Technologie-Ausblick – Pelletfeuerung der Zukunft

Prof.Dipl.-Ing.Dr. Ingwald Obernberger

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

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

Einleitung – Entwicklungstrends

Emissionsminderung ➔ **Entwicklungsrichtung in Richtung Null-Emissionen**

Effizienzsteigerung ➔ **Jahresnutzungsgradsteigerung und Brennwerttechnik**

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

Zielsetzungen für die Pelletfeuerung der Zukunft

- **Einsatz intelligenter Feuerungs- und Regelungstechnik**
  ➔ Vermeidung der Emissionen direkt während der Verbrennung
- **Vermeidung von sekundärseitigen Maßnahmen, wo immer es möglich ist**
- **Kosteneffizienz: Primärmaßnahmen sind typischerweise immer deutlich kostengünstiger als Sekundärmaßnahmen**
- **Entwicklungsrichtung: fast „Null-Emissionen-Biomassefeuerung“**
- **Effizienzsteigerung: Maßnahmen zur Optimierung des Jahresnutzungsgrades und zur Integration von Brennwerttechnik**

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

Entwicklungsrichtung
Null-Emissionen

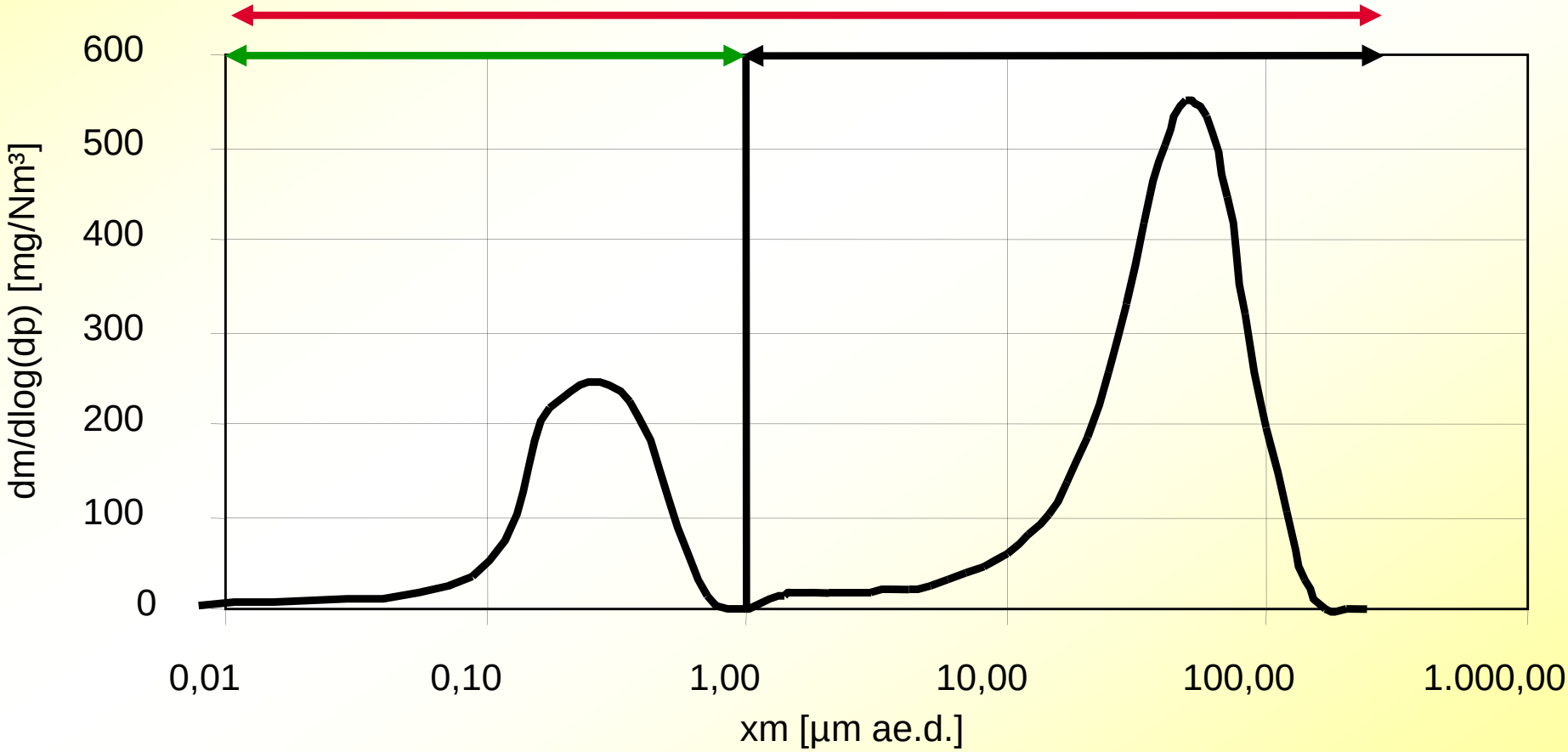
BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Staub- und Feinstaubemissionen aus Biomassefeuerungen

Aerosole (Feinstaub) — **Partikel < 1 µm**

Grobe Flugaschen — **Partikel > 1 µm**

Gesamtstaub — **Summe aus Aerosolen und groben Flugaschen**



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

Staub- und Feinstaubbildung während der Biomasseverbrennung

- **Grobe Flugaschen entstehen durch Aufwirbelung von**
  - Aschepartikeln,
  - Holzkohlepartikeln und
  - Brennstoffpartikeln

  vom Brennstoffbett und nachfolgenden Austrag mit dem Rauchgas.

- **Aerosole entstehen hauptsächlich durch Kondensation partikelbildender Dämpfe.**

- **Es muss prinzipiell zwischen zwei verschiedenen Arten von Aerosolen (Feinstaub) unterschieden werden:**

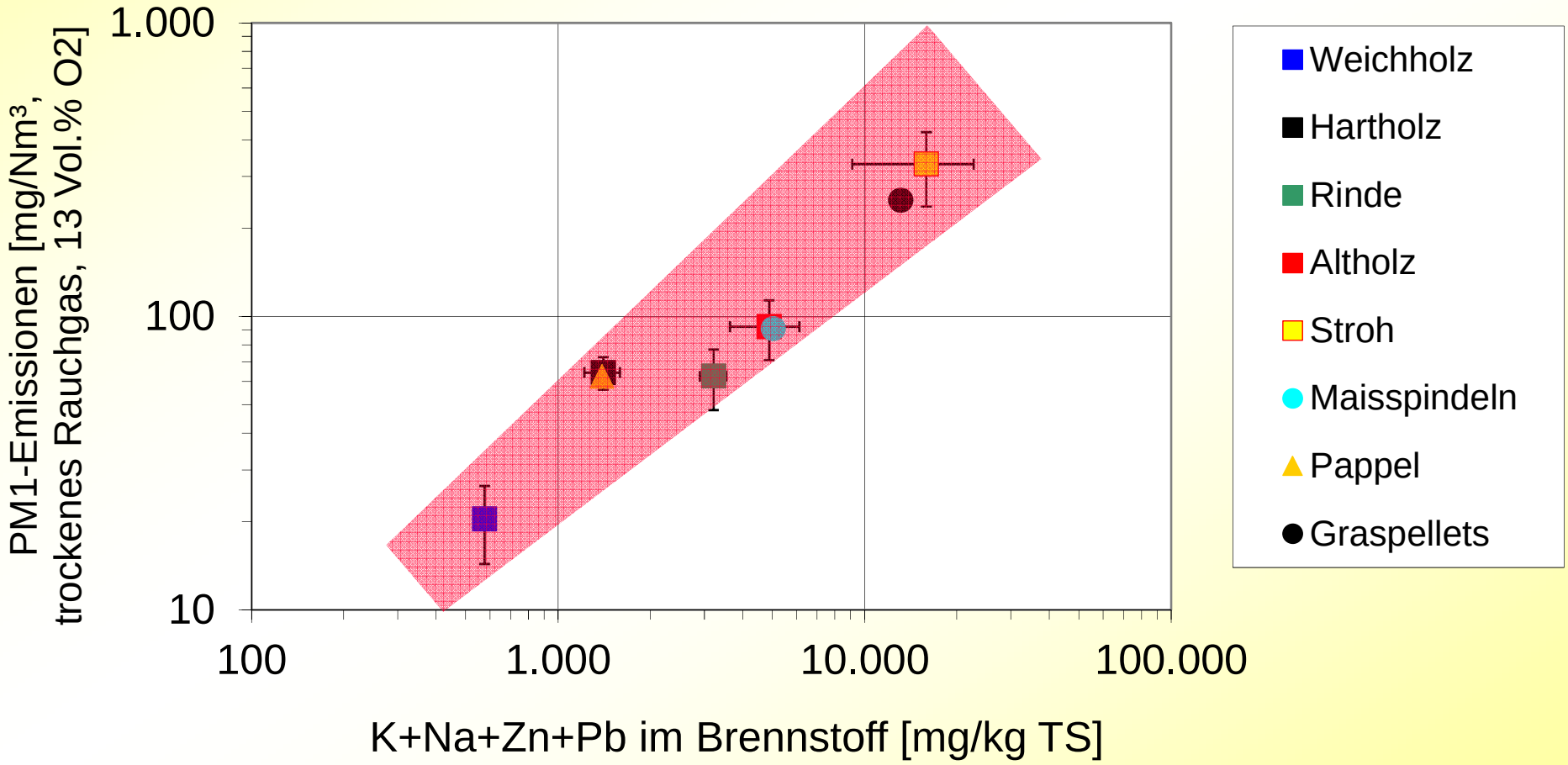
  1) Aerosole aus organischen Verbindungen und Ruß

  2) Aerosole aus anorganischen Verbindungen

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

Einflussfaktoren auf die Bildung von Feinstaubemissionen – Brennstoffzusammensetzung

- **Einsatz von Brennstoffen mit vergleichsweise geringen Konzentrationen an anorganischen Aerosolbildnern**
  (Weichholz < Hartholz, Kurzumtriebsholz < Rinde < Altholz < Stroh, Gras)

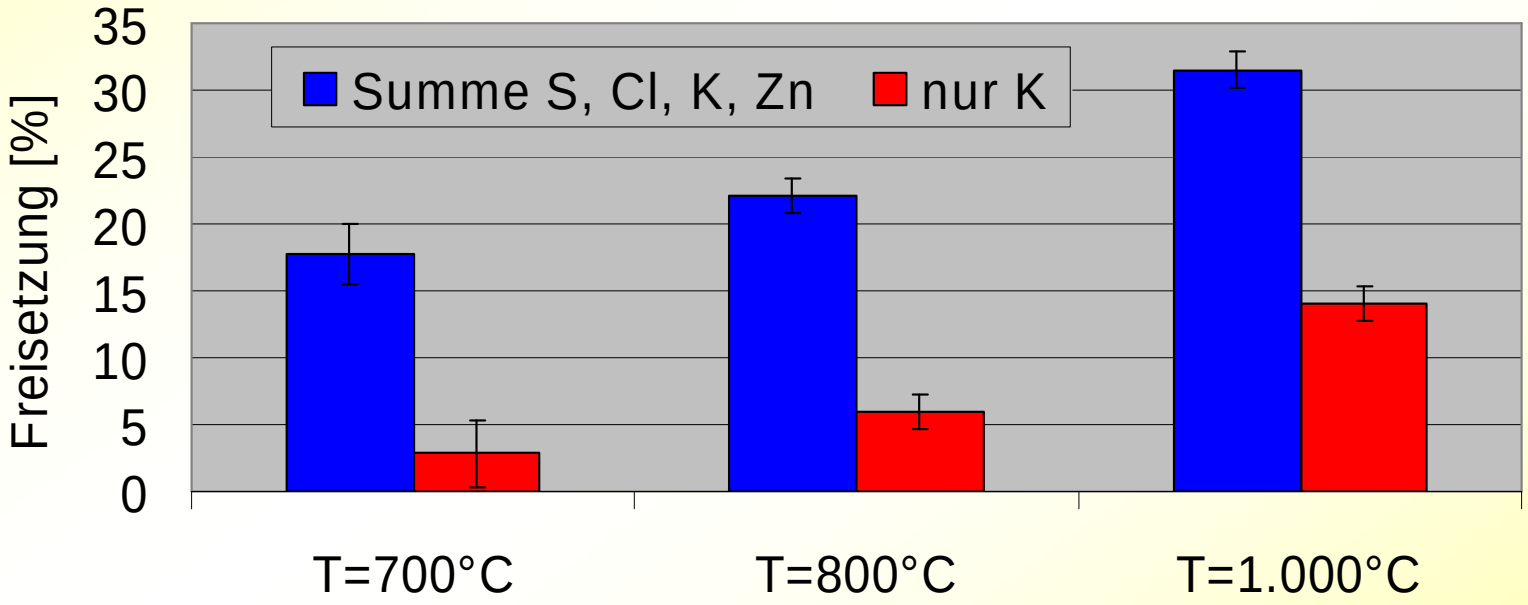


Erläuterungen: TS ... Trockensubstanz

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

Einflussfaktoren auf die Bildung von Feinstaubemissionen – Brennstoffbetttemperatur

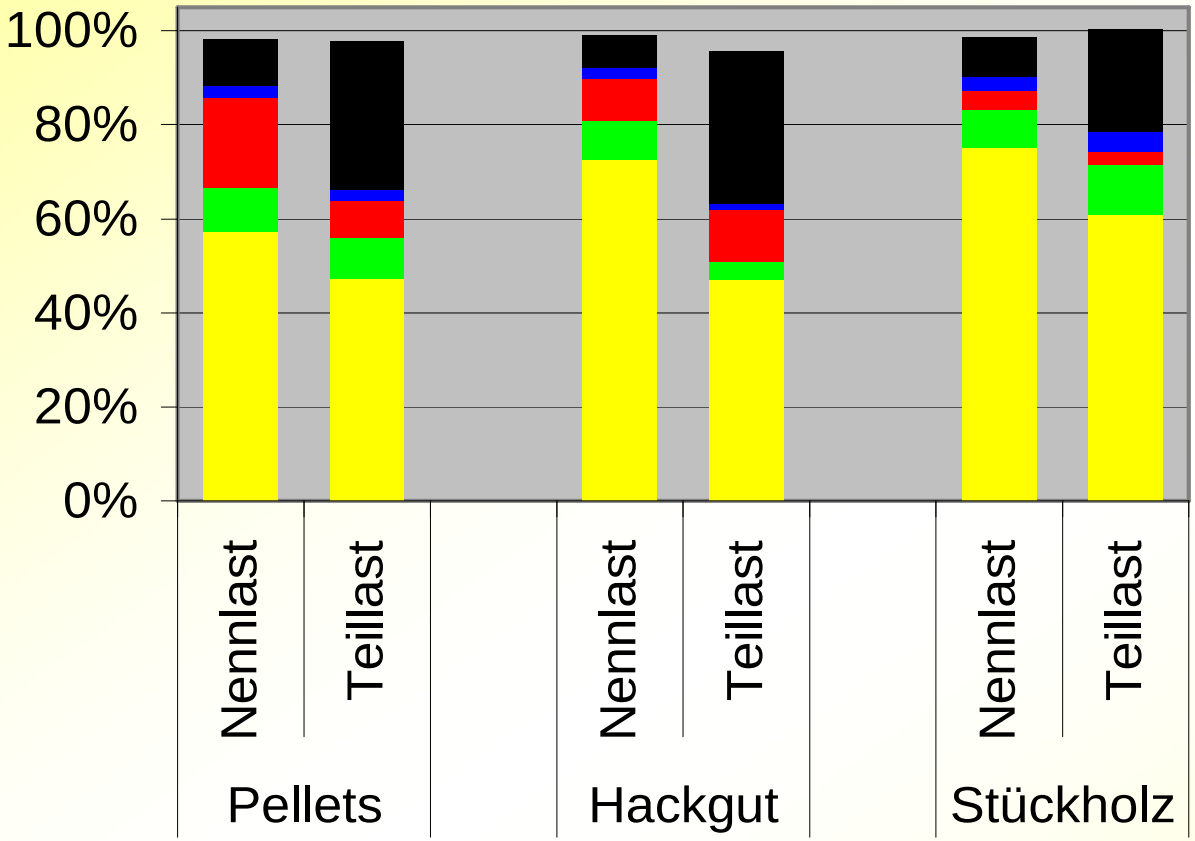
- **Reduzierte K-Freisetzung aus dem Brennstoffbett durch niedrigere Betttemperaturen und damit verminderte Bildung anorganischer Aerosole**



Erläuterungen: Freisetzung der Elemente (Summe von S, Cl, K, Zn) sowie von Kalium aus dem Brennstoff in die Gasphase für verschiedene Betttemperaturen bei der Holzkohleverbrennung; Ergebnisse von Testläufen an einem Laborreaktor

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

Einflussfaktoren auf die Bildung von Feinstaubemissionen – Ausbrandqualität



➔ **Ausbrandqualität des Staubes auch bei Teillast optimieren**

Erläuterungen: Konzentrationen in Gew% TS

NCC ... nicht als Karbonat gebundener Kohlenstoff = Summe aus elementarem Kohlenstoff (Ruß) und organischen Kohlenstoff

Partikelprobenahme mit Niederdruck-Kaskadenimpaktoren bei stationären Nennlast- und Teillastbetrieb (Teillast = 50% der Nennlast)

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

Empfehlungen bzgl. Primärmaßnahmen zur Minderung der Staub- und Feinstaubemissionen

- **Realisierung eines Verbrennungskonzeptes mit ruhiger Bettführung und gleichmäßiger Bettdurchströmung**
  ➔ **Ziel: Reduktion der Bildung grober Flugaschenemissionen**

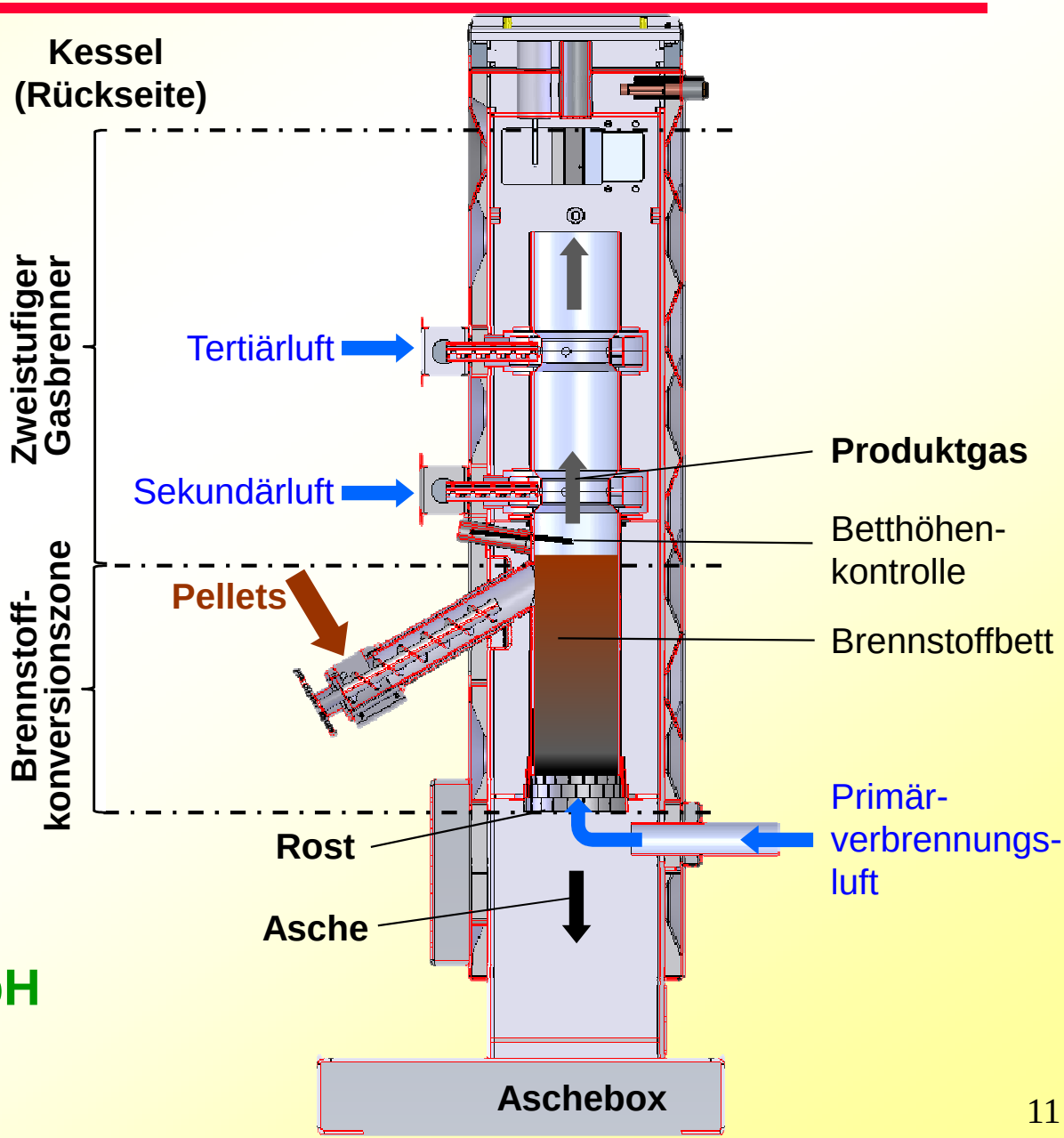
- **Optimierung der Ausbrandbedingungen in allen Lastphasen (CFD-gestützt optimierte Luftführung und Feuerraumgeometrie)**
  ➔ **Möglichst vollständige Vermeidung der Bildung organischer Aerosole und Oxidation von Rußpartikeln bei Nennlast und Teillast**

- **Anwendung extremer Luftstufungskonzepte**
  ➔ **Reduktion der Brennstoffbetttemperaturen und damit der K-Freisetzung**

- **Auf das Gesamtkonzept abgestimmte Anlagenregelung**
  ➔ **Einstellung optimierter Verbrennungsbedingungen für alle Lastbereiche sowie für Lastwechsel, An- und Abfahrbetrieb**

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

Beispiel einer erfolgreichen Neuentwicklung: Low-Emission Biomassekessel (PuroWIN-Technologie)

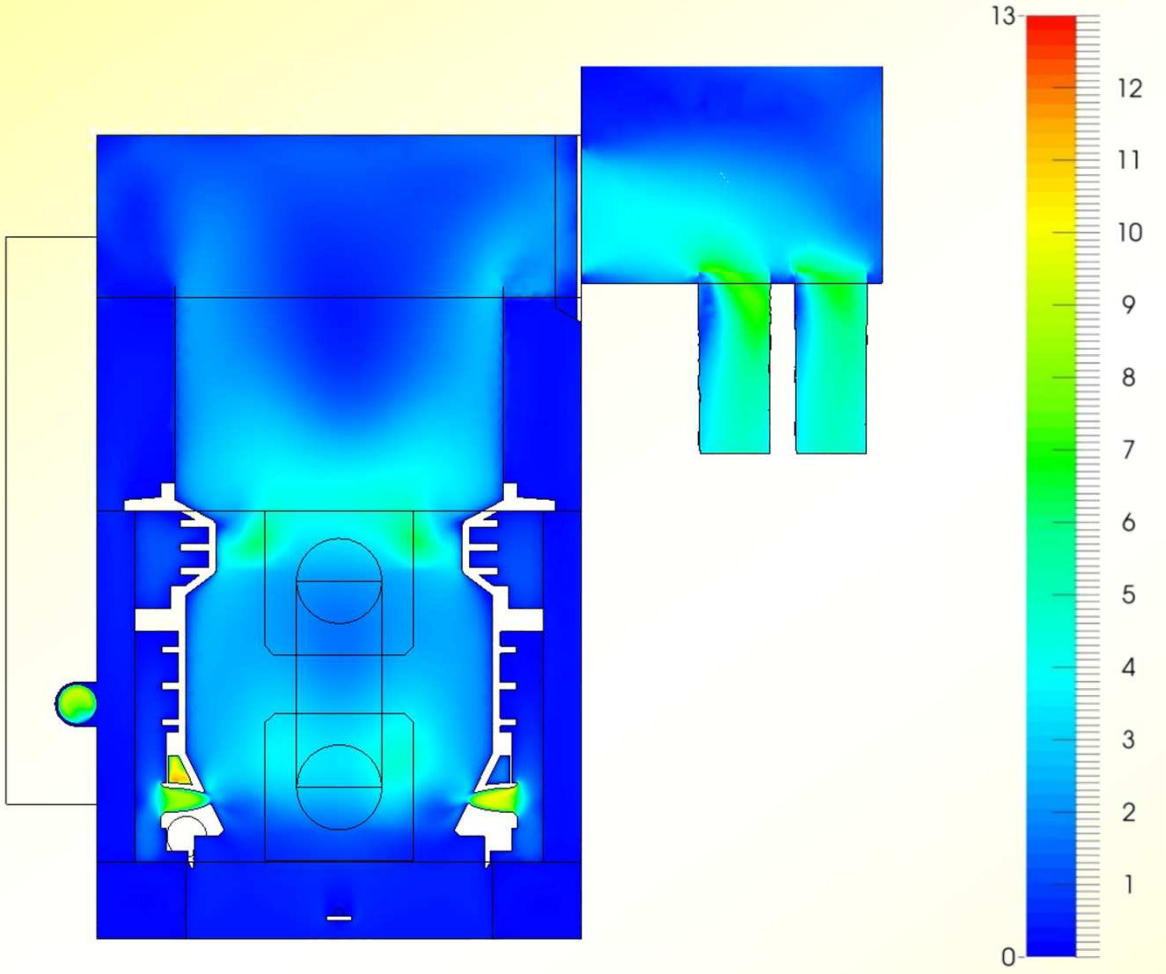


- **Entwicklung der Windhager Zentralheizung GmbH in Kooperation mit der BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH**
- **Patentierte Technologie**

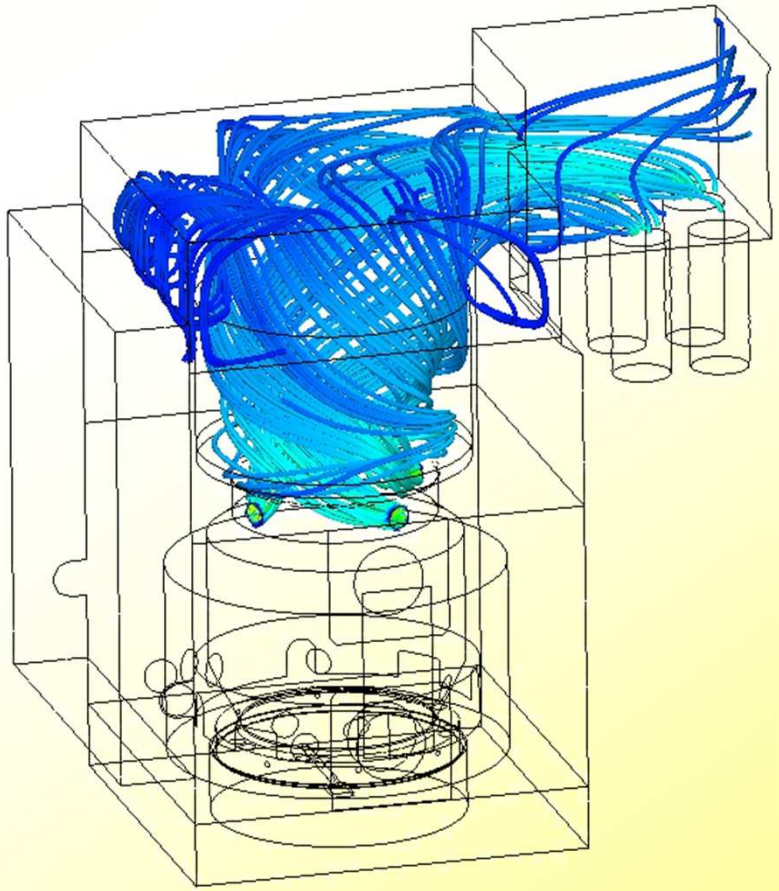
BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

Beispiel einer erfolgreichen Neuentwicklung: Low-Emission Biomassekessel – Ergebnisse von CFD-Simulationen (I)

Brennkammerdesign – Durchmischung der Verbrennungsluft mit dem Rauchgas



Isoflächen der Rauchgas- und Luftgeschwindigkeiten [m/s] in der vertikalen Schnittebene

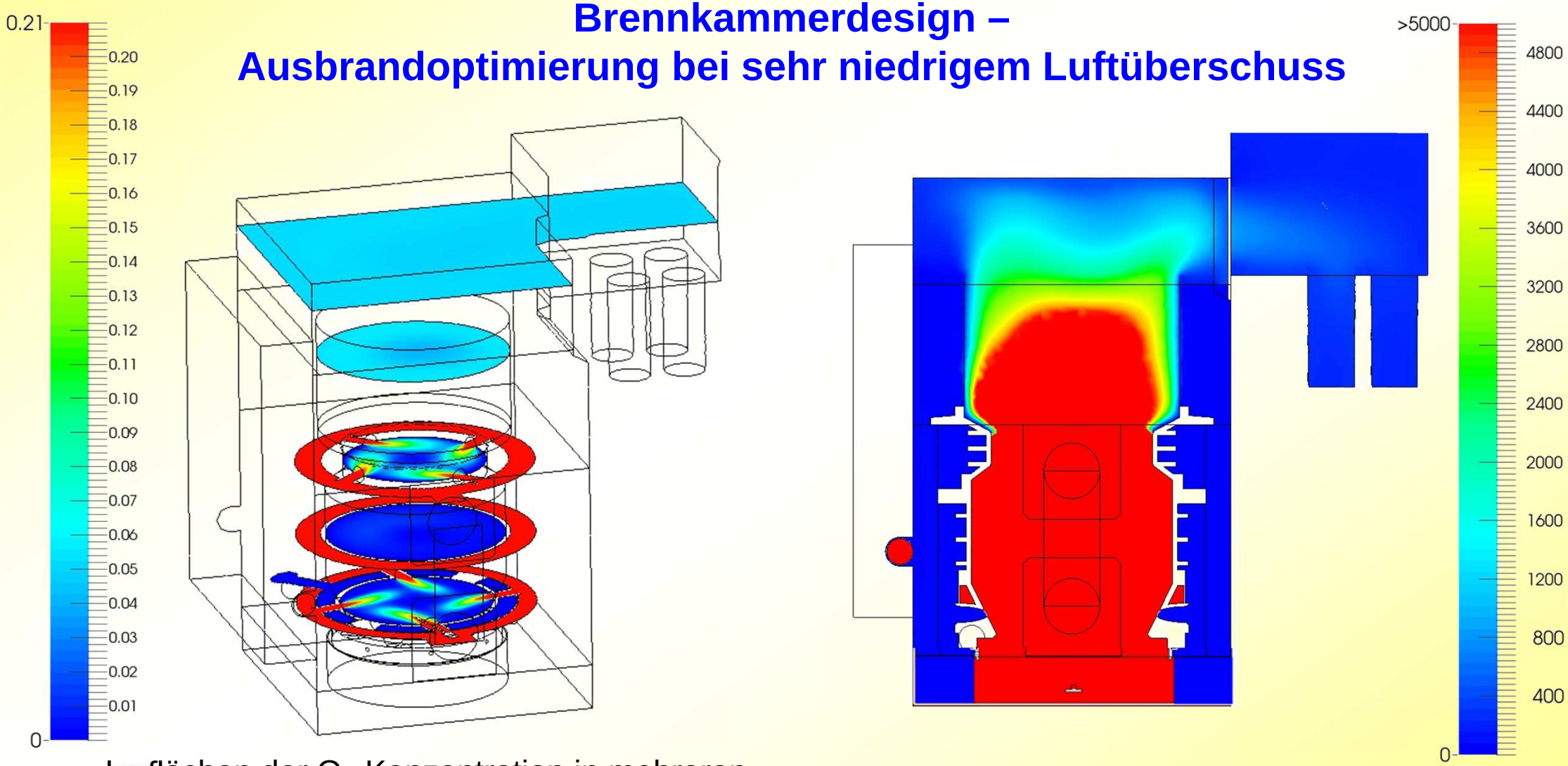


Stromlinien der Tertiärluft, eingefärbt nach der Absolutgeschwindigkeit [m/s] – 3D-Ansicht

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

Beispiel einer erfolgreichen Neuentwicklung: Low-Emission Biomassekessel – Ergebnisse von CFD-Simulationen (II)

Brennkammerdesign – Ausbrandoptimierung bei sehr niedrigem Luftüberschuss



Isoflächen der O_2-Konzentration in mehreren horizontalen Schnitten durch die Brennkammer bzw. die Luftkanäle [m³ O_2 / m³ RGf]

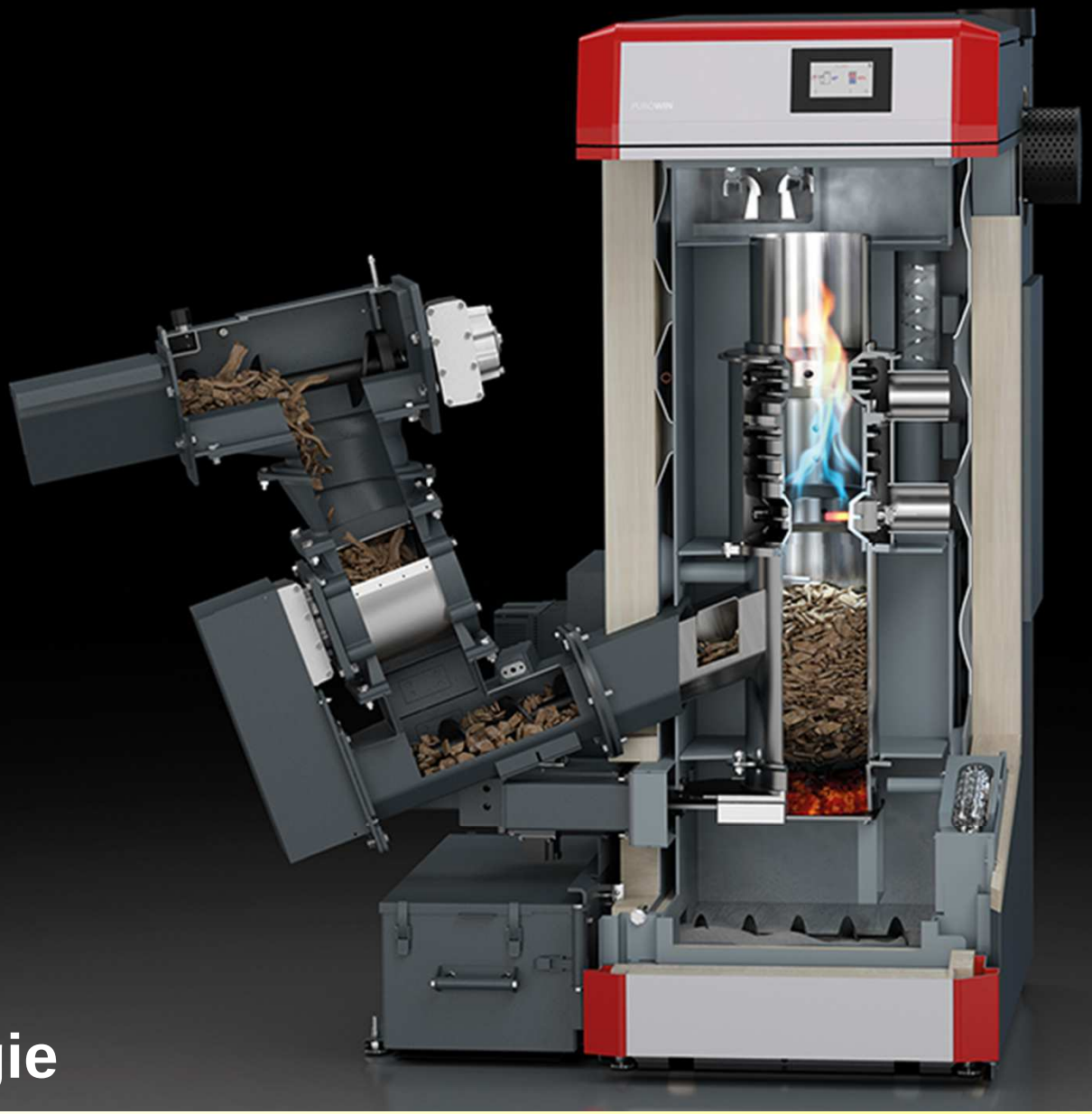
Isoflächen der CO-Konzentration [ppmV] in der vertikalen Schnittebene

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

Beispiel einer erfolgreichen Neuentwicklung: Low-Emission Biomassekessel – realisierte Anlage

SEIT 1921
windhager
DIE HEIZUNG

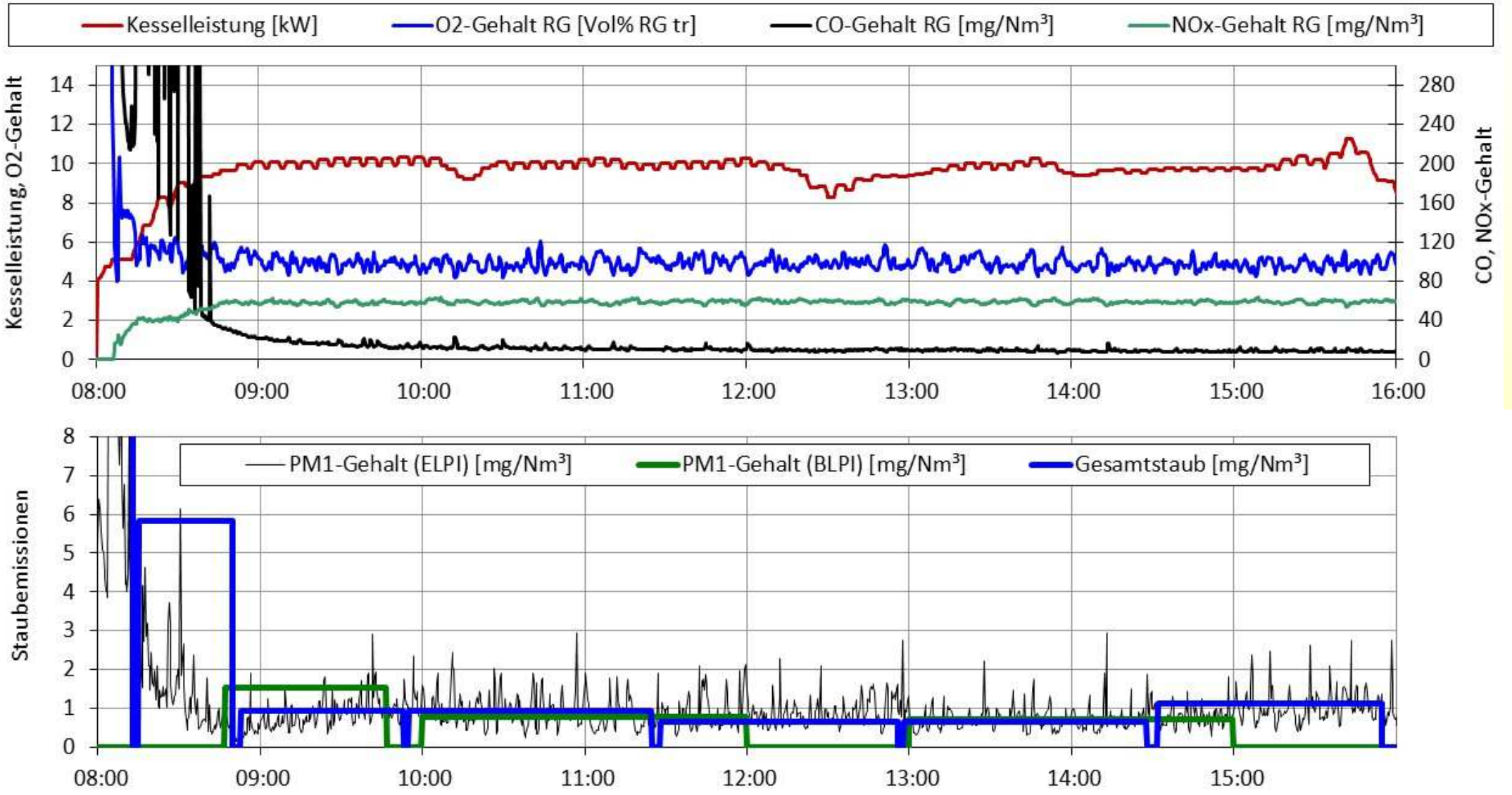
Halle 20, Stand A130



PuroWIN-Technologie

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

PuroWIN-Technologie – Emissionsverläufe Feldtest

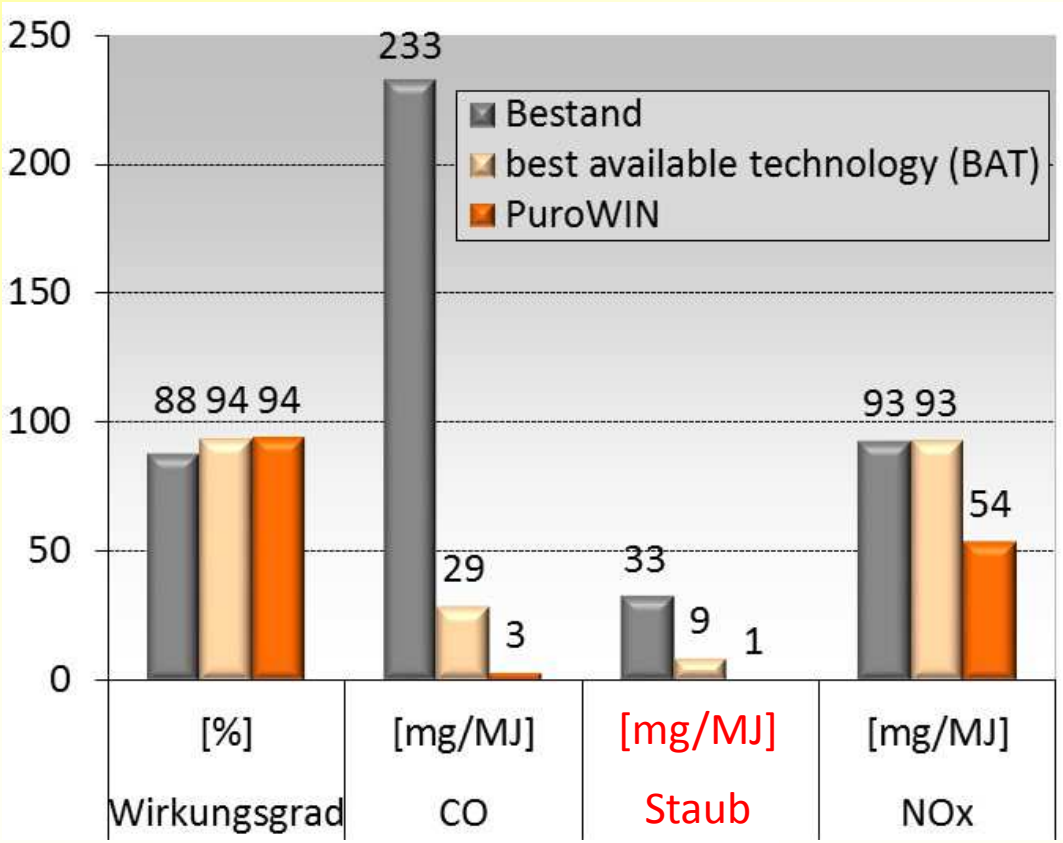


Ergebnisse von Feldtestläufen (Kesselnennleistung: 15 kW); Emissionen bezogen auf trockenes Rauchgas und 13 Vol.% O_2; NO_x als NO_2

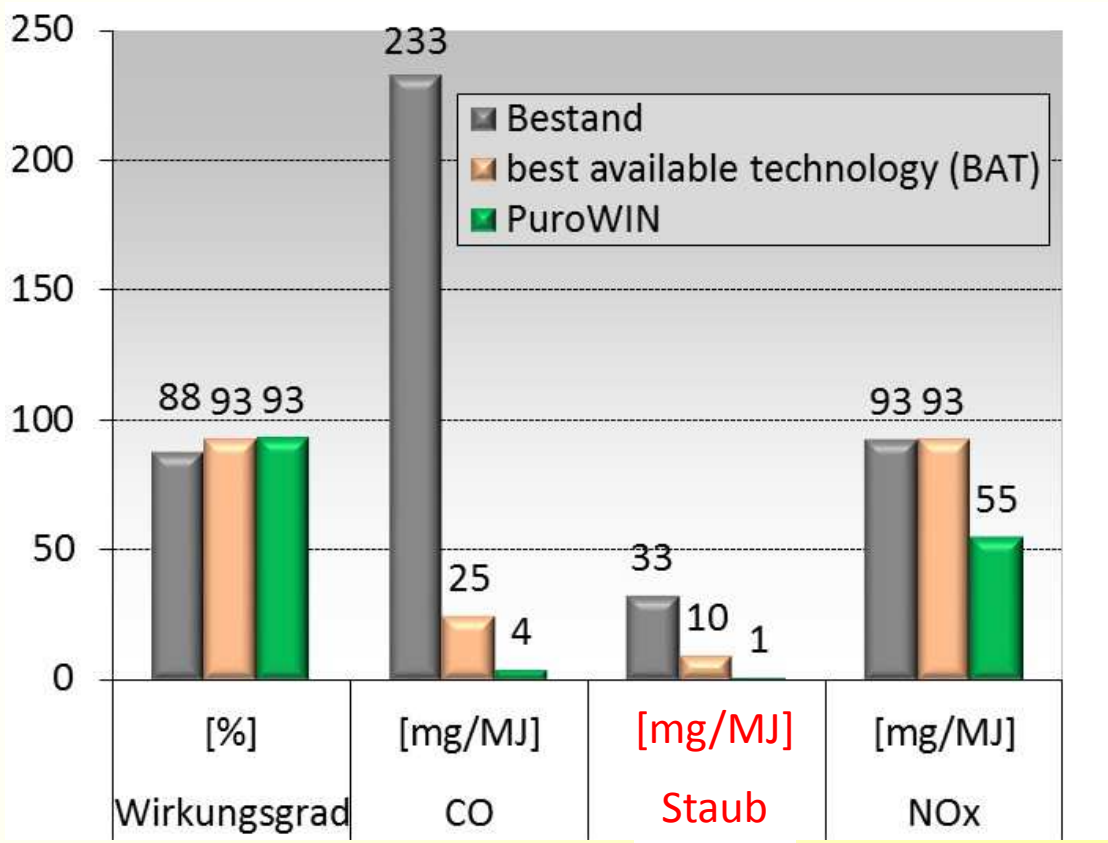
BIOENERGIESYSTEME GmbH
Hedwig-Katschinka-Straße 4, A-8020 Graz

PuroWIN-Technologie – Emissionen und Wirkungsgrade im Vergleich

Pellet - Betrieb



Hackgut - Betrieb



- Emissionsfaktoren bezogen auf den Heizwert des Brennstoffes
- Ergebnisse von Teststandmessungen
- NO_x als NO_2
- PuroWIN Daten: Ergebnisse laut Prüfbericht (DIN EN 303-5) der TÜV SÜD Industrieservice GmbH

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

Zusammenfassung relevanter Ergebnisse

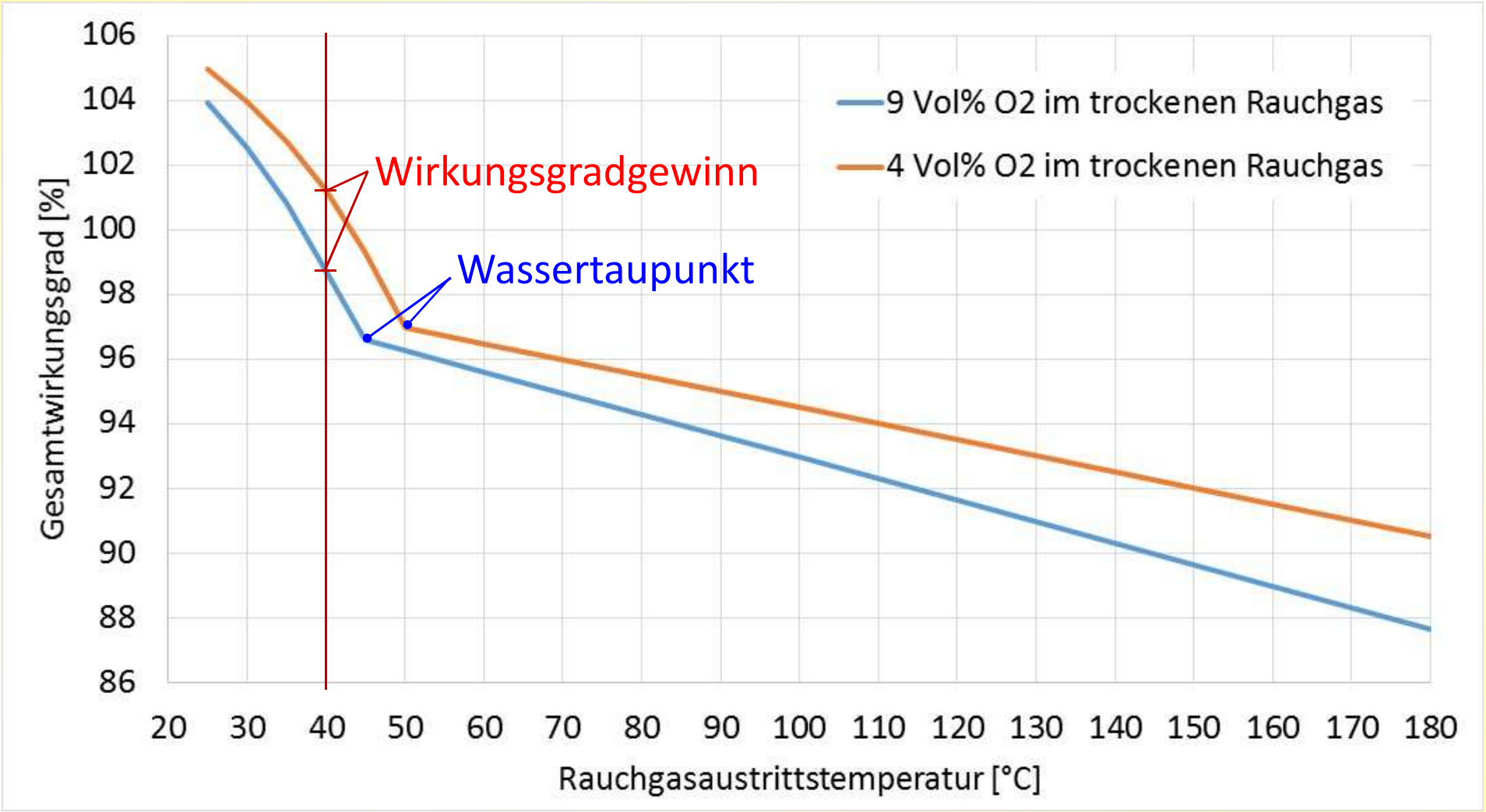
- Eine emissionsarme Verbrennung bei O_2-Gehalten zwischen 3 und 5 Vol% tr. RG ist möglich (auch bei Teillast)
- Hohe Wirkungsgrade zwischen 93-94% sind erreichbar
- Fast-Nullemission bzgl. CO und org.C bei Nenn- und Teillast
- Lastmodulation zwischen 25 – 100% ist flexibel möglich
- Die Staubemissionen können ohne Sekundärmaßnahmen auf fast Null-Emission reduziert werden ➔ Verbesserungspotential gegenüber dem Stand der Technik um rund einen Faktor 10
- Die NO_x-Emissionen lassen sich durch Mehrfachluftstufung ebenfalls deutlich reduzieren
- Proof-of concept für neue Feuerungstechnik mit extremer Luftstufung liegt nun vor ➔ ein großes Zukunftspotential für Pellet- und Hackgutfeuerungen ist gegeben, da das Prinzip der extremen Luftstufung vielseitig angewendet werden kann
- Die Technologie der extremen Luftstufung soll auch für Nicht-Holz-Brennstoffe verfügbar gemacht werden

Effizienzsteigerung

von hohen Wirkungsgraden zu hohen Nutzungsgraden

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

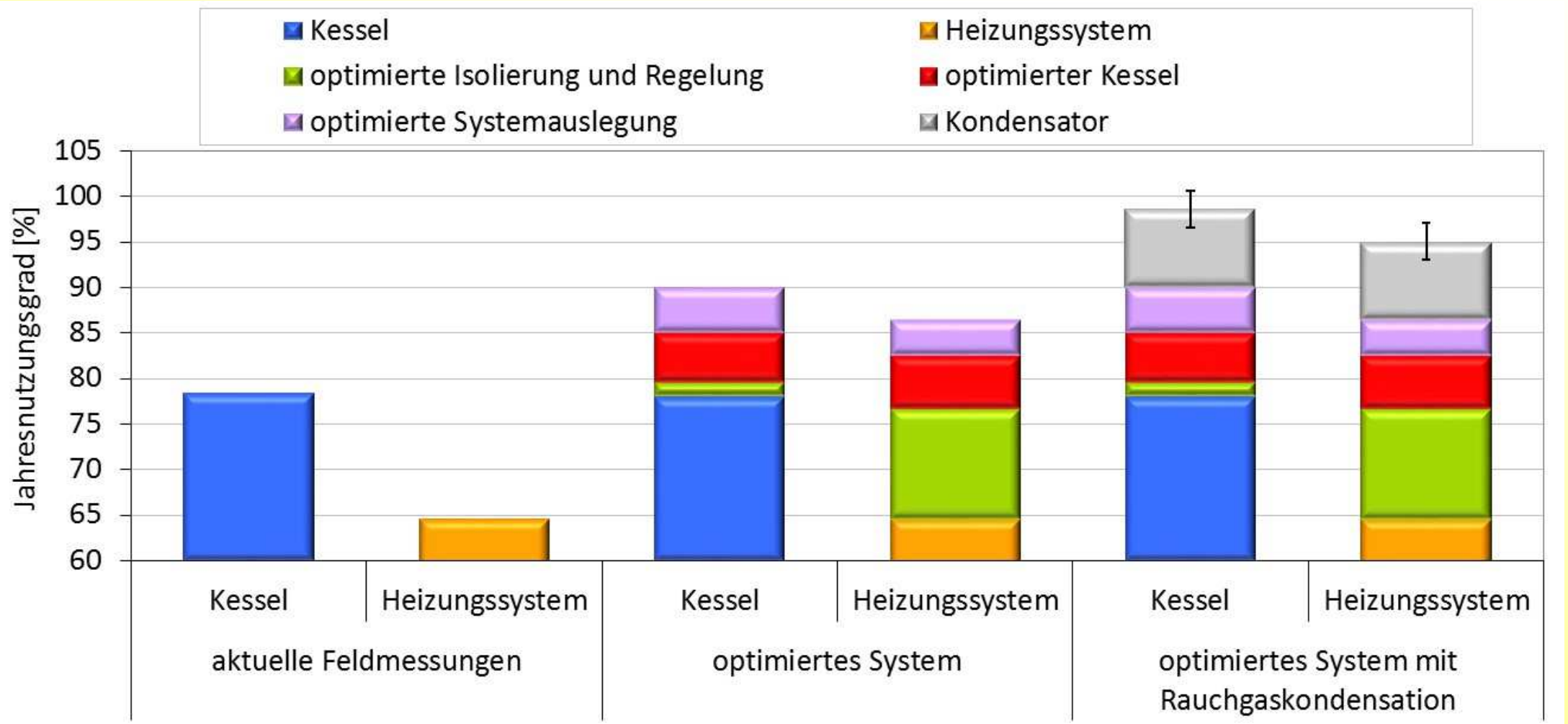
Wirkungsgradsteigerung durch Rauchgaskondensation



Erläuterungen: Brennstoff: Weichholzpellets; Wassergehalt: 10 Gew% FS;
Wirkungsgrad bezogen auf den Heizwert des Brennstoffes

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

Nutzungsgradsteigerung – Maßnahmen und Potentiale



Quelle: BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH; SmartResidentialHeat - Entwicklung von hocheffizienten Heizungssystemen mit Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen; Endbericht zum e!MISSION.at-Projekt 838674

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

Schlussfolgerungen (I)

- Nur wer die Verbrennungsabläufe im Detail versteht kann sie auch gezielt beeinflussen.

- CFD-Simulationen der Verbrennungsabläufe im Brennstoffbett und in der Gasphase zusammen mit grundlegendem Verständnis der Verbrennungs- und Aschechemie stellen die Basis für die gezielte Umsetzung von Primärmaßnahmen dar.

- Durch die richtige Rost- und Feuerungsgestaltung und darauf abgestimmte Regelung lassen sich die Partikel- und NO_x-Emissionen im Vergleich zum Stand der Technik wesentlich reduzieren.

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

Schlussfolgerungen (II)

- **Low-Dust und NO_x-Biomassefeuerungen der Zukunft sollen ohne Sekundärmaßnahmen auskommen**
  - ➔ **Großes Verbesserungspotential für die Zukunft speziell bzgl. Staubemissionsreduktion aber auch bzgl. NO_x gegeben**
  - ➔ **Low-Emission-Technologie soll zukünftig auch für Nicht-Holz-Brennstoffe verfügbar werden (Entwicklungen laufen)**

- **Bzgl. Jahresnutzungsgradsteigerung besteht ebenfalls großes Potential, das gezielt genutzt werden sollte (Lastmodulation/ Regelung, Systemoptimierung). Die Brennwerttechnik spielt dabei eine wichtige Rolle**

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

Kontakt:

Prof.Dipl.-Ing.Dr. Ingwald Obernberger

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

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

Email: obernberger@bios-bioenergy.at

HOMEPAGE: http://www.bios-bioenergy.at