BIOENERGIESYSTEME GmbH

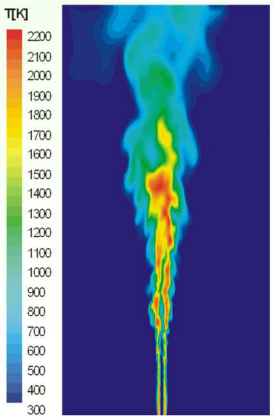
Ihr Partner für energetische Biomassenutzung und Energieeffizienz
Forschung • Entwicklung • Planung

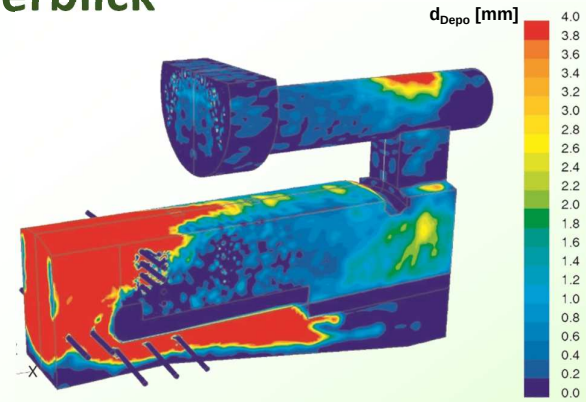
CFD-Simulationen

im Bereich thermische Biomassekonversion

Vorteile – Einsatzmöglichkeiten – Innovationen

Überblick





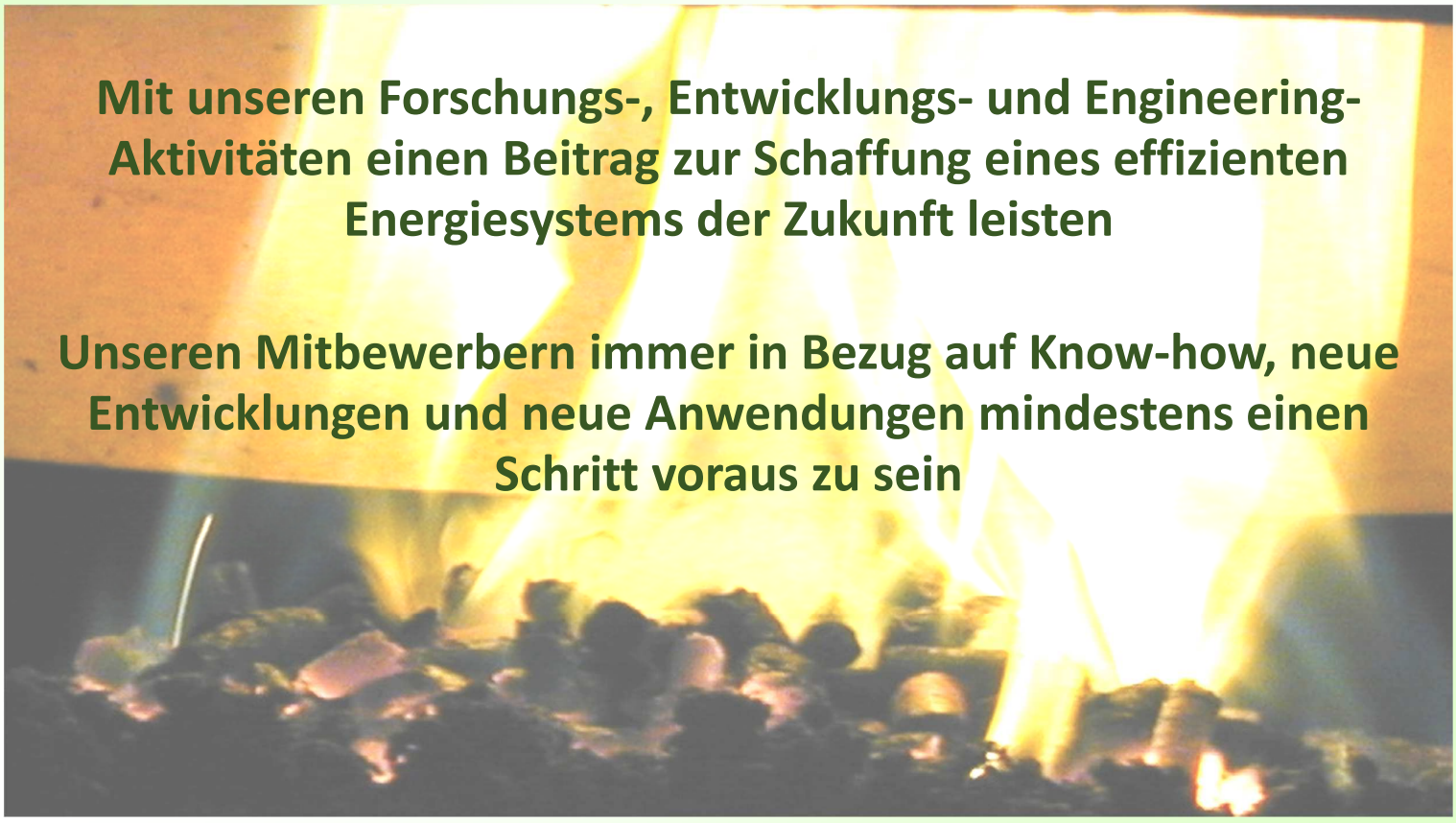
8020 Graz, Hedwig-Katschinka-Straße 4, AUSTRIA
T: +43 (316) 481300
office@bios-bioenergy.at | www.bios-bioenergy.at

Auszeichnung des Landes Steiermark

NACHHALTIGE WIRTSCHAFT – ENERGIE BIOMASSE ASCHE

BIOENERGIESYSTEME GmbH

BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH
Mission



Mit unseren Forschungs-, Entwicklungs- und Engineering-Aktivitäten einen Beitrag zur Schaffung eines effizienten Energiesystems der Zukunft leisten

Unseren Mitbewerbern immer in Bezug auf Know-how, neue Entwicklungen und neue Anwendungen mindestens einen Schritt voraus zu sein

Was sind CFD-Simulationen?

- CFD (Computational Fluid Dynamics = numerische Strömungsmechanik) ist die räumlich (und zeitlich) aufgelöste Simulation von Strömungs- und Wärmeleitungsprozessen.
- Hierbei können die Strömungsprozesse laminar oder turbulent sein, von chemischen Reaktionen begleitet auftreten oder es kann sich um ein mehrphasiges System handeln.
- Die 3-dimensionale Visualisierung der turbulenten, chemisch reaktiven Strömung im Feuerraum ist damit möglich.
- CFD-Simulationen eignen sich somit hervorragend als Design- und Optimierungswerkzeug.

Vorteile einer Anlagenentwicklung mittels CFD-Simulation

- Besseres grundlegendes Verständnis bezüglich der Abläufe in einem Verbrennungs-, Vergasungs- bzw. Pyrolysereaktor
- Erhöhte Sicherheit bei der Anlagenentwicklung
- Reduktion von Entwicklungszeiten und Testaufwand
- Erhöhte Anlagenverfügbarkeiten und Reisezeiten
- Erhöhte Brennstoff-Flexibilität
- Reduzierter Materialverschleiß
- Erhöhter Anlagenwirkungsgrad
- Verminderte Emissionen
- Kompakte Anlagenbauweise

Grundlagen und Rahmenbedingungen

- Die CFD-Modelle bestehen aus eigenentwickelten Rost-, Bett- und Flugstromkonversionsmodellen sowie aus modifizierten und im Labormaßstab validierten Submodellen der CFD-Software ANSYS Fluent für die Simulation der turbulenten, reaktiven Strömungen in Verbrennungs-, Vergasungs- und Pyrolysereaktoren.
- Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere CFD-Modelle für verschiedene Anwendungszwecke entwickelt (z.B. modifiziertes Abbrandmodell für Scheitholz, NO_x-Bildungsmodell, Aerosolbildungsmodell, Aschedepositionsmodell, Teerkonversionsmodell, Pyrolysemodell etc.), die in der Folge beschrieben werden.
- Die Anwendbarkeit der CFD-Modelle und die Verlässlichkeit der Simulationsergebnisse wurde an Labor-, Pilotanlagen und industriellen Feuerungen erfolgreich geprüft.
- In der CFD-Gruppe kommen die Programme ANSYS Fluent, OpenFOAM, FactSage, Chemkin und SolidWorks zum Einsatz.

Zielsetzungen der CFD-Simulation (1)

- Effiziente Durchmischung von Gas- und Oxidationsmedium
- Bestmögliche Ausnutzung der Reaktorgeometrie (kompakte Anlagengröße)
- Reduktion von lokalen Geschwindigkeits- und Temperaturspitzen, um Materialerosion und Depositionen möglichst gering zu halten
- Optimierung der Luftstufung zur Emissionsreduktion
- Wirkungsgradoptimierung
- Beurteilung von Sensitivitäten (z.B. Geometrieänderungen, Lasteinfluss, Wassergehaltseinfluss, Änderung der Luftstufung)
- Effiziente Temperaturkontrolle zur Erreichung einer hohen Brennstoff-Flexibilität
- Entwicklung von Verbrennungssystemen mit minimalen Emissionen und hoher Brennstoff-Flexibilität

BIOENERGIESYSTEME GmbH

Zielsetzungen der CFD-Simulation (2)

- **Optimierung des Vergasungsmittels und der Reaktorgeometrie zur Erreichung einer möglichst vollständigen und gleichmäßigen Vergasung sowie einer hohen Brennstoffflexibilität und Produktgasqualität**
- **Optimierung von Biomasse-Pyrolysereaktoren zur Erreichung einer möglichst guten Biokohlequalität und Gesamteffizienz**
- **Optimierung der Strömung, Verweilzeit und Temperaturverteilung in Gasreinigungsanlagen**
- **Entwicklung von Brennern für Produktgas, Pyrolysegas und Pyrolyseöl**

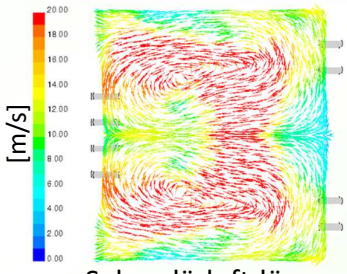
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-gestützte Entwicklung und Optimierung von Biomassefeuerungen und Kesseln (1)

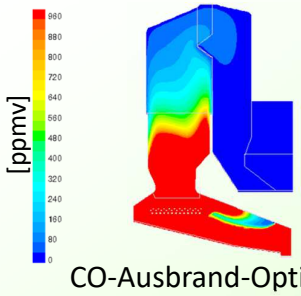
- **Festbett- und Rostfeuerungen**
- **Staubfeuerungen**

Wichtige Aspekte:

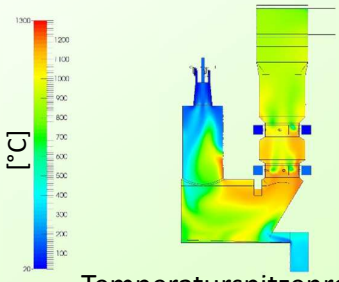
- Düsen- und Luftstufungsoptimierung
- Reduktion lokaler Temperatur- und Geschwindigkeitsspitzen
- Emissionsreduktion
- Wirkungsgradoptimierung
- Erhöhung der Brennstoffflexibilität
- Vermeidung von Totzonen
- Vermeidung von Erosion durch Flugaschepartikel



Sekundärluftdüsenoptimierung



CO-Ausbrand-Optimierung



Temperaturspitzenreduktion

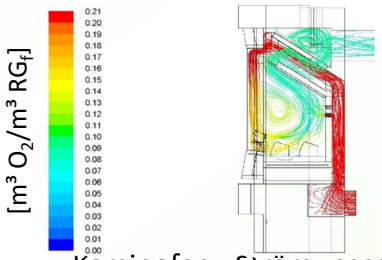
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-gestützte Entwicklung und Optimierung von Biomassefeuerungen und Kesseln (2)

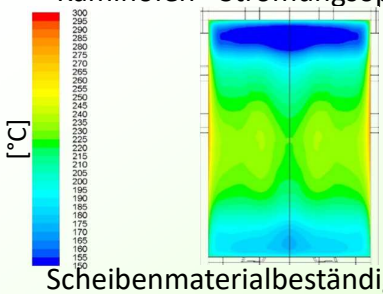
- **Scheitholzkaminöfen und Kaminofeneinsätze**
- **Pellets-Kaminöfen**

Wichtige Aspekte

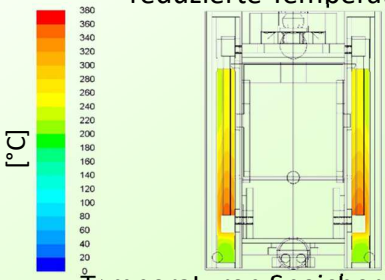
- Optimierung der Sichtscheibe bzgl. Materialbeständigkeit, Scheibenspülung und Scheibenverschmutzung
- Erzielung eines vollständigen Ausbrands und minimaler Staubemissionen durch optimierte Geometrie und Lufteinmischung
- Wirkungsgradoptimierung
- Konzeption von Kaminöfen mit Wärmespeichern



Kaminofen - Strömungsoptimierung



Scheibenmaterialbeständigkeit durch reduzierte Temperaturen

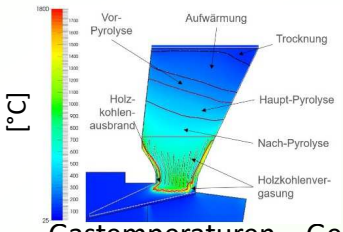


Temperaturen Speichermaterial

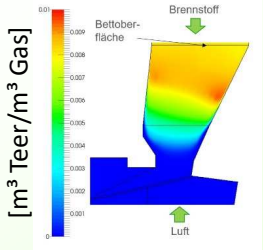
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-gestützte Entwicklung und Optimierung von Biomasse-Festbettvergasern und Gasbrennern

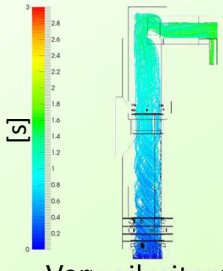
- **Entwicklung und Optimierung der Reaktorgeometrie**
  - Simulation der Festbett- und Gasphasenkonversion basierend auf einem 2D oder 3D Bettmodell zur Reaktoroptimierung
  - Optimierung von Vergasung und Produktgasqualität
  - Optimierung des Teerabbaus
- **Entwicklung und Optimierung von Produktgasbrennern**
  - Anwendung speziell entwickelter Gasphasenverbrennungsmodelle unter Berücksichtigung der Teerkonversion
  - Emissionsminimierung
  - Wirkungsgradoptimierung



Gastemperaturen – Gegen-stromfestbettvergaser (GFBVG)



Teerkonzentrationen - (GFBVG)



Verweilzeitoptimierung Produktgasbrenner

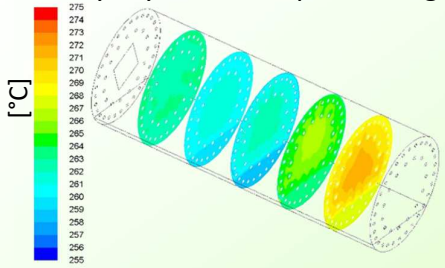
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-gestützte Entwicklung und Optimierung von Biomasse-Festbettpyrolyse- und Torrefikationsanlagen

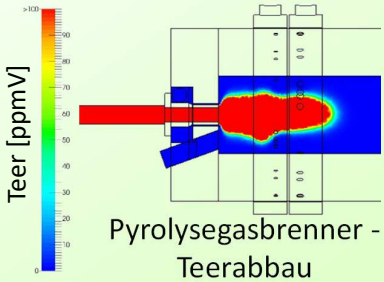
- **Entwicklung und Optimierung der Reaktortechnik**
  - Simulation der Festbett- und Gasphasenkonversion basierend auf einem 2D- oder 3D-Bettmodell
  - Optimierung von Biokohlequalität und Gesamteffizienz

Pyrolysereaktoroptimierung

- **Entwicklung und Optimierung von Pyrolysegasbrennern**
  - Vermeidung von Teerkondensation
  - Optimierung des Teerabbaus
  - Minimierung der Emissionen



Torrefikationsreaktoroptimierung

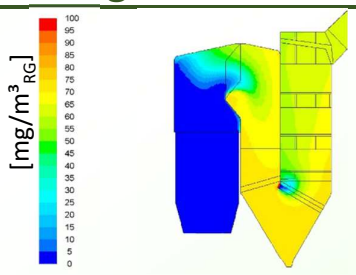


Pyrolysegasbrenner - Teerabbau

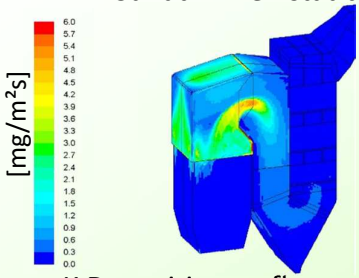
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-Simulationen hinsichtlich aschebedingter Probleme

- **Aerosol- und Depositionssimulationen**
  - Freisetzungsmodell für Flugaschepartikel und Aschedämpfe
  - Deposition von Flugaschepartikeln an Wänden
  - Kondensation von Aschedämpfen
  - Berücksichtigung von Erosionsvorgängen
  - Berücksichtigung der Aerosolbildung
  - Depositionsaufbau und dessen Einfluss auf den Wärmefluss
  - Berechnung von Ascheabscheidungsraten in verschiedenen Anlagenzonen

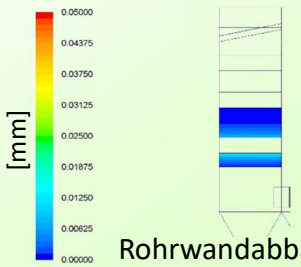


K-Sulfat im Feinstaub



K Depositionsaufbaurate

- **Korrosionssimulationen**
  - Setzen auf Depositionssimulationen auf
  - Qualitative Bewertung der lokal auftretenden Korrosionsmechanismen (Oxidation, Verzunderung, chlorinduzierte Oxidation, Korrosion durch Salzschmelze)

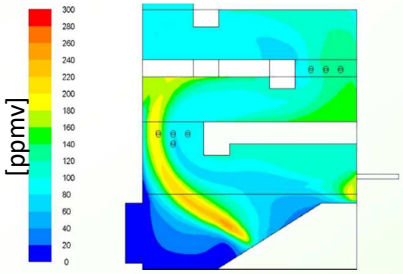


Rohrwandabbau durch Korrosion

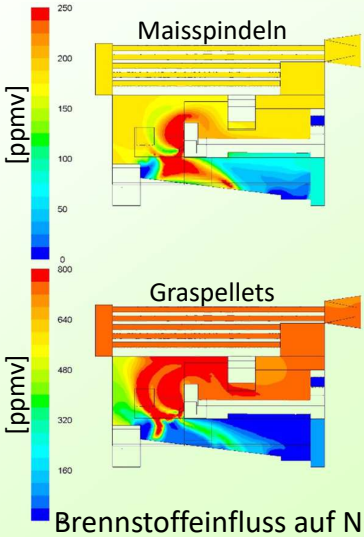
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-Simulation der NO_x-Bildung

- **Modellüberblick**
  - Berücksichtigung der wesentlichen NO_x-Vorläufersubstanzen NO, NH_3 und HCN
  - Berücksichtigung der N-Freisetzung aus dem Brennstoffbett
  - Berücksichtigung der N-Freisetzung aus Teeren
  - Realistische Beschreibung der NO_x-Bildung und Reduktion mittels detaillierter Kinetik
  - Detaillierte, vollständige Kinetik (Kilpinen 92) und detaillierte, reduzierte Kinetik (Kilpinen 97-Skeletal) verfügbar
  - Eddy Dissipation Concept
- **Optimierung der Reduktion der NO_x-Emissionen durch Primärmaßnahmen (z.B. Luftstufung, Optimierung der Verweilzeit und Durchmischung in der Reduktionszone)**



NO_x- Reduktionsoptimierung durch Luftstufung

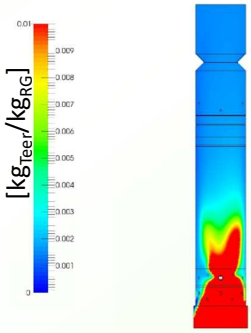


Brennstoffeinfluss auf NO_x[13]

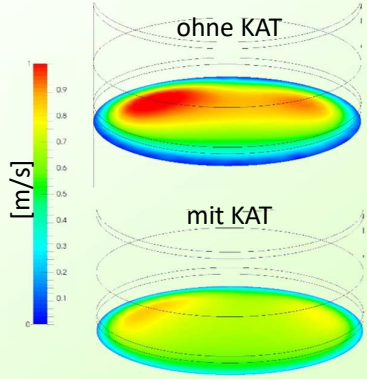
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-Simulation der Teerbildung und Teerkonversion sowie der Integration von Katalysatoren

- **Teerkonversionsmodell – Modellüberblick**
  - Eigenentwickelter detaillierter Mechanismus zur Vorhersage der Teerbildung und Teerkonversion
  - Berücksichtigung von 37 Spezies und 415 chemischen Reaktionen
  - Anwendung sowohl in Gasphasenverbrennungssimulationen als auch in Bettsimulationen für Pyrolyse oder Vergasung
  - Optimierung des Teer-Ausbrands durch Primärmaßnahmen
- **Katalysatormodell**
  - Eigenentwickeltes Modell
  - Berücksichtigung der Strahlungsinteraktion zwischen Gas und Katalysator, des konvektiven Wärmeübergangs sowie der anisotropen Wärmeleitung im Katalysatormaterial
  - CFD-gestützte Integration von Katalysatoren in Biomassekonversionsanlagen



Teerabbau in einem Produktgasbrenner

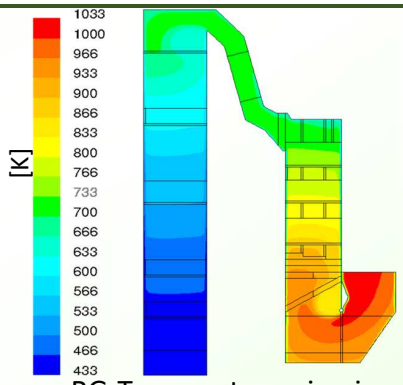


KAT-Einfluss auf RG-Geschwindigkeiten vor KAT

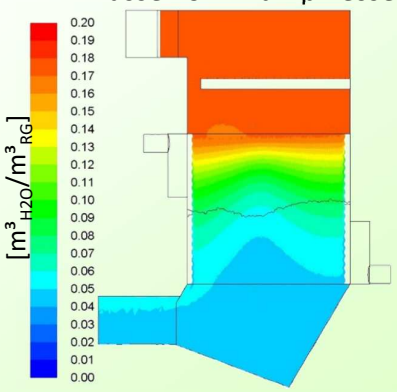
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-Simulation von Wärmetauschern und Kondensatoren

- **Konventionelle Wärmetauscher**
  - Detaillierte Simulation mit einzelnen aufgelösten Wärmetauscherrohren
    - Anwendung v.a. für kleine und mittelgroße Wärmetauscher (hoher Rechenaufwand)
  - Simulation mit eigenentwickeltem Wärmetauschermodell
    - Anwendung v.a. für Rohrbündelwärmetauscher in Großfeuerungen (geringerer Rechenaufwand)
- **Kondensatoren**
  - Berücksichtigung der einzelnen Wärmetauscherrohre
  - DPM (Discrete Phase Model) basiertes Filmkondensationsmodell inkl. Berücksichtigung der (teilweisen) Wiederverdampfung des Wandfilms
- **Betrachtung von Primär- und Sekundärwärmeträger-medium (z.B. Rauchgas und Wasser)**



RG-Temperaturen in einem Wasserrohr-Dampfkessel

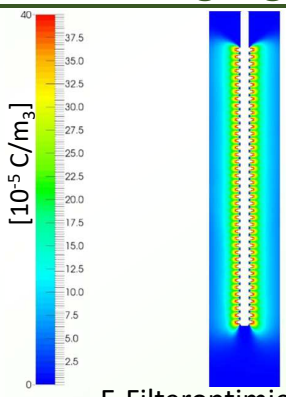


Wassergehalt im Abgas eines Kondensators

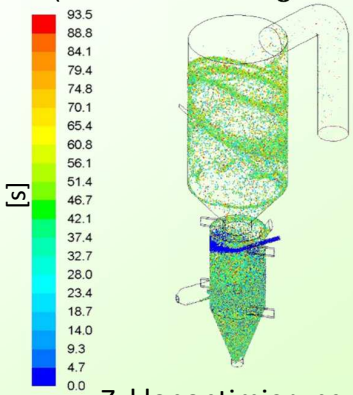
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-Simulation von Gasreinigungssystemen

- **Entwicklung und Optimierung von Reinigungssystemen für Rauchgas, Produktgas und Pyrolysegas**
- **Entwicklung und Optimierung von:**
  - Elektrofiltern
  - Zyklonen
  - Gewebefiltern
- **Optimierung von:**
  - Strömung
  - Verweilzeit
  - Temperaturverteilung
  - Abscheideeffizienz



E-Filteroptimierung (Ionenraumladungsdichte)

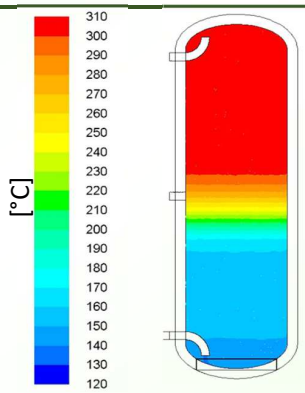


Zyklonoptimierung (Partikelverweilzeit)

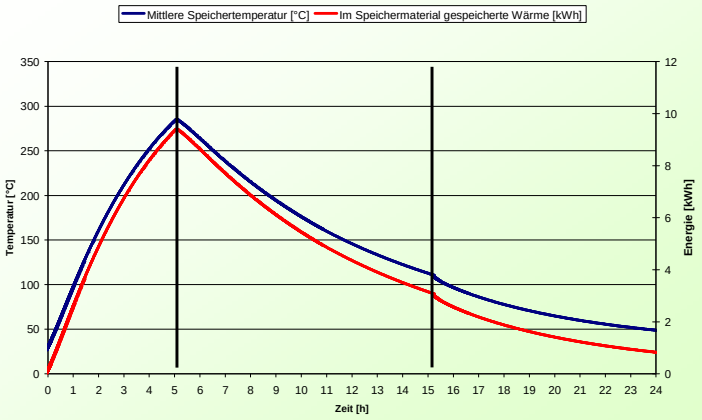
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-Simulation von Wärmespeichern

- **Entwicklung und Optimierung von Pufferspeichern, Feststoffspeichern und Latentwärmespeichern**
- **Durchführung von instationären CFD-Simulationen zur Bewertung von Be- und Entladevorgängen**
- **Optimierung von:**
  - Schichtungsverhalten
  - Erforderliche Speicherkapazität
  - Heiz- und Entladezyklen
  - Maximaltemperaturen (bzgl. zulässiger Materialtemperaturen)



Schichtung Pufferspeicher

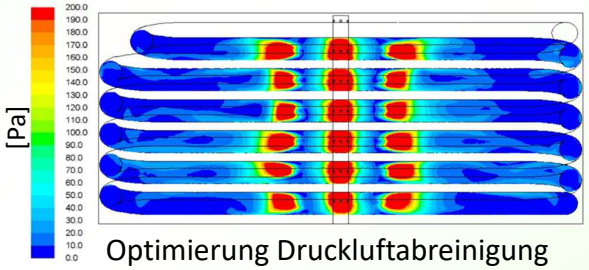


Be- und Entladung Steinspeicher

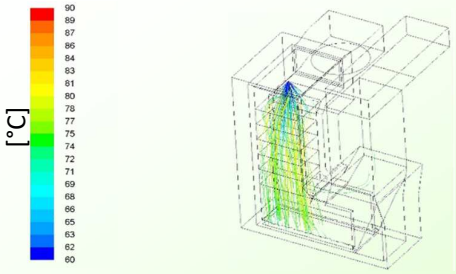
BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: CFD-Simulationen für Spezialanwendungen

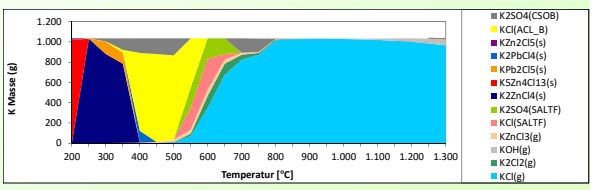
- **Beurteilung und Optimierung von Druckluftabreinigungsanlagen**
- **Wärme- und Druckverlustberechnungen von Fernwärmeleitungen**
- **Raum- und Umströmungssimulation in Heizhäusern und Industriebetrieben**
- **Gestaltung und Optimierung von Misch-kammern (z.B. Quenchsysteme)**
- **Simulation von Schmelzreaktoren**
- **Detaillierte kinetische Berechnungen**
- **Hochtemperatur-Gleichgewichtsberechnungen (HT-GGB) zur Bewertung der Aschechemie**



Optimierung Druckluftabreinigung (Wandschubspannung)



Optimierung Quenchsystem (Tropfentemperaturen)

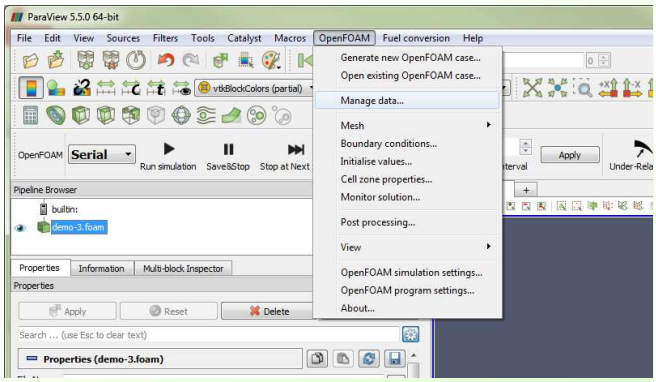


HT-GGB

BIOENERGIESYSTEME GmbH

Tätigkeitsfeld: Erstellung maßgeschneiderter Simulationsroutinen für Kunden in OpenFOAM

- **OpenBioPD (Open-Source-Software based Bioenergy Plant Design): maßgeschneiderte CFD-Lösungen für Kunden auf Basis von OpenFOAM**
- **OpenBioPD ist ein effizientes CFD-basiertes Entwicklungstool für Kunden, die selbst CFD-Simulationen durchführen möchten**
- **Vorteile für Kunden:**
  - Eigenentwickelte CFD-Routinen basierend auf der langjährigen Erfahrung von BIOS
  - Maßgeschneiderte CFD-Routinen gemäß den Kundenanforderungen
  - An die Kundenanforderungen angepasste grafische Benutzeroberfläche (GUI)
  - Kundenorientierte Schulungs-, Support- und Updateservices
  - Keine Limitierung bzgl. CPU-Einsatz
  - Keine jährlichen Lizenzgebühren



GUI

- **OpenBioPD stellt somit ein benutzerfreundliches und leicht zu erlernendes CFD-Softwarepaket dar**

BIOENERGIESYSTEME GmbH

Auszeichnungen (1)

Wissenschaftliche Auszeichnung:

- **Award für die beste wissenschaftliche Arbeit der Sektion „Biomass Production and Utilisation R&D – Combustion" bei der 1st World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry, Juni 2000, Sevilla, Spanien für das Poster "CFD ANALYSIS OF AIR STAGING AND FLUE GAS RECIRCULATION IN BIOMASS GRATE FURNACES"**

FEMtech-Expertin des Monats März 2020:

- **Dr. Mag. Claudia Benesch, Bereichsleiterin der CFD-Abteilung bei BIOS, wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) zur Expertin des Monats im Monat März 2020 gekürt**

Auszeichnungen (2)

Auszeichnung für CFD-gestützte Feuerungsentwicklung:

- **Nominierung zum Sonderpreis VERENA im Rahmen der Verleihung des Staatspreis Innovation 2015 „KWB Multifire – neue Brennertechnologie zur Verwertung von Reststoffen aus der Landwirtschaft“**

Verleihung des steirischen Landeswappens:

- **Auf Grund besonderer Leistungen im Interesse des Landes Steiermark hat die steirische Landesregierung 2019 der BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH das Recht zur Führung des Steirischen Landeswappens verliehen.**

Referenzen (1)

- **Entwicklung und Optimierung großer Feuerungen und Kessel für Biomasse, Altholz, Ersatzbrennstoff und Müll (Kesselnennleistung > 1 MW_{th}) für Industriekunden**
  - Josef Bertsch GmbH & CO, Bludenz (AT)
  - TIWAG Tiroler Wasserkraft AG, Innsbruck (AT)
  - LINZ Strom GmbH, Linz (AT)
  - Standardkessel, Duisburg (DE)
  - Binder Energietechnik GmbH, Bärnbach (AT)
  - VYNCKE ENERGIETECHNIEK N.V., Harelbeke (BE)
  - Biostrom Erzeugungs GmbH, Fussach (AT)
  - VIESSMANN Holzfeuerungsanlagen GmbH, Hard (AT)
  - Euro Therm A/S, Tranbjerg (DK)
  - Oschatz GmbH, Essen (DE)
  - POLYTECHNIK Luft- und Feuerungstechnik GmbH, Weissenbach (AT)
  - Biomasse Italia S.p.A., Strongoli (IT)
  - TILLY HOLZINDUSTRIE GmbH, Treibach/Althofen (AT)
  - Wopfinger Baustoffindustrie GmbH, Waldegg (AT)
  - Andritz AG, Graz (AT)
  - MAWERA Holzfeuerungsanlagen GmbH, Hard (AT)

Referenzen (2)

- **Entwicklung und Optimierung von Feuerungen mittlerer Größe (Kesselnennleistung 0,1 bis 1 MW_{th})**
  - VIESSMANN Holzfeuerungsanlagen GmbH, Hard (AT)
  - POLYTECHNIK Luft- und Feuerungstechnik GmbH, Weissenbach (AT)
  - UNICONFORT srl, San Martino di Lupari (IT)
  - KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH, St. Margarethen (AT)
  - SL-Technik GmbH, St. Pantaleon (AT)
- **Entwicklung und Optimierung von Kleinfeuerungsanlagen und Kaminöfen (Kesselnennleistung < 100 kW_{th})**
  - Viessmann Werke GmbH & Co KG, Allendorf (Eder) (DE)
  - KWB Kraft und Wärme aus Biomasse GmbH, St. Margarethen (AT)
  - Windhager Zentralheizung GmbH, Seekirchen (AT)
  - HAAS + SOHN OFENTECHNIK GMBH, Puch (AT)
  - Fröling Heizkessel- und Behälterbau GmbH, Grieskirchen (AT)
  - GUNTAMATIC Heiztechnik GmbH, Peuerbach (AT)

Referenzen (3)

- **Entwicklung und Optimierung von Kleinfeuerungsanlagen und Kaminöfen (Kesselnennleistung < 100 kW_{th}) (Fortsetzung)**
  - ETA Heiztechnik GmbH, Hofkirchen an der Trattnach (AT)
  - RIKA Innovative Ofentechnik GmbH, Micheldorf (AT)
  - SL-Technik GmbH, St. Pantaleon (AT)
- **Entwicklung und Optimierung von Vergasungstechnologien und Gasbrennern**
  - POLYTECHNIK Luft- und Feuerungstechnik GmbH, Weissenbach (AT)
  - Windhager Zentralheizung GmbH, Seekirchen (AT)
  - Viessmann Werke GmbH & Co KG, Allendorf (Eder) (DE)
  - MAWERA Holzfeuerungsanlagen GmbH, Hard (AT)
  - MWH Treatment Ltd, Manchester (UK)
- **Entwicklung und Optimierung von Pyrolyseanlagen und Pyrolyseöl- und Pyrolysegasbrennern**
  - POLYTECHNIK Luft- und Feuerungstechnik GmbH, Weissenbach (AT)
  - OPRA Turbines BV, Hengelo (NL)
  - Andritz AG, Graz (AT)

Weitere CFD-Aktivitäten:

- Elektrofilterentwicklung: Scheuch GmbH, Aurolzmünster (AT)
- Entwicklung von Rauchgaskondensatoren, SL-Technik GmbH, Kelvion GmbH (AT)
- Wärmeverlustberechnung von Fernwärmeleitungsrohren: A/S Star Pipe, Fredericia (DK)
- Optimierung der Nachverbrennung in einer Staubabscheidekammer, Taiwan Steel Union CO., LTD (TW)
- Optimierung der Druckluftabreinigungsanlage einer Biomasse-Kleinfeuerungsanlage, ETA Heiztechnik GmbH, Hofkirchen an der Trattnach (AT)
- Druckverlustberechnung eines Rohrkrümmers, ISOPLUS Fernwärmetechnik GmbH, Hohenberg (AT)
- Simulation der Beladung und Entladung eines Thermoöl-Pufferspeichers, voestalpine Tubulars GmbH & Co KG, Kindberg-Aumuehl (AT)
- Simulation der Aussenumströmung eines Luftkühlers, EVN AG, Maria Enzersdorf (AT)

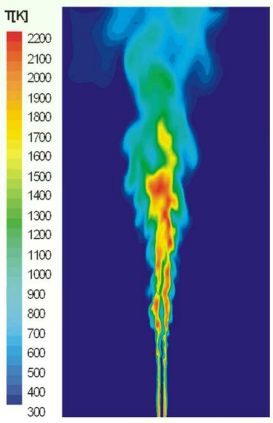
BIOENERGIESYSTEME GmbH

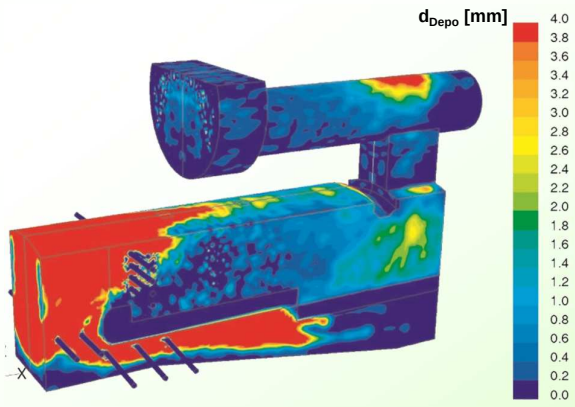
Ihr Partner für energetische Biomassenutzung und Energieeffizienz
Forschung • Entwicklung • Planung

CFD-Simulationen

im Bereich thermische Biomassekonversion

Vorteile – Einsatzmöglichkeiten – Innovationen





8020 Graz, Hedwig-Katschinka-Straße 4, AUSTRIA
T: +43 (316) 481300
office@bios-bioenergy.at | www.bios-bioenergy.at