

# CO-λ-Optimierung

## Betrieb von Biomassefeuerungen bei maximaler Effizienz und minimalen Emissionen

WEB-Seminar Effizienter Heizwerkbetrieb - Landwirtschaftskammer Steiermark  
Forstlichen Ausbildungsstätte Pichl

Christopher Zemann

4. März 2021

# CO- $\lambda$ -Optimierung – Einleitung

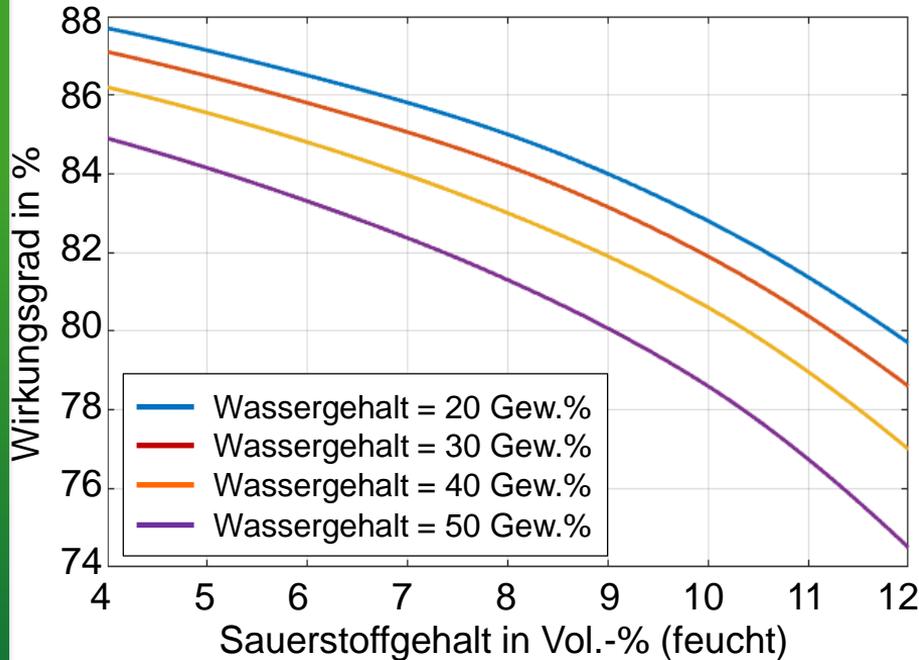


**Der Sauerstoffgehalt des Rauchgases ist die wichtigste Größe für die Regelung von Biomassefeuerungen.**

# Sauerstoffgehalt – Wirkungsgrad



Feuerungs-Wirkungsgrad  
in Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt



Eine Verringerung des Sauerstoffgehalts führt zu:

- erhöhtem Feuerungs-Wirkungsgrad
- verringertem Stromverbrauch der Ventilatoren

## Faustformel:

Verringerung des Sauerstoffgehalts um 1 Vol.-% (feucht) führt zur Erhöhung des Feuerungs-Wirkungsgrads um 1 %.

# Sauerstoffgehalt – Wirkungsgrad (Beispiel)



**Typische Biomassefeuerung mit einer Nennleistung von 2 MW<sub>th</sub>.**

Brennstoffkosten (20 EUR je srm)

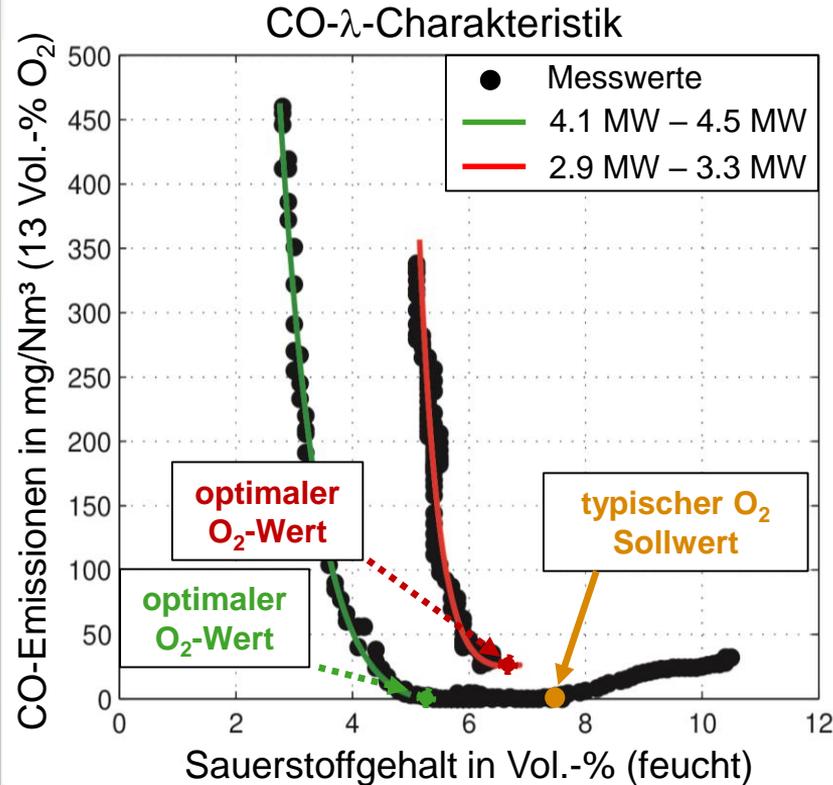
- Jährlicher Wärmeverkauf: 6.800.000 kWh (3400 Volllaststunden)
- Jährlicher Brennstoffverbrauch: 9.100 srm Waldhackut
- 1 – 2% Brennstoffersparnis (Waldhackgut)
- **Brennstoffkostensparnis: 1.820 EUR – 3.640 EUR pro Jahr**

Stromkosten (100 EUR / MWh)

- Rauchgasventilator - Nennleistung (elektrisch): 5 kW
- Sekundärluftventilator - Nennleistung (elektrisch): 1 kW
- O<sub>2</sub>-Absenkung: 1 – 2 Vol.-% (von 8 Vol.-% auf 7 – 6 Vol.-%)
- **Stromersparnis: 250 EUR – 500 EUR pro Jahr**

➤ **Gesamtersparnis: 2.070 EUR – 4.140 EUR pro Jahr**

# Sauerstoffgehalt – Schadstoffemissionen



Die CO-Emissionen ändern sich mit der Leistung und mit den Brennstoffeigenschaften (z.B. Wassergehalt)

Ein konstanter O<sub>2</sub>-Sollwert führt zu:

- erhöhten CO-Emissionen oder
- verringertem Wirkungsgrad

# Probleme bei hohen CO-Emissionen

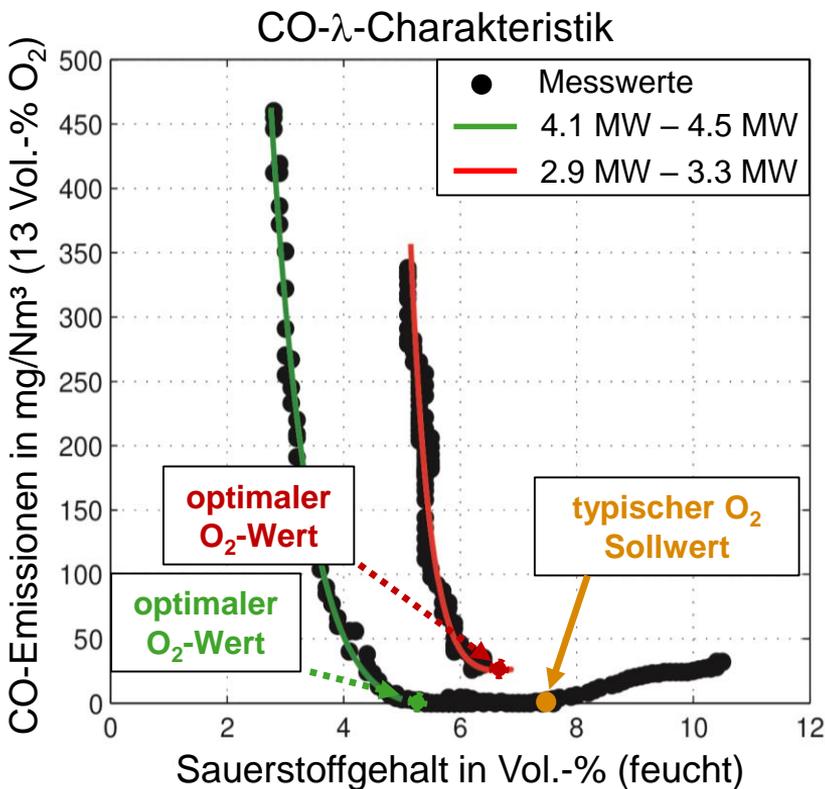
---



- CO-Grenzwerte können nicht eingehalten werden
- hohe Staubemissionen
- Verteerung / Verschmutzung des Wärmeübertragers
  - schlechterer Wärmeübergang → **verringertes Wirkungsgrad**
  - langfristiges Zuwachsen des Wärmeübertragers → **teure Wartung**

**Vermeidung hoher CO-Emissionen ist wichtig für den Betrieb der Biomassefeuerung**

# Betrieb von Biomassefeuerungen



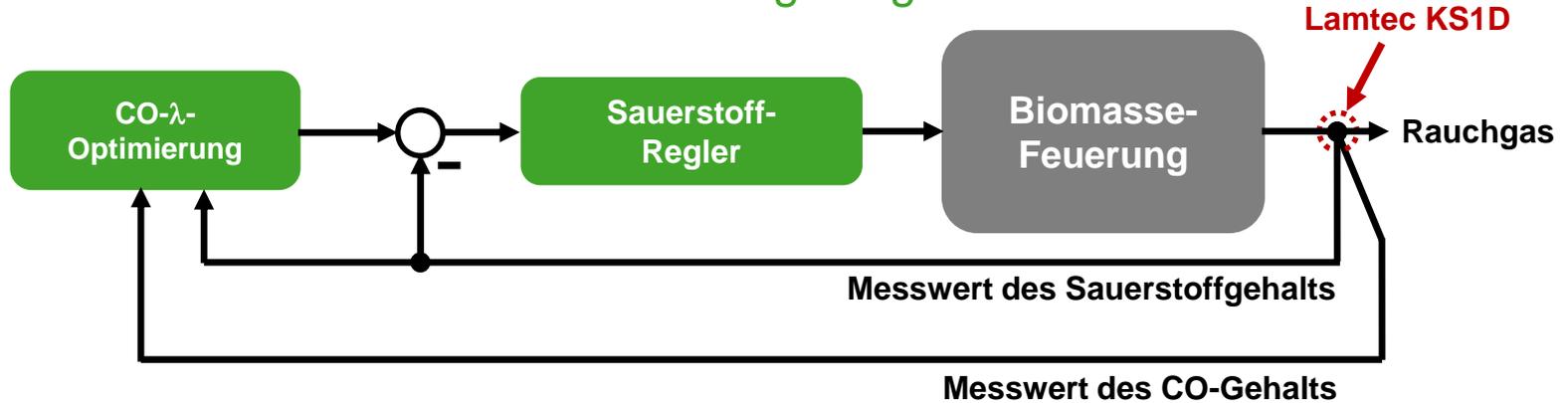
## Einstellung des Sauerstoffgehalts:

- 1.) so weit wie möglich absenken  
→ hoher Wirkungsgrad
- 2.) hohe CO-Emissionen vermeiden  
→ minimale Schadstoffemissionen

CO- $\lambda$ -Optimierung

# Prinzip der CO- $\lambda$ -Optimierung

Die CO- $\lambda$ -Optimierung bestimmt den optimalen Sauerstoffgehalt und gibt ihn der bestehenden Sauerstoffregelung als Sollwert vor.



Der kombinierte Ausbrandsensor KS1D von LAMTEC misst gleichzeitig den Sauerstoffgehalt des Rauchgases und die CO-Emissionen.

## Vorteile der CO- $\lambda$ -Optimierung

---

### **Es wird nur der Sauerstoff-Sollwert vorgegeben**

- die bestehende Sauerstoffregelung bleibt erhalten
- **minimaler Aufwand** beim Einbau

### **Sauerstoffmessungen (O<sub>2</sub>-Sensoren) sind häufig fehlerhaft**

- der Sauerstoffgehalt wird immer genau so eingestellt, dass die **CO-Emissionen minimal** sind
- Fehler der Sauerstoffmessung werden automatisch kompensiert

### **Die Biomassefeuerung wird immer optimal betrieben**

- egal bei welcher Leistung
- egal mit welchem Brennstoff
- **die Verbrennung ist immer so vollständig wie möglich**



Heizwerk in Fuschl am See.

## Heizwerk

- Betriebsführung: s.nahwaerme.at  
Energiecontracting GmbH
- 2 Biomassefeuerungen
  - 1 MW und 2,5 MW
- Jahreswärmeabgabe: 16000 MWh
- Kunden: 175

## Die CO- $\lambda$ -Optimierung wurde an einer der Biomassefeuerungen eingesetzt

- Nennleistung: 2,5 MW
- Brennstoff: Hackgut (Wassergehalt: 30-50 Gew.-%)

# Langzeitvalidierung – Beschreibung



## Durchführung der Langzeitvalidierung

- Durchführung über eine Heizperiode (**November 2018 bis März 2019**)
- CO- $\lambda$ -Optimierung ist für **2 Tage aktiviert**, dann für **2 Tage deaktiviert**
- damit wird gewährleistet, dass stets vergleichbare Bedingungen herrschen (z.B. Leistungsverlauf und Brennstoffwassergehalt).

## Methode zur Berechnung des Wirkungsgrads

- Messung der abgegebenen wasserseitigen Leistung
  - Aufzeichnung der Anzahl der Brennstoffzufuhrzyklen (Stokerzyklen)
- **Wirkungsgrad: Anzahl der Stokerzyklen je MWh gelieferter Energie**

# Langzeitvalidierung – Ergebnisse



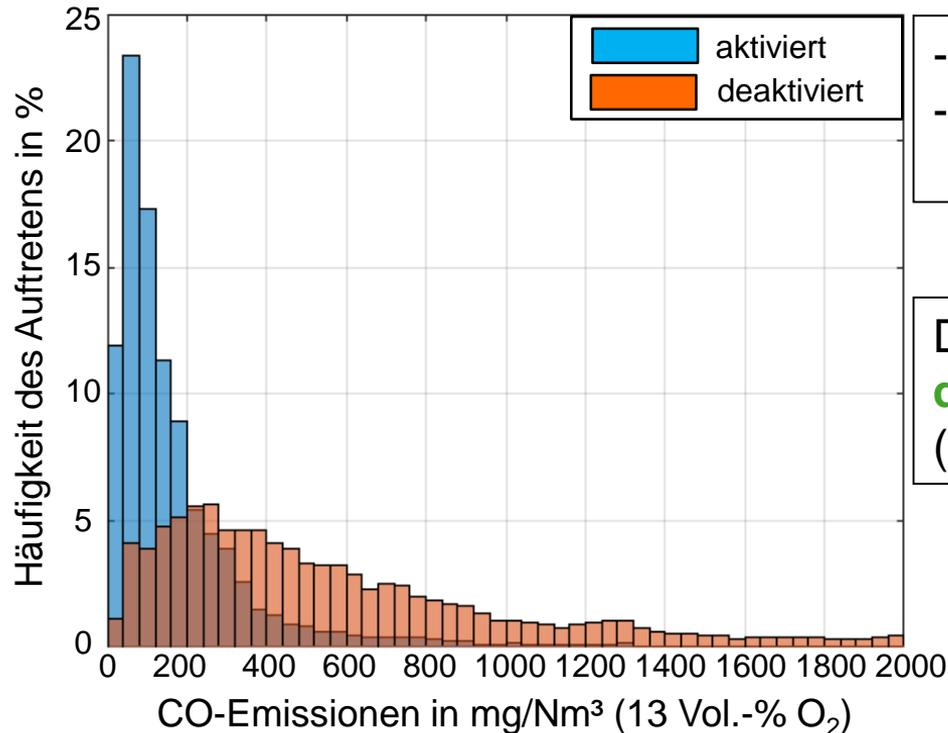
<b>aktivierte CO-λ-Optimierung</b>	31462	Zyklen	...Stokerzyklen
	1154,8	h	...Betriebsstunden
	2814,7	MWh	...gelieferte Energie
	2,44	MW	...mittlere Leistung
	<b>11,18</b>	<b>Zyklen / MWh</b>	

<b>deaktivierte CO-λ-Optimierung</b>	36651	Zyklen	...Stokerzyklen
	1310,6	h	...Betriebsstunden
	3154,0	MWh	...gelieferte Energie
	2,41	MW	...mittlere Leistung
	<b>11,62</b>	<b>Zyklen / MWh</b>	

Die CO-λ-Optimierung verringerte den Brennstoffverbrauch um 3.8%.

# Langzeitvalidierung – CO-Emissionen

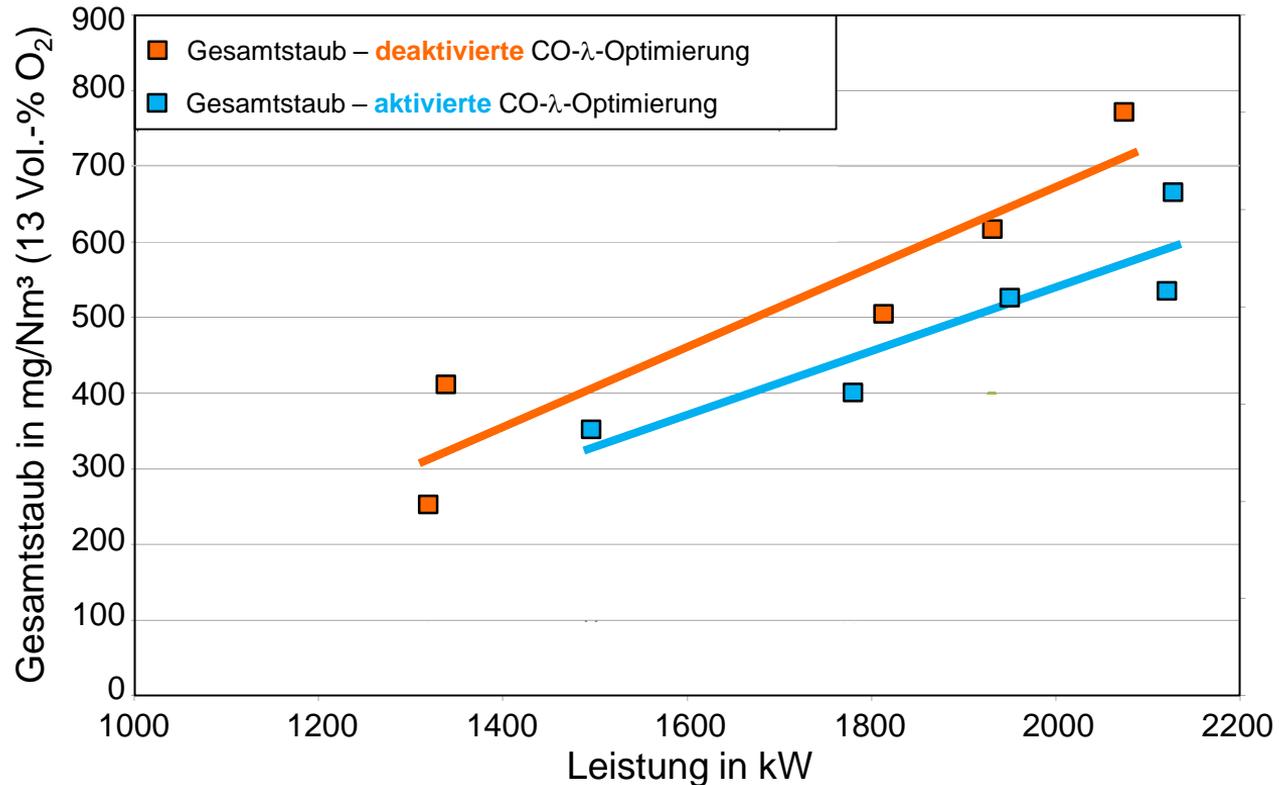
Verteilung der CO-Emissionen mit  
aktivierter und deaktivierter CO- $\lambda$ -Optimierung



- Betrachtungszeitraum: eine Woche
- Vergleichsmessungen mit einem Rauchgasanalysator (ABB)

Die CO- $\lambda$ -Optimierung **verringerte die CO-Emissionen** im Mittel (Median) um **200 mg/Nm<sup>3</sup>**.

# Langzeitvalidierung – Staubemissionen (vor E-Filter)



Die CO-λ-Optimierung **verringerte die Gesamtstaubemissionen um 19,5%.**

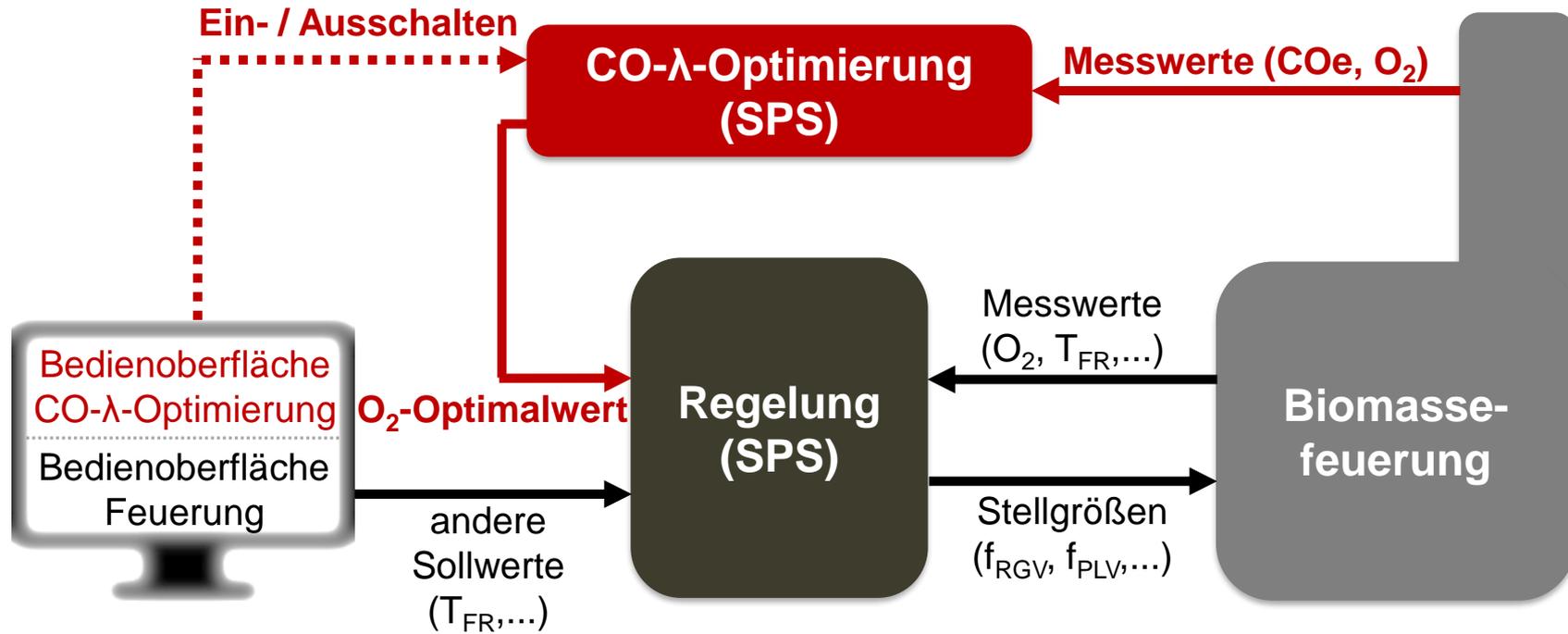
# Langzeitvalidierung – Zusammenfassung



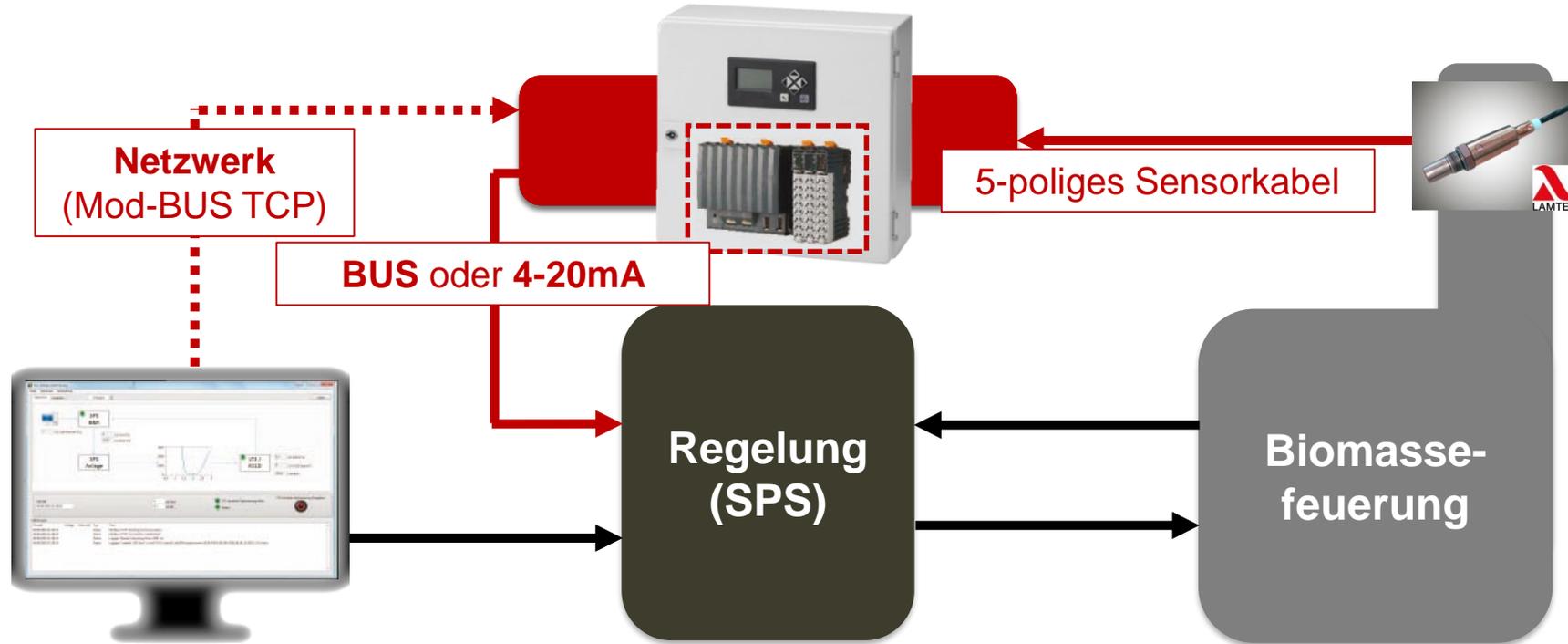
**Die Langzeituntersuchung des Einsatzes der CO- $\lambda$ -Optimierung im Biomasse-Heizwerk in Fuschl am See führte zu folgenden Ergebnissen:**

- Senkung des Brennstoffverbrauchs (-3,8%)
  - Verringerung der mittleren CO-Emissionen (-200 mg/Nm<sup>3</sup> (13 Vol.-% O<sub>2</sub>))
  - Verringerung der mittleren Gesamtstaubemissionen (-19,5%)
- **Die CO- $\lambda$ -Optimierung verbesserte gleichzeitig den Wirkungsgrad und die Schadstoffemissionen**

# CO-λ-Optimierung – Umsetzung (Funktion)



# CO-λ-Optimierung – Umsetzung (Geräte)



# Umsetzung

---



## Lieferumfang

- KS1D-Sonde mit Auswerteeinheit (LAMTEC)
- CO- $\lambda$ -Optimierungseinheit



## Arbeiten

- Einbau der KS1D-Sonde (z.B. Ersetzen der bestehende O<sub>2</sub>-Sonde)
- Verkabelung (Elektriker ca. 1 Tag)
- Einbinden der neuen Steuersignale (Programmierer ca. 1 Tag)

**Der Einbau und die Inbetriebnahme wird durch BEST begleitet. Ein Techniker von BEST kommt zu Ihrem Heizwerk und nimmt die CO- $\lambda$ -Optimierung in Betrieb.**

# Voraussetzungen für den Einbau



- Bestehende und funktionierende **Sauerstoffregelung**
- Empfehlung: mit **Rauchgasrezirkulation** zur Kühlung der Sekundärverbrennungszone

**Die CO- $\lambda$ -Optimierung betreibt die Biomassefeuerung automatisch mit dem optimalen Sauerstoffgehalt**

- egal bei welcher Leistung
- egal mit welchem Brennstoff
- die Verbrennung ist immer so vollständig wie möglich

**Dadurch verbessert die CO- $\lambda$ -Optimierung den Verbrennungsprozess**

- Betrieb mit minimalen Schadstoffemissionen
- Betrieb mit maximalem Feuerungswirkungsgrad
- Einsparung von Stromkosten
- Fehler der Sauerstoffmessung werden automatisch kompensiert

# Zusammenfassung

---



Die CO- $\lambda$ -Optimierung wurde bereits **erfolgreich an drei Biomassefeuerungen** eingesetzt.

Die CO- $\lambda$ -Optimierung kann mit **geringstem Aufwand innerhalb eines Tages an der Biomassefeuerung eingebaut.**



## BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH

Dipl.-Ing. Christopher Zemann

Automatisierungs- und Regelungstechnik

E-Mail: [christopher.zemann@best-research.eu](mailto:christopher.zemann@best-research.eu)

Telefon: + 43 5 02378-9227

Dipl.-Ing. Dr. Markus Göllés

Automatisierungs- und Regelungstechnik

E-Mail: [markus.goelles@best-research.eu](mailto:markus.goelles@best-research.eu)

Telefon: + 43 5 02378-9208

## LAMTEC Meß- und Regeltechnik für Feuerungen GmbH & Co. KG

Mathias Fischer

Head of Sales

E-Mail: [fischer@lamtec.de](mailto:fischer@lamtec.de)

Telefon: +49 (6227) 6052-39