



„BioWasteStirling“ -

Langzeitbetriebserfahrungen mit einem wirbelschichtgefeuerten Stirlingmotor für die kleinskaligen KWK

Tanja Schneider, Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik,
FAU Erlangen-Nürnberg

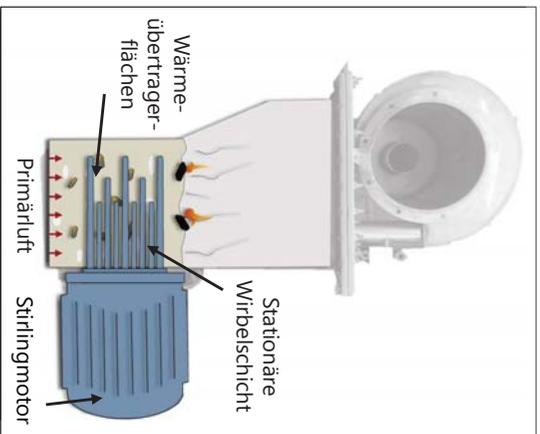
8. Statuskonferenz Leipzig, 18. September 2019

Agenda

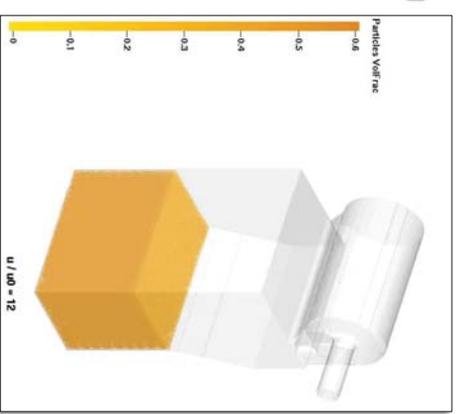
1. Herausforderung und Zielsetzung im Projekt „BioWasteStirling“
2. Laborversuche zur Charakterisierung des Anlagenbetriebsverhaltens
3. Erster Langzeitversuch der Pilotanlage in Laborumgebung
4. Aufbau & Inbetriebnahme in der Feldtestumgebung

Motivation & Konzept

- ➔ Stirling-Erhitzerkopf als direkte Tauchheizflächen in einer Wirbelschichtfeuerung



- ### Vorteile der Wirbelschichtfeuerung
- Homogene Temperaturverteilung
 - Sehr guter Wärmeübergang
 - Brennstoffflexibel
 - Leicht skalierbar (im Bereich <math>< 100 \text{ kW}</math>)
- Direkte Kopplung ermöglicht**
- effektive Vermeidung von Verschmutzungen
 - hohe Feuerungswirkungsgrade
 - Reststoffverwertung



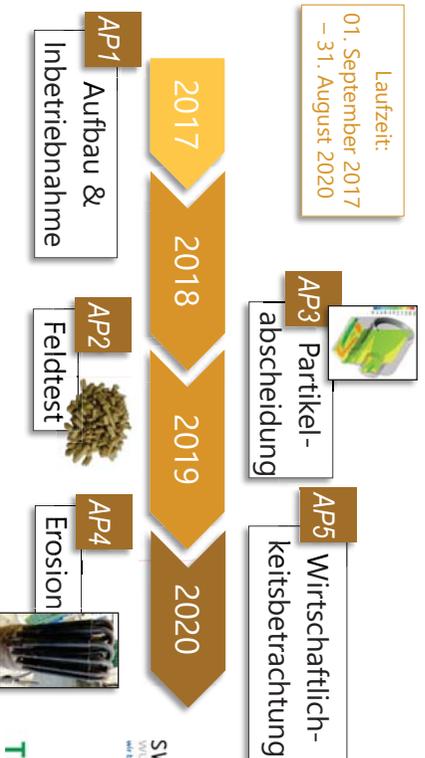
Simulation der Partikelverteilung in der Wirbelschichtfeuerung bei Fluidisierung = 12 mit Barracuda VR

3

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassennutzung“

20.09.2019

Projekt „BioWasteStirling“



Projektpartner

- **FAU Erlangen-Nürnberg, EVT**



- Aufbau, Inbetriebnahme & Begleitung des Feldtests
- Weiterentwicklung der Partikelabscheidung
- Marktanalysen & Einsatzszenarien

• SWW Wunsiedel

- Durchführung des Feldtests
- Brennstoffaufbereitung

• TFZ Straubing

- Feinstaubanalytik
- Genehmigungsrechtliche Betrachtungen

• Frauscher Thermal Motors

- Bereitstellung des Stirlingmotors
- Weiterentwicklung Erhitzerkopfdesign



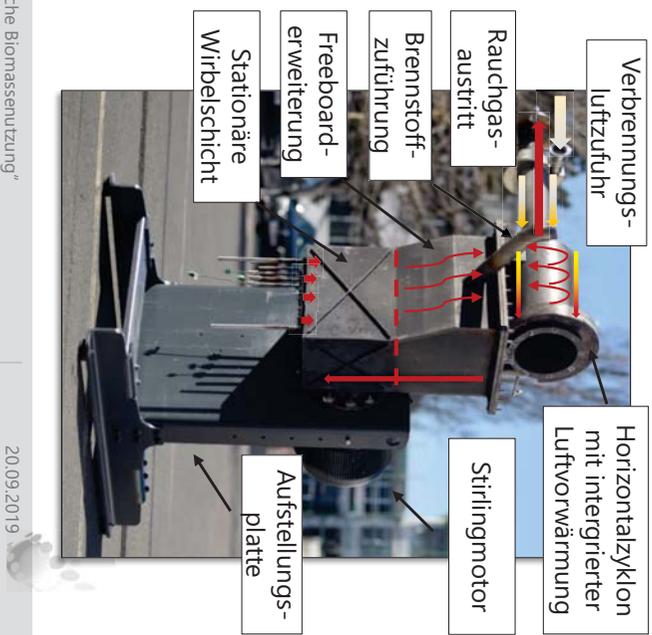
4

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassennutzung“

20.09.2019

Aufbau der Pilotanlage

Pilotanlage	
Thermische Leistung	45 kW _{th}
Elektrische Leistung	5 kW _{el}
Stirlingmotor	Frauscher Thermal Motors Type A600 α -Stirling
Arbeitsgas	Helium, 40 bar
Aufstellungsort	Mobiler Container (autarker Betrieb)



5

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassennutzung“

20.09.2019

Zwischenfazit



Upscaling der Laboranlage & Konzeptionierung der Pilotanlage
erfolgreich abgeschlossen

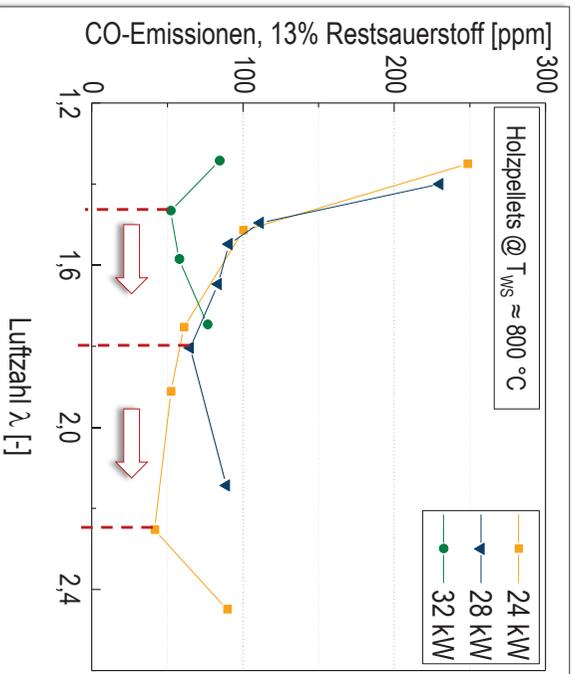


6

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassennutzung“

20.09.2019

Charakterisierungsversuche in Laborumgebung am EVT



- Gesamtvolumenstrom beeinflusst CO-Emissionen maßgeblich
- Optimum aus Verweilzeit und Turbulenz im Zyklon bestimmen CO-Emissionen

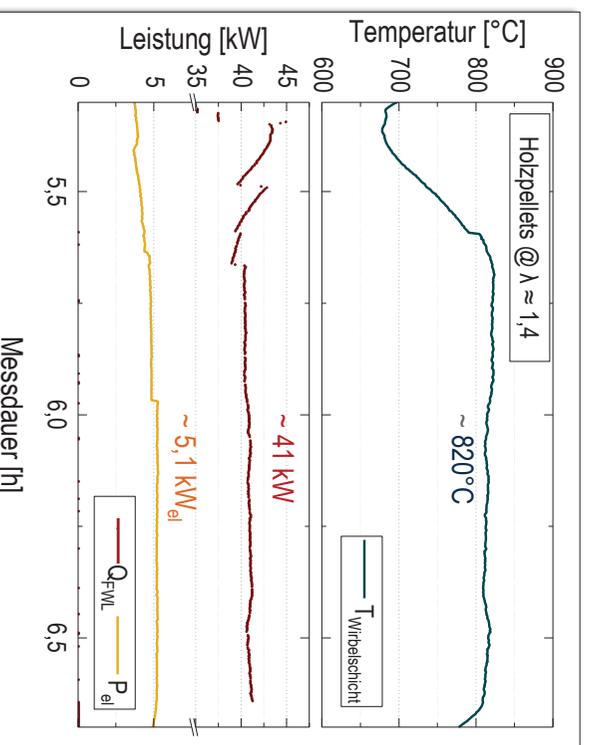
7

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassennutzung“

20.09.2019



Einfluss der Wirbelschicht auf den Stirlingmotor



Steigerung der Motorleistung durch:

- Erhöhung $T_{\text{Wirbelschicht}}$
- Absenken $T_{\text{Kühlmittel}}$
- Erhöhung Fluidisierung
- Erhöhung Prozessdruck p_{Motor}

8

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassennutzung“

20.09.2019



Zwischenfazit

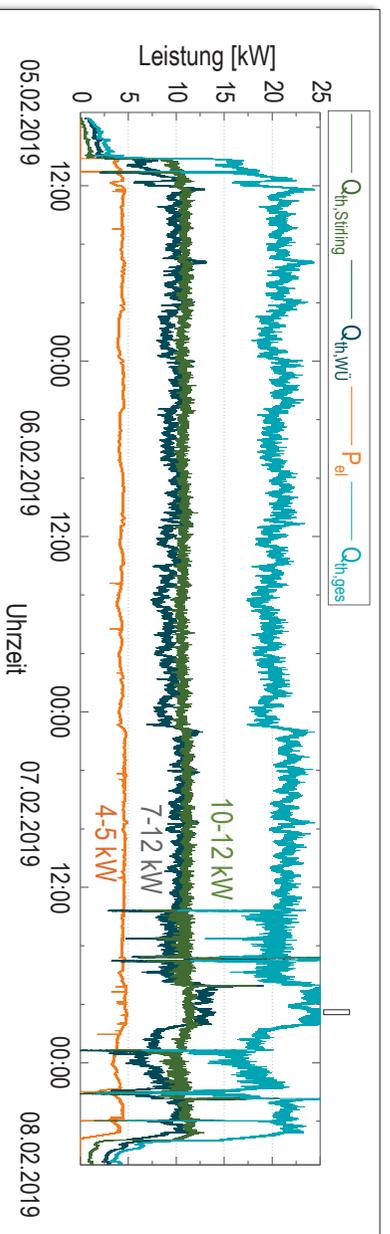
- Upscaling der Laboranlage & Konzeptionierung der Pilotanlage erfolgreich abgeschlossen
- Pilotanlage hält mit Holzpellets Grenzwerte der 1. BlmsSchV ein
- Stirlingmotor erreicht bei der Kopplung mit der Wirbelschicht seine Nennleistung von 5 kW_{el}

9

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassennutzung“

20.09.2019

Versuchsergebnisse aus 72h-Langzeitversuch im Labor am EVT



- CO-Emissionen erfüllen konstant Grenzwert der 1. BlmsSchV (ca. 320 ppm)
- Thermische und elektrische Leistung variiert abhängig von Q_{FWL}
- Elektrischer Wirkungsgrad liegt zwischen 13 - 15,5% (sinkt mit steigender Q_{FWL})

10

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassennutzung“

20.09.2019

Vergleich Bettmaterial frisch und nach 90h



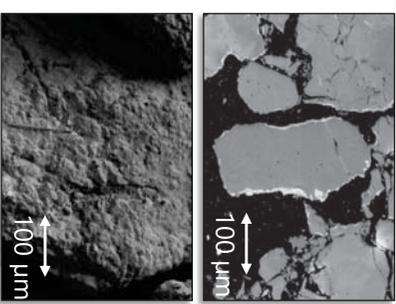
- Keine Erhöhung Δp in der Wirbelschicht über Versuchszeit
- Keine Agglomerate im Bettmaterial feststellbar
- Keine Anbackungen oder Verschlackungen am Erhitzerkopf, im Reaktor oder im Zyklon zu sehen
- Keine Erosionserscheinungen an Erhitzerkopf oder Reaktorwänden



Wirbelschichtreaktor nach Langzeittest



Erhitzerkopf nach Langzeittest



REM-Aufnahmen von gebrauchten Bettmaterial

11

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassenutzung“

Zwischenfazit

- ➔ Upscaling der Laboranlage & Konzeptionierung der Pilotanlage erfolgreich abgeschlossen
- ➔ Pilotanlage hält mit Holzpellets Grenzwerte der 1. BlmSchV ein
- ➔ Stirlingmotor erreicht bei der Kopplung mit der Wirbelschicht seine Nennleistung von 5 kW_{el}
- ➔ Langzeittest im Labor demonstriert Prozessstabilität & Dauerlauffähigkeit der kleinskaligen Anlagenlösung
- ➔ Pilotanlage erreicht im Labor elektrische Wirkungsgrade von ca. 15% und Brennstoffausnutzungsgrade von ca. 95%

12

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassenutzung“

20.09.2019

Zusammenfassung & Ausblick

- ✓ **Upscaling** der Laboranlage & Konzeptionierung der Pilotanlage erfolgreich abgeschlossen
- ✓ Pilotanlage hält mit Holzpellets **Grenzwerte der 1. BImSchV** ein
- ✓ Stirlingmotor erreicht bei der Kopplung mit der Wirbelschicht seine **Nennleistung von 5 kW_{el}**
- ✓ Langzeittest im Labor demonstriert **Prozessstabilität & Dauerlauffähigkeit** der kleinskalige Anlagenlösung
- ✓ Pilotanlage erreicht im Labor elektrische Wirkungsgrade von **ca. 15 %** und Brennstoffausnutzungsgrade von **ca. 95 %**
- ✓ **Installation und Inbetriebnahme in Feldtestumgebung** erfolgreich abgeschlossen
- ➔ Langzeittests mit verschiedenen holzartigen Brennstoffen und Reststofffraktionen
- ➔ Konzeptentwicklung für Bettmaterialmanagement im kontinuierlichen Betrieb

15

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassennutzung“

20.09.2019

Kontakt



Tanja Schneider, M.Sc.
Fürther Straße 244f
D-90429 Nürnberg
Deutschland
Tel: +49 (911) 5302-9038
Fax: +49 (911) 5302-9030
Email: tanja.t.schneider@fau.de



Dr.-Ing. Dominik Müller
Fürther Straße 244f
D-90429 Nürnberg
Deutschland
Tel: +49 (911) 5302-9024
Fax: +49 (911) 5302-9030
Email: dominik.mueller@fau.de

**Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg**
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl



Weitere Projektpartner:



16

Tanja Schneider, 8. Statuskonferenz „Energetische Biomassennutzung“

20.09.2019

