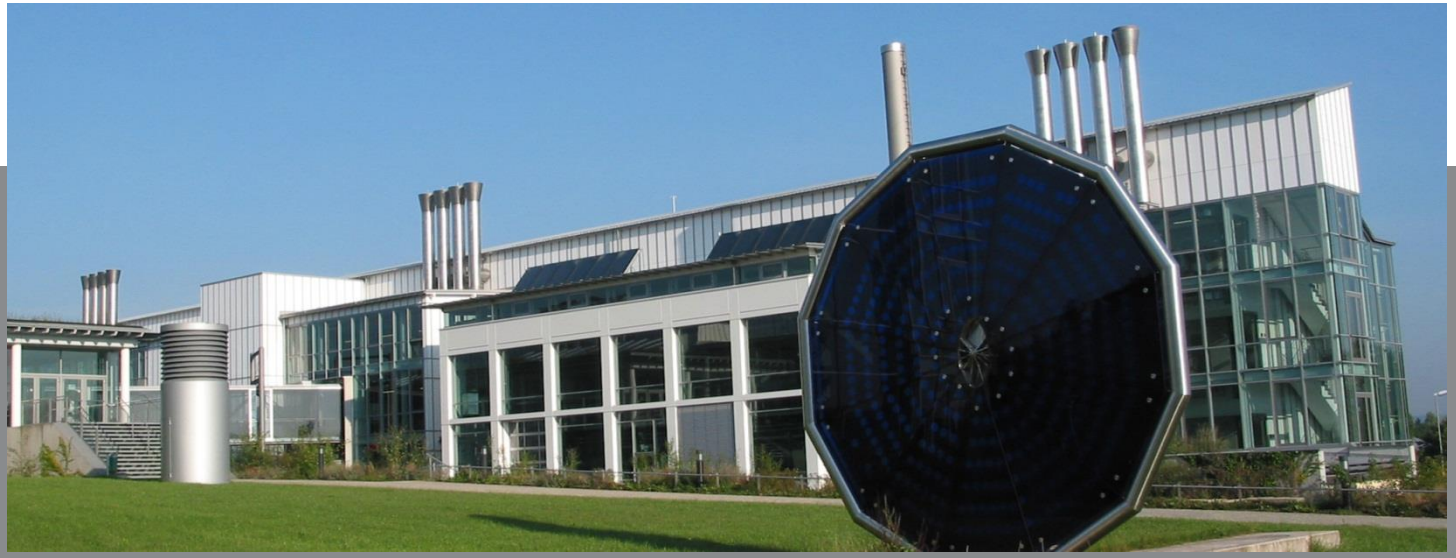


Organic Rankine Cycle Anlagen mit Mikro-Expansionsturbine und thermischem Speicher

3. Schweizer ORC-Symposium, Hochschule Luzern, 11.11.2016

M. Preißinger, D. Brüggemann

UNIVERSITÄT BAYREUTH

ZET Zentrum für Energietechnik

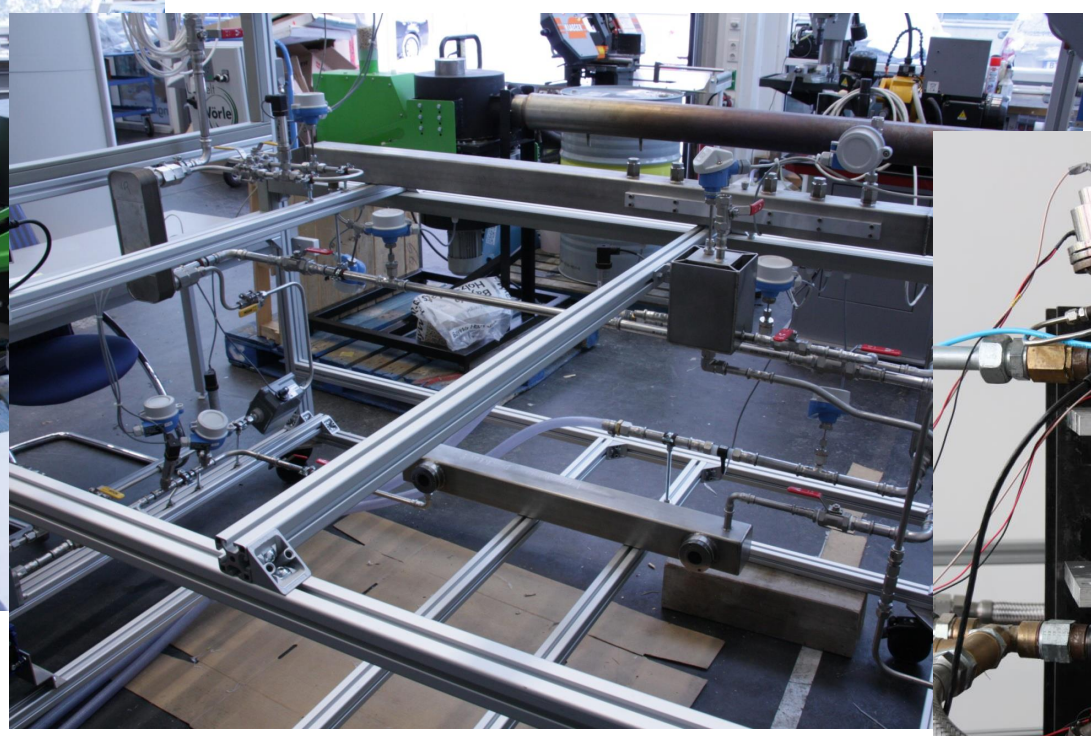
Verwertung industrieller Abwärme

Was Sie in den nächsten 20 Minuten erwartet

1. Von wo kamen wir und was haben wir in den letzten Jahren erlebt?
2. Wie ist der derzeitige Stand der Technik bei Direktverdampfung und Mikro-Expansionsturbinen?
3. Wie ist die Integration von thermischen Speichern möglich?

Lehrjahre

Erstes Projekt mit gesamtem ORC



2009

Lehrjahre

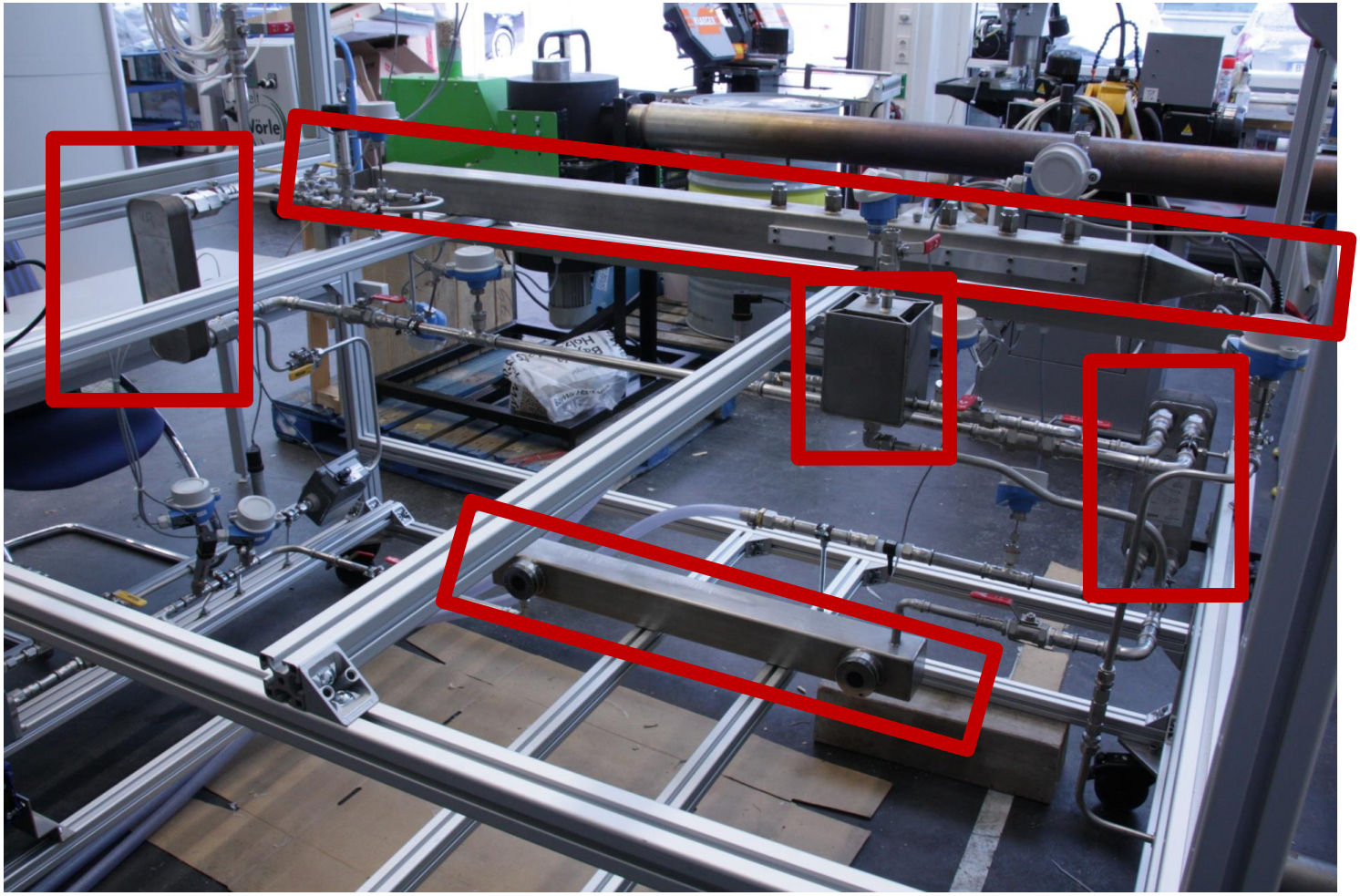
Erstes Projekt mit gesamtem ORC

- Holzpelletbrenner funktioniert ohne Probleme
- Anbindung des Brenners an den ORC problematisch

→ Holzpelletbrenner ist nie in Kombination mit dem ORC in Betrieb gegangen

Lehrjahre

Erstes Projekt mit gesamtem ORC



2009

Lehrjahre

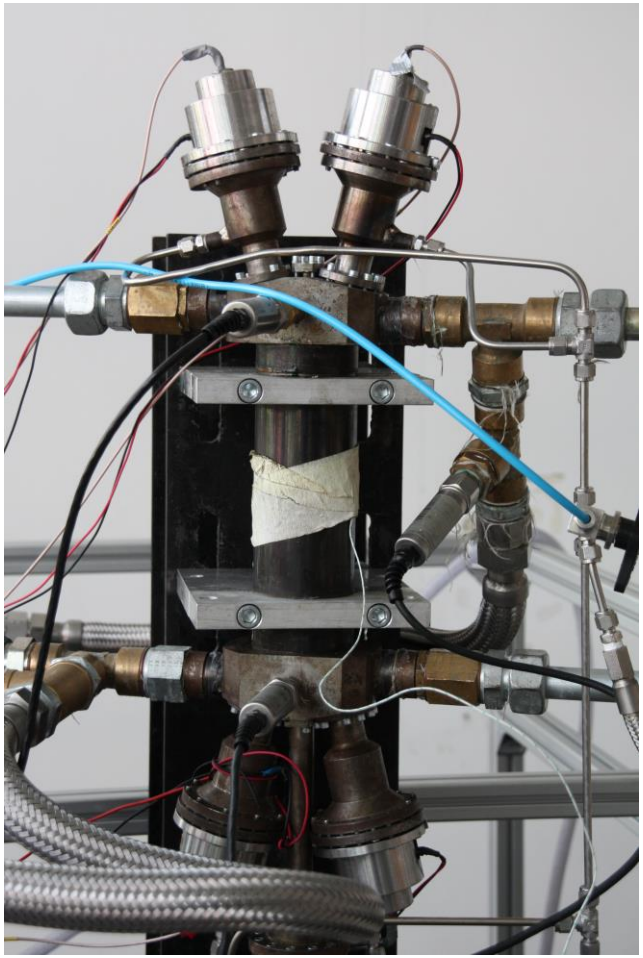
Erstes Projekt mit gesamtem ORC

- ORC-Anlagen dürfen auch in der universitäre Forschung nicht zu klein gebaut werden
- Thermische Systeme verzeihen viele, aber nicht alle Fehler in der Auslegung

→ ORC war über den Drossel-Bypass dauerhaft in Betrieb und stabil

Lehrjahre

Erstes Projekt mit gesamtem ORC



- Kein ORC ohne Entspannungsaggregat!
- Doppeltwirkende Hubkolbenmaschinen theoretisch attraktiv, praktisch schwer umsetzbar

→ ORC hat kurzzeitig Strom in das Uni-Netz eingespeist, ein dauerhafter Betrieb war jedoch nie möglich

Demonstratoren

ORC-Minikraftwerk

Entwicklung eines ORC-Minikraftwerks zur Abwärmenutzung

Hauptziele:

- Direktverdampfung bei 350 °C
- Turbinengeneratoreinheit im Leistungsbereich von 15 kW
- Vollfunktionsfähiger Demonstrator inkl. Luftkühler

ZET Zentrum für Energietechnik

Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

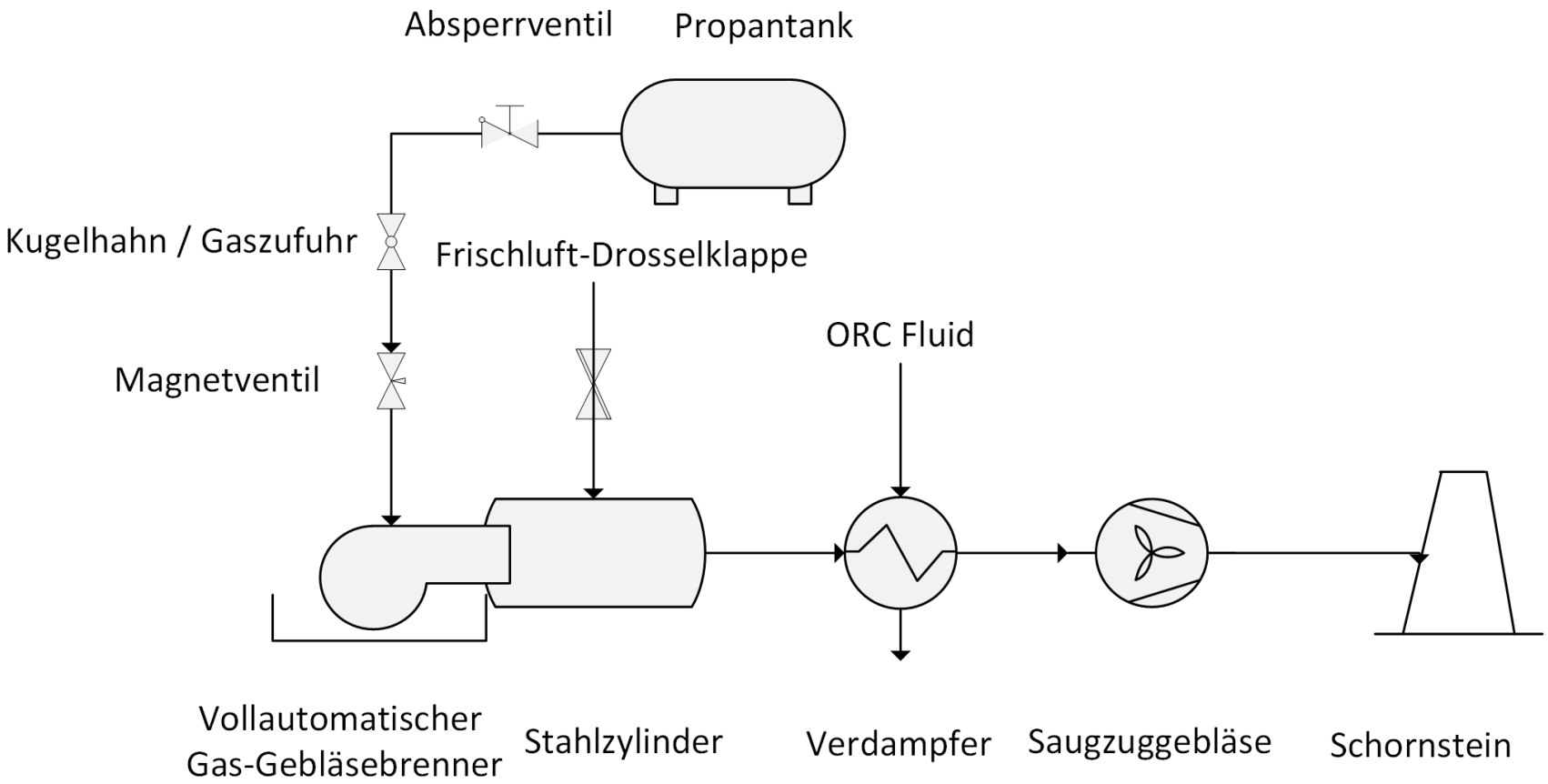
DEPRAG

Bayerische Forschungsstiftung

2011-2014

Lehrjahre

BFS-Projekt Mini-ORC-Kraftwerk



→ Wärmeeinkopplung ist selbst unter Universitätsbedingungen ein Problem!

Verwertung industrieller Abwärme

Was Sie in den nächsten 20 Minuten erwartet

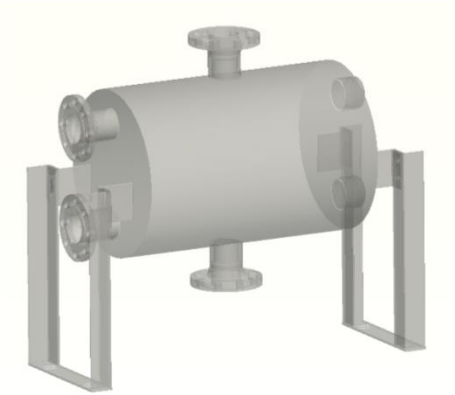
1. Von wo kamen wir und was haben wir in den letzten Jahren erlebt?

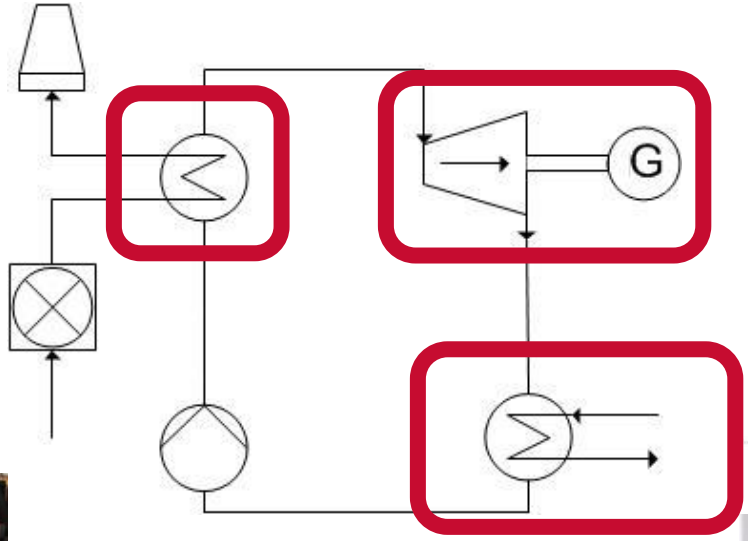
2. Wie ist der derzeitige Stand der Technik bei Direktverdampfung und Mikro-Expansionsturbinen?

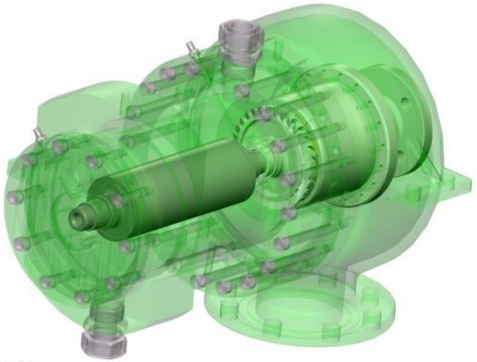
3. Wie ist die Integration von thermischen Speichern möglich?

Demonstratoren

ORC-Minikraftwerk







2011-2014

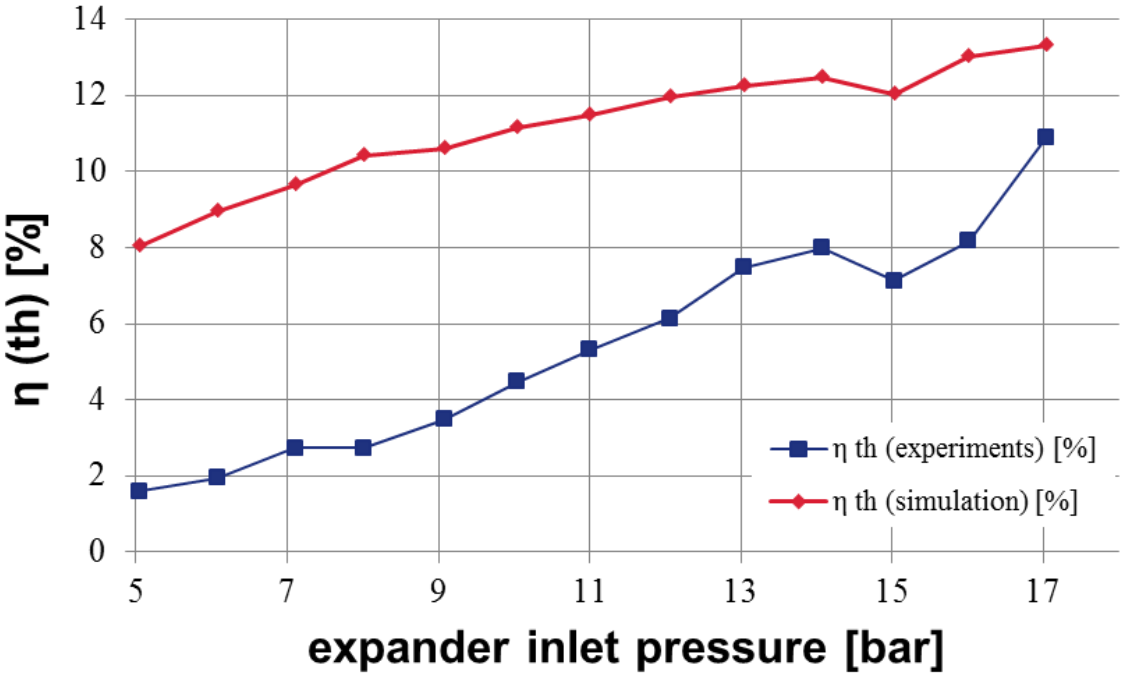
Demonstratoren

ORC-Minikraftwerk

2011-2014

Demonstratoren

ORC-Minikraftwerk



10,9 % experimentell ↔ 12,2 % simulativ

Aber: Betriebspunkt im Teillastbereich

2011-2014

Demonstratoren

ORC-Minikraftwerk

	Simulation	Experiment	
P (turb)	16,7 kW $\eta_{turb,is}$ = 0,64	12,8 kW $\eta_{turb,is}$ = 0,67	▪ Teillast mit 85 % der nominalen Wärmeleistung ▪ Experimenteller Wirkungsgrad höher als numerischer
P (gen)	15 kW η_{gen} = 0,90	11,2 kW η_{gen} = 0,88	Generator erreicht in etwa den erwarteten Wirkungsgrad
P (pump)	0,7 kW	1,4 kW	Pumpenleistung deutlich höher als erwartet

2011-2014

Demonstratoren

Innovative Verfahren der KWK

Kompetenzzentrum Kraft-Wärme-Kopplung:
Handlungsfeld Innovative Verfahren der KWK

Hauptziele:

- Direktverdampfung bei 500 °C
- Turbinengeneratoreinheit im Leistungsbereich von 12 kW mit drei unterschiedlichen Turbinentypen
- Aufbau eines ORC-Testfelds

ZET Zentrum für Energietechnik

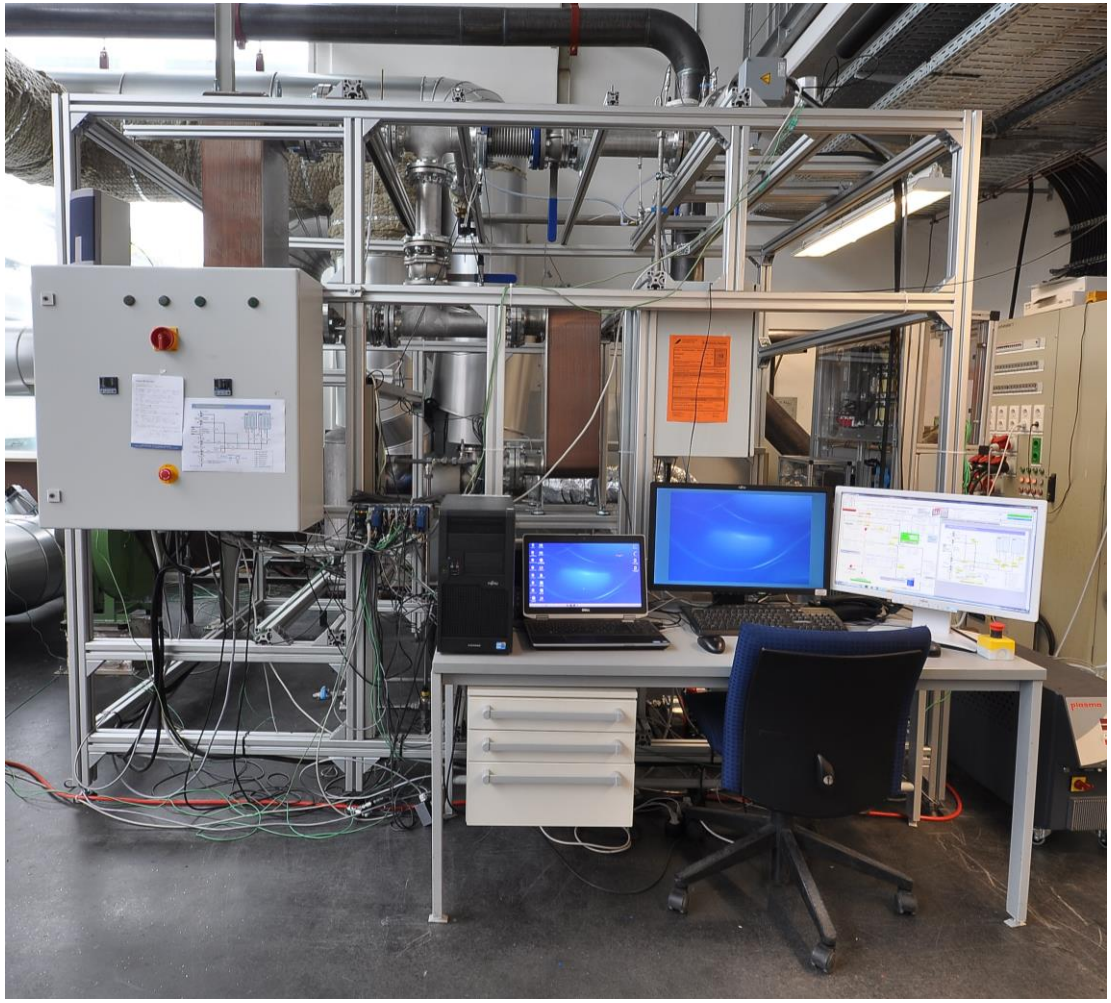
Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

DEPRAG

KWK Kompetenzzentrum für Kraft - Wärme - Kopplung

Demonstratoren

Innovative Verfahren der KWK

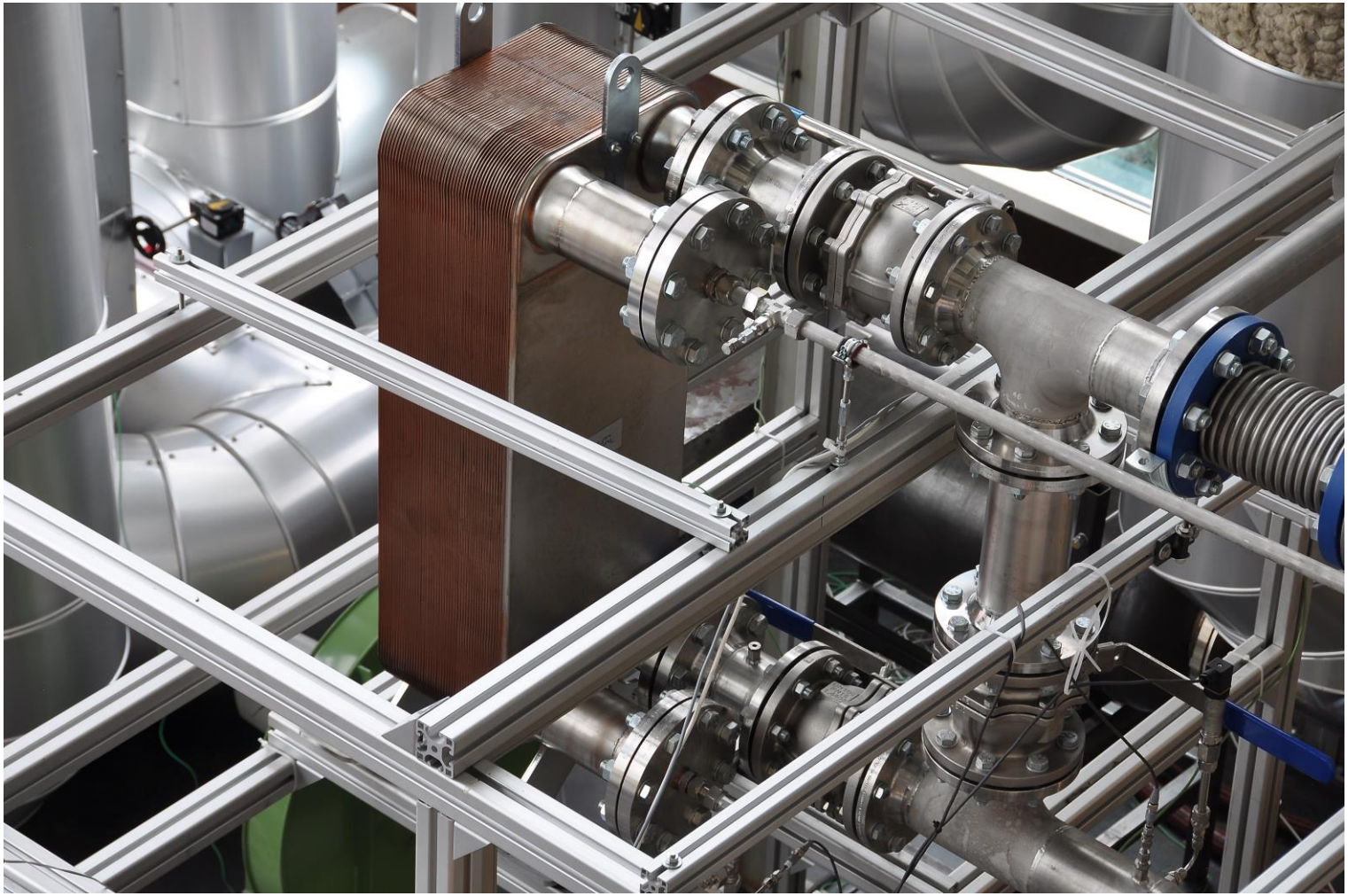


- Arbeitsfluid: Hexamethyldisiloxan (MM)
- Leistung: 12 kW_{el}
- Wärmequelle: <= 500°C
  - Gasbrenner
- Expander:
  - Axialturbine
  - Radialturbine
  - Cantilever-Turbine
- Interner Rekuperator

2014-2016

Demonstratoren

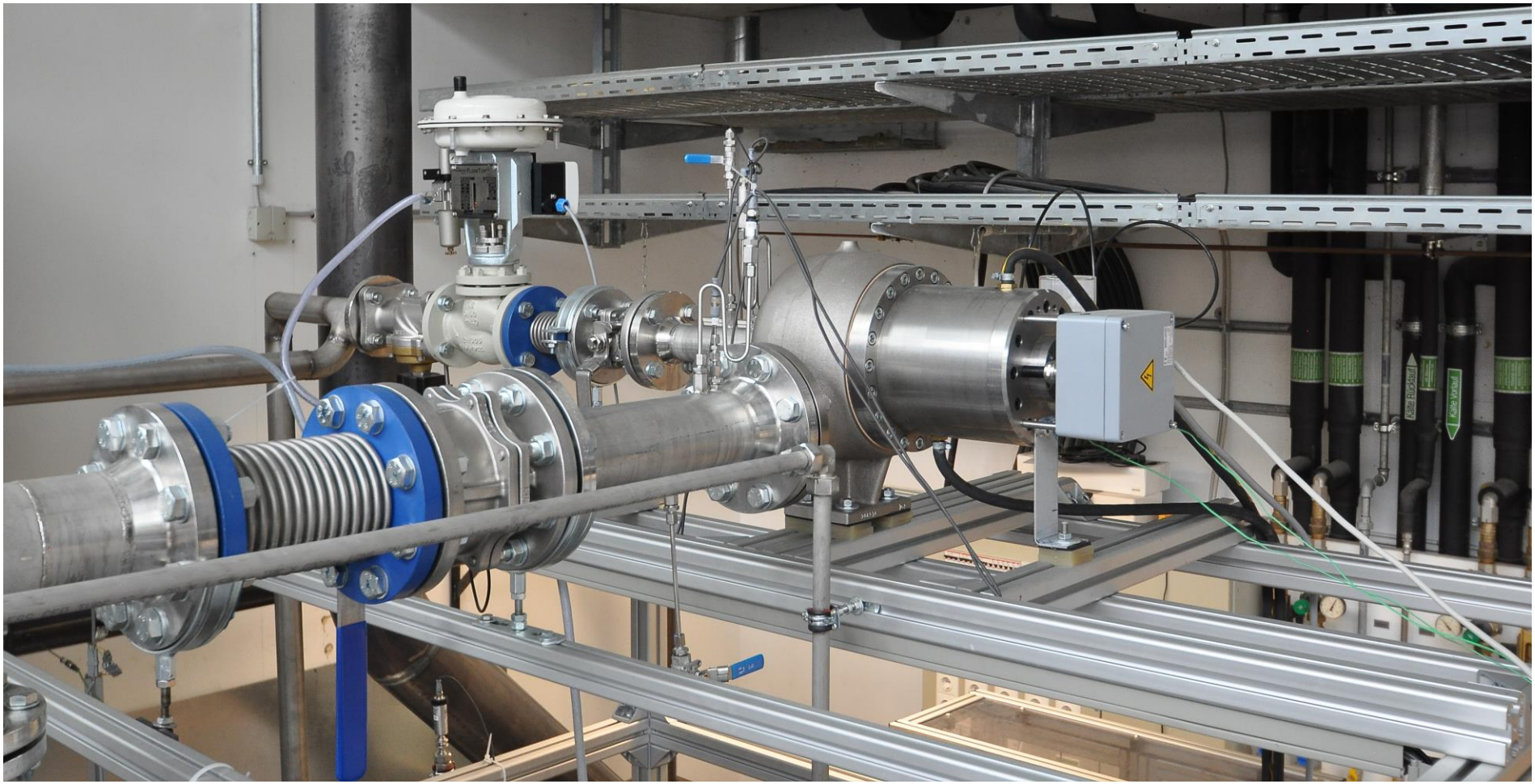
Innovative Verfahren der KWK



2014-2016

Demonstratoren

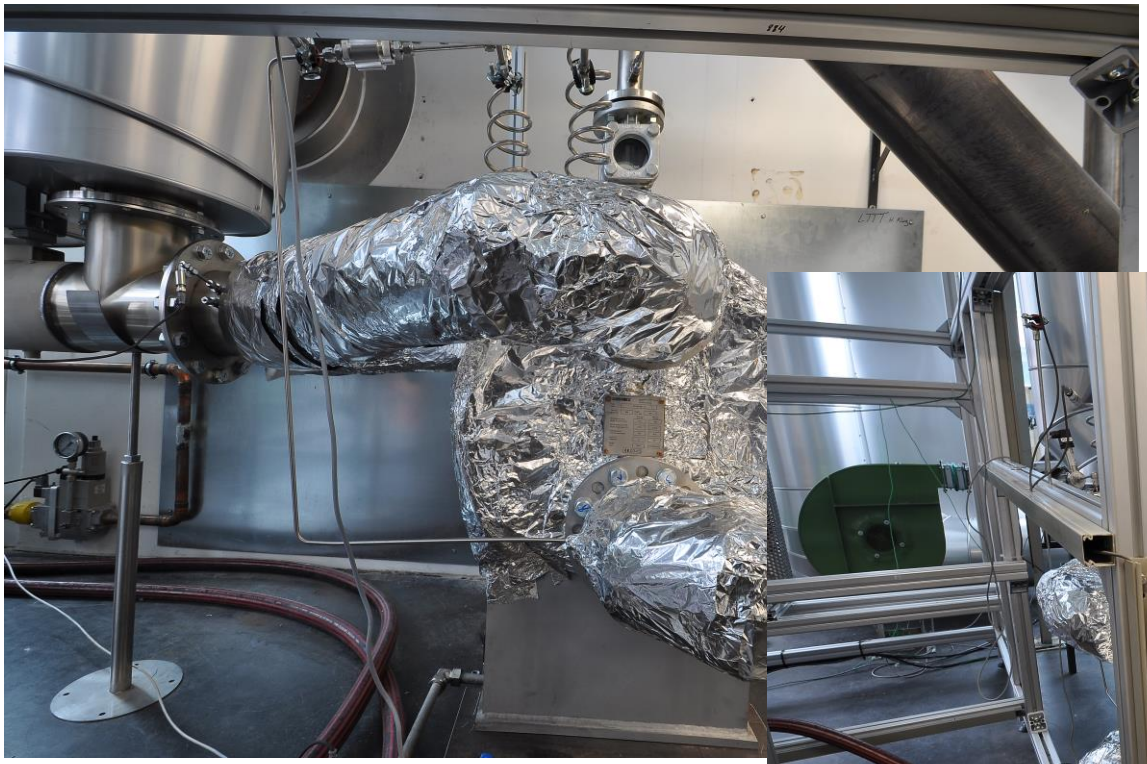
Innovative Verfahren der KWK

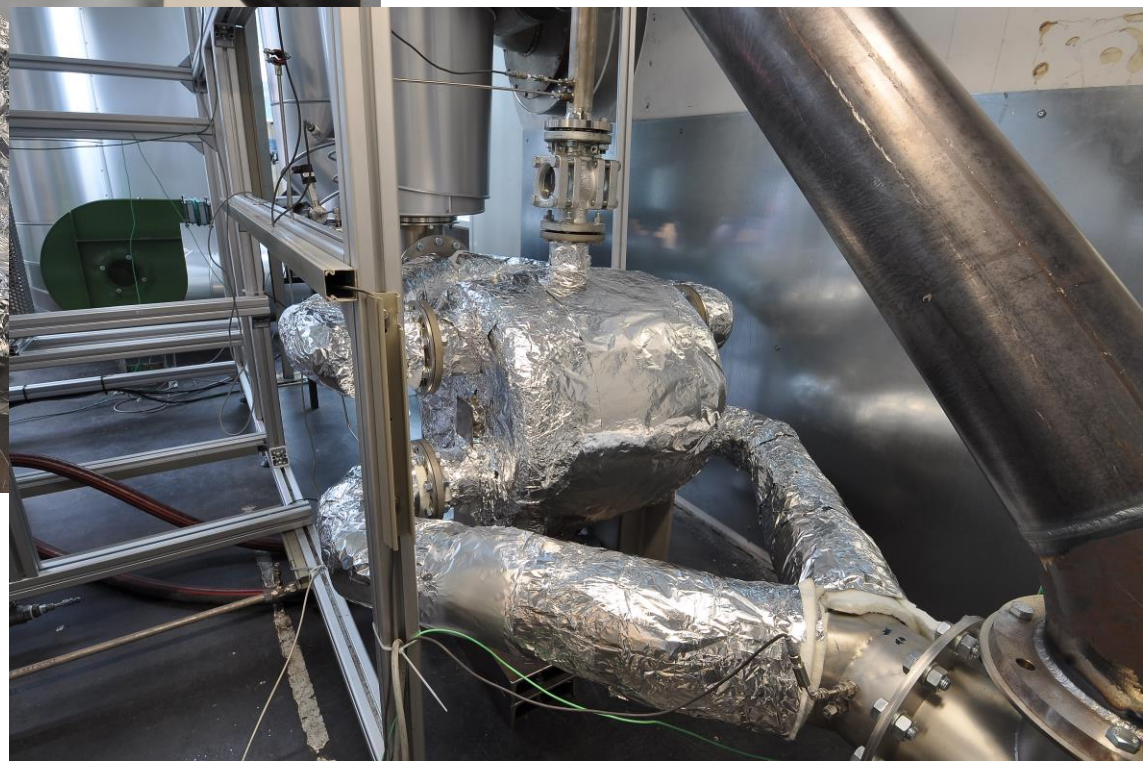


2014-2016

Demonstratoren

Innovative Verfahren der KWK





2014-2016

Demonstratoren

Innovative Verfahren der KWK

2014-2016

Demonstratoren

Innovative Verfahren der KWK

2014-2016

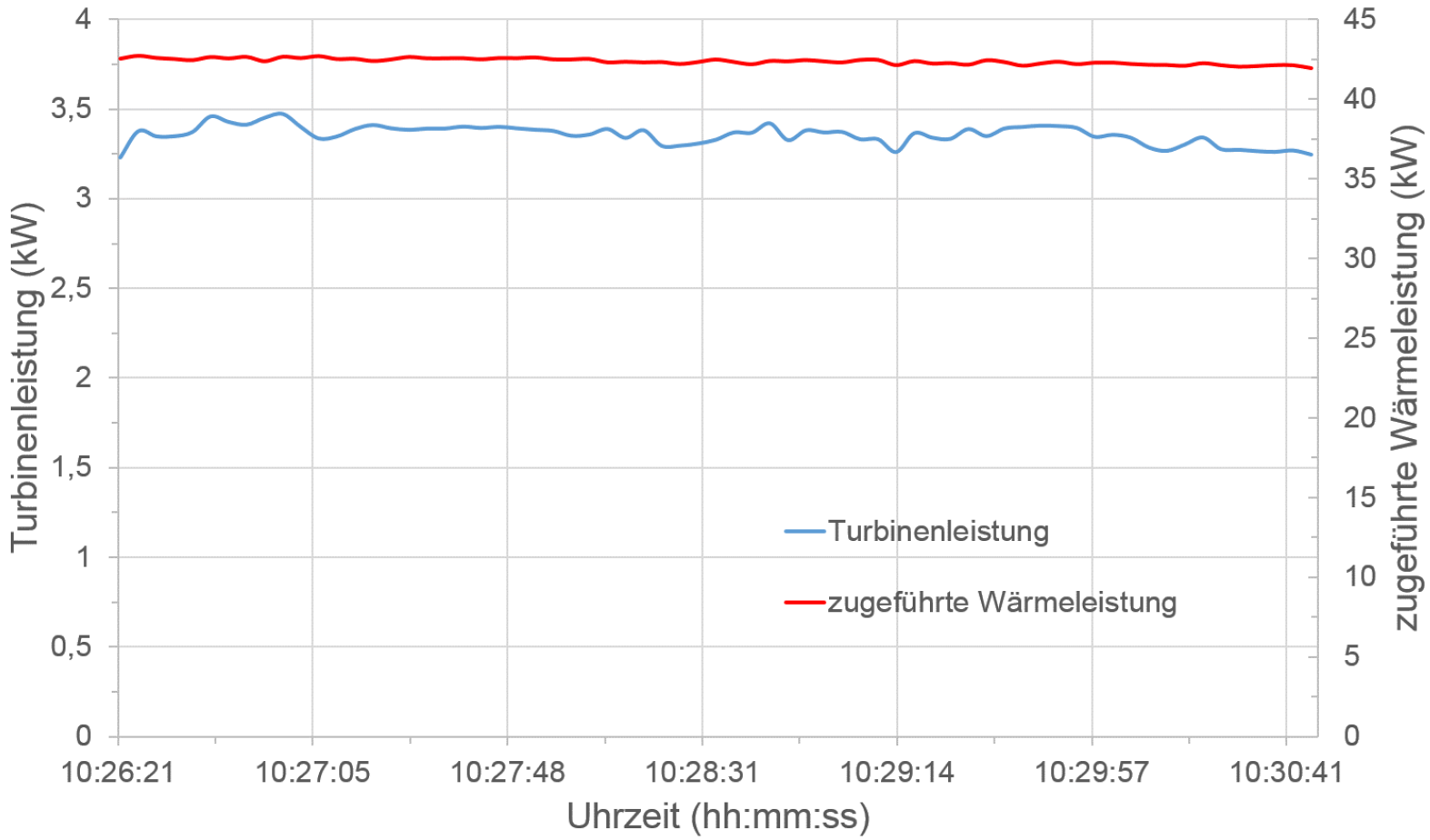
Demonstratoren

Innovative Verfahren der KWK

2014-2016

Demonstratoren

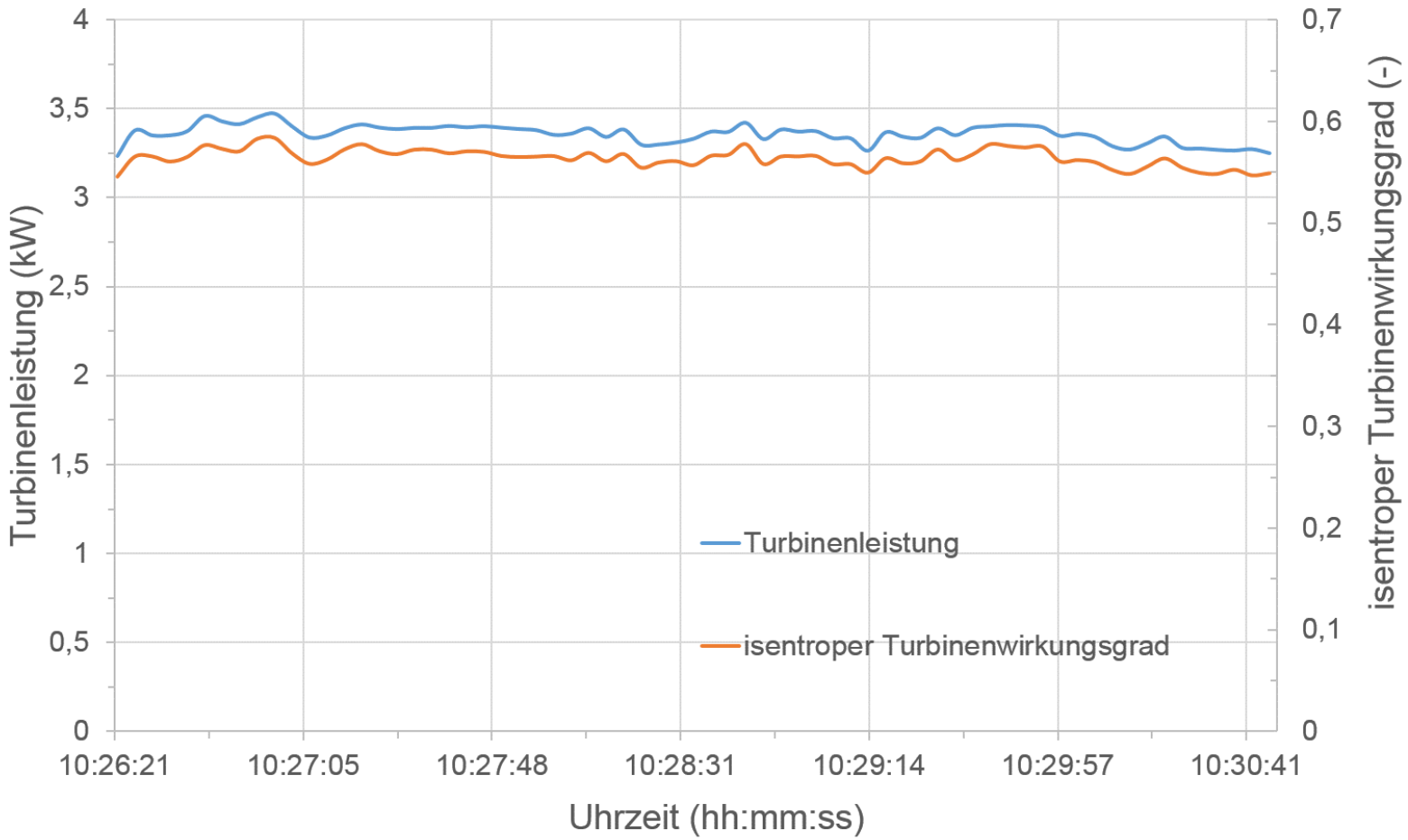
Innovative Verfahren der KWK



2014-2016

Demonstratoren

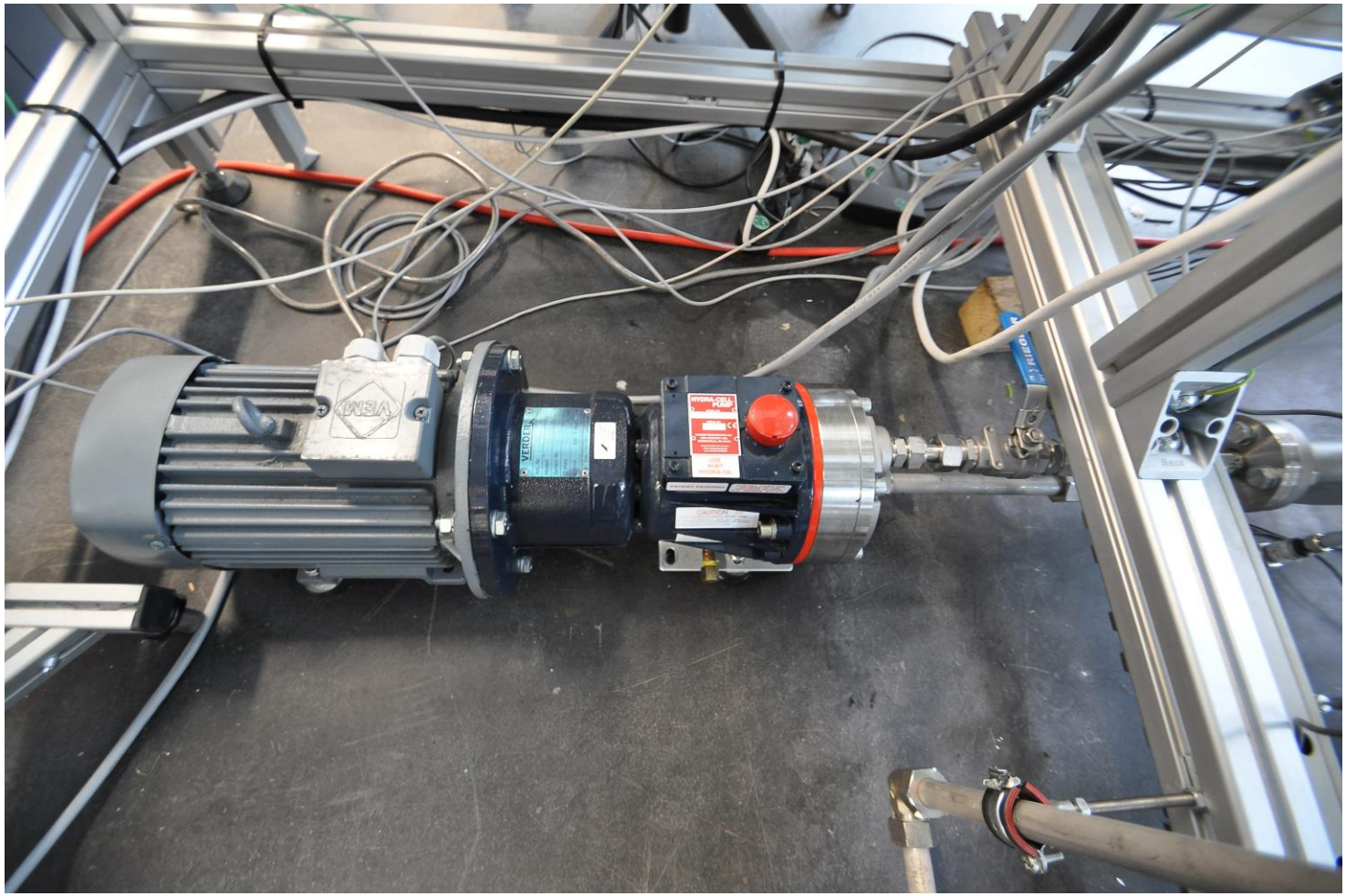
Innovative Verfahren der KWK



2014-2016

Demonstratoren

Innovative Verfahren der KWK



2016

Verwertung industrieller Abwärme

Was Sie in den nächsten 20 Minuten erwartet

1. Von wo kamen wir und was haben wir in den letzten Jahren erlebt?

2. Wie ist der derzeitige Stand der Technik bei Direktverdampfung und Mikro-Expansionsturbinen?

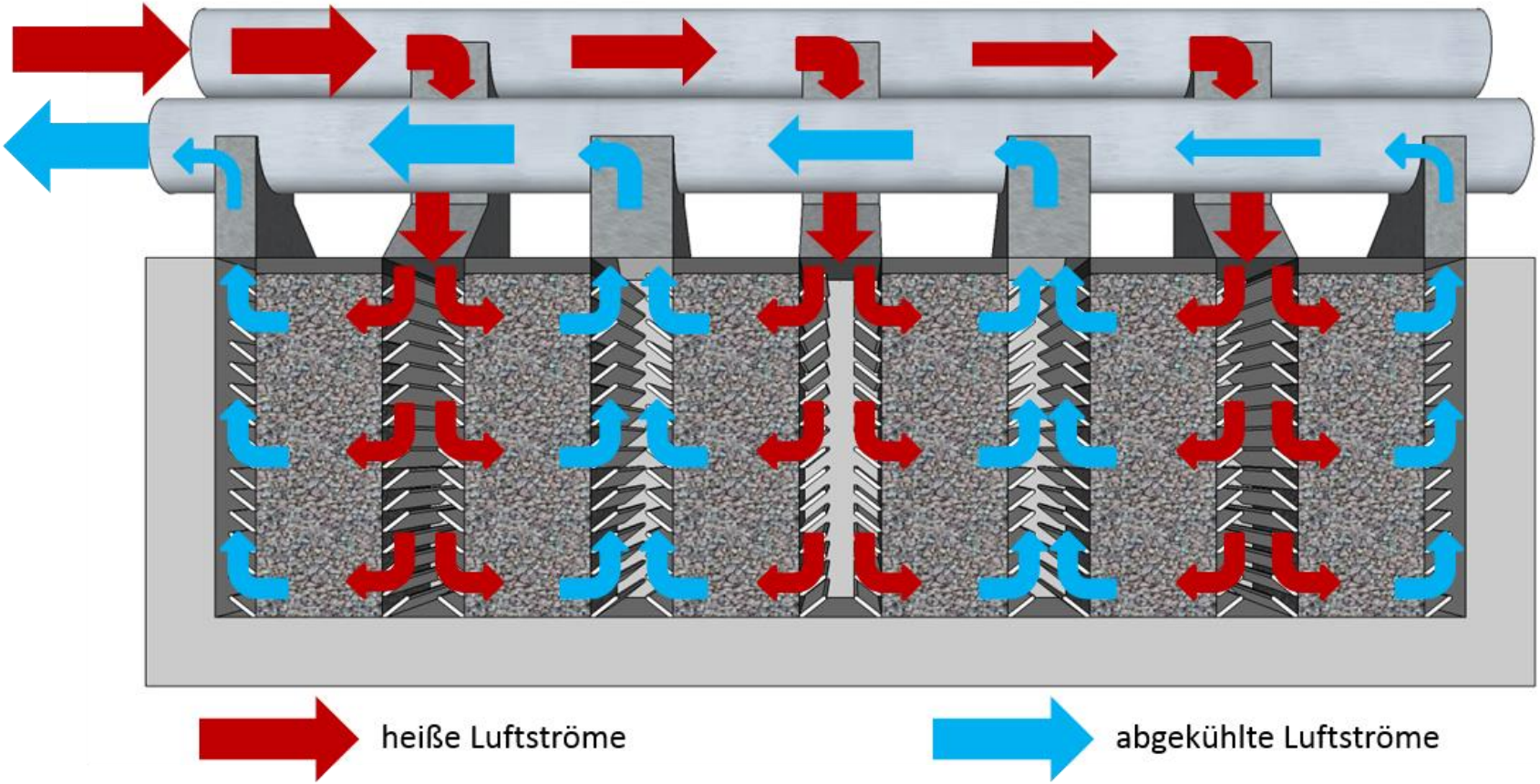
3. Wie ist die Integration von thermischen Speichern möglich?

Verwertung industrieller Abwärme

Einsatz thermischer Speicher

Verwertung industrieller Abwärme

Einsatz thermischer Speicher

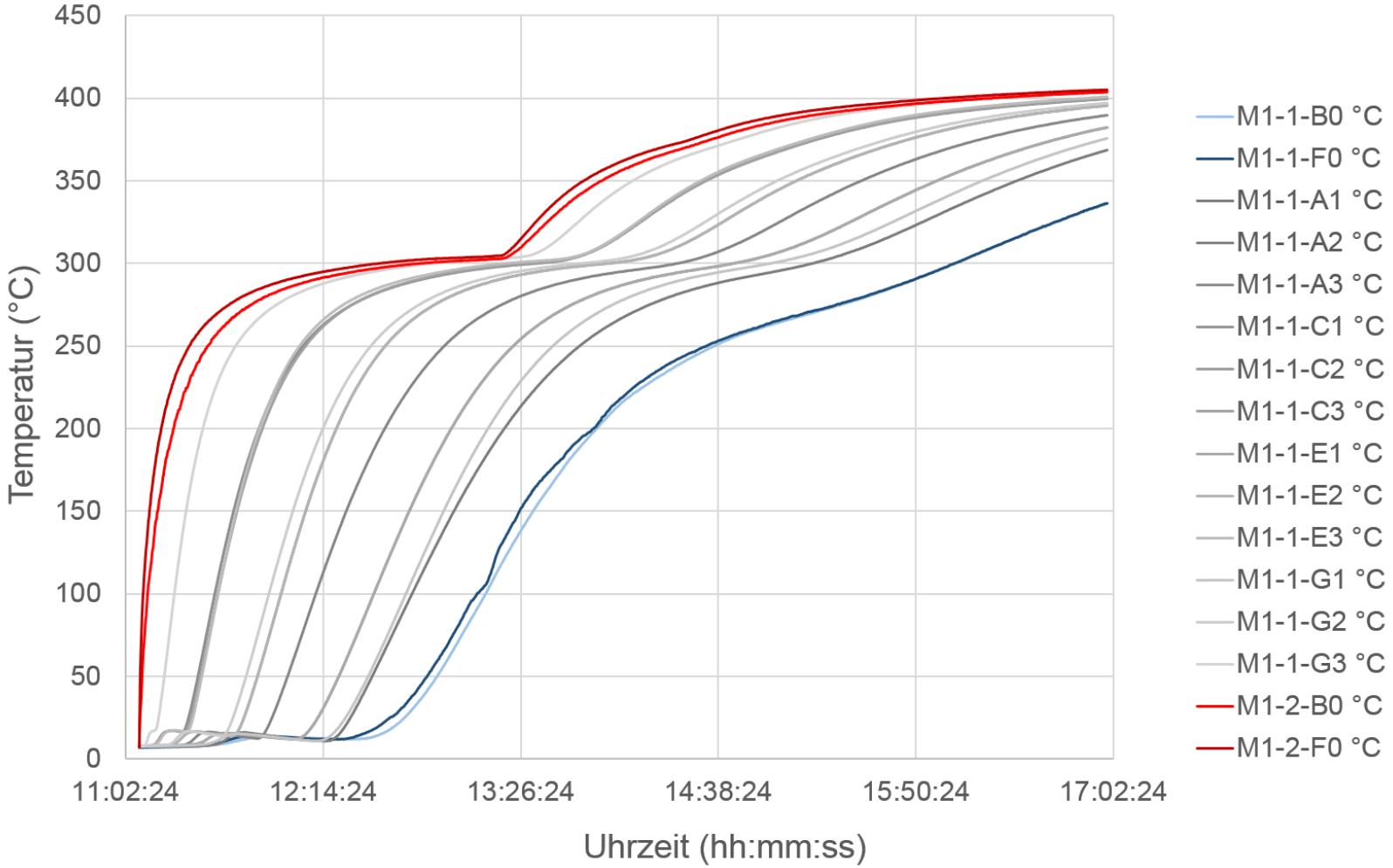


Verwertung industrieller Abwärme

Einsatz thermischer Speicher

Verwertung industrieller Abwärme

Einsatz thermischer Speicher

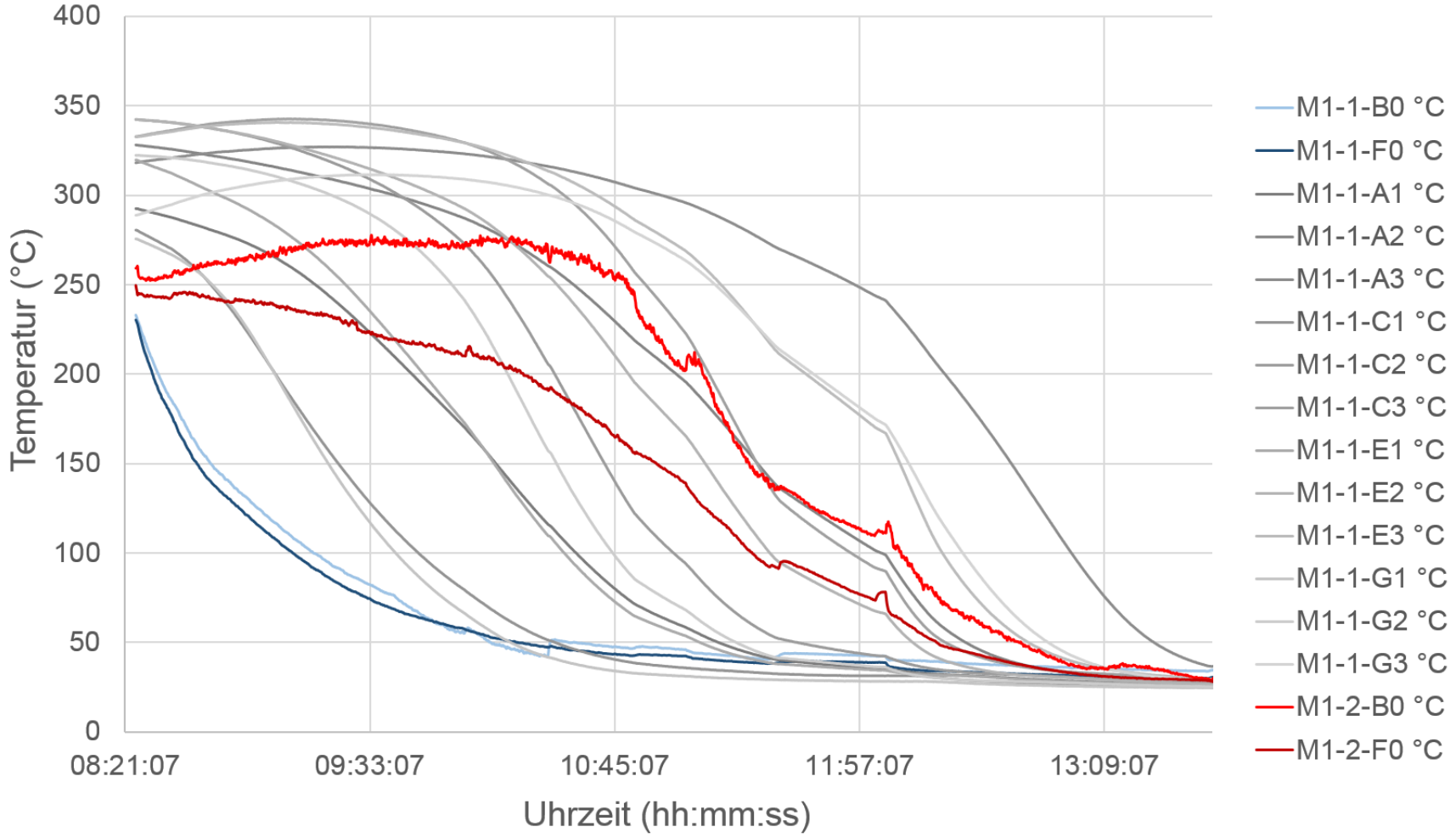


Verwertung industrieller Abwärme

Einsatz thermischer Speicher

Verwertung industrieller Abwärme

Einsatz thermischer Speicher



Verwertung industrieller Abwärme

Was wir in den letzten 20 Minuten gesehen haben

1

- Wärmeeinkopplung ist entscheidend
- Thermische Systeme erlauben Fehler

2

- Direktverdampfung erfolgreich
- Mini-Turbinen erreichen isentrope Wirkungsgrade von mehr als 65 %

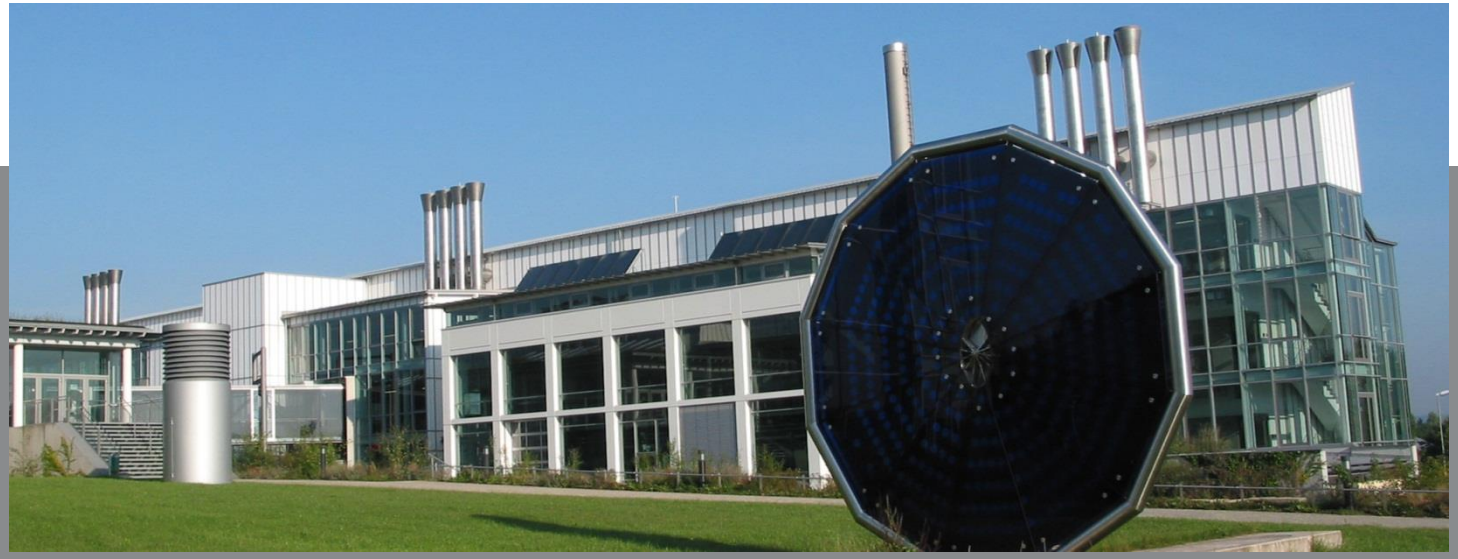
3

- Integration des TES erfolgreich
- Höhere Flexibilität (?)

Verwertung industrieller Abwärme

Was wir für die Zukunft planen

1. Lehrjahre sind in Forschung- und Entwicklung nie abgeschlossen!
2. Experimenteller Vergleich der drei unterschiedlichen Turbinentypen!
3. Exergetischer Vergleich von ORC, TES und der Kombination ORC/TES!



Bayerische Forschungsstiftung

TAO TechnologieAllianzOberfranken

Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst

Vielen Dank

www.zet.uni-bayreuth.de

Dr.-Ing. Markus Preißinger

UNIVERSITÄT BAYREUTH

ZET Zentrum für Energietechnik