Konferenzreader

14./15. November 2013 in Leipzig

Fünf Jahre BMU-Förderprogramm „Energetische Biomassenutzung“ – Wege zur effizienten Bioenergie!

BMU-Förderprogramm

Energetische Biomassenutzung

Gefördert vom

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Koordiniert vom

ptJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

Impressum

Herausgeber
Programmbegleitung des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“

Kontakt
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116, D-04347 Leipzig
Telefon: +49 (0)341 2434-554
Telefax: +49 (0)341 2434-133
E-Mail: diana.pfeiffer@dbfz.de
www.energetische-biomassenutzung.de

Geschäftsführung
Wissenschaftlicher Geschäftsführer: Prof. Dr. mont. Michael Nelles
Administrativer Geschäftsführer: Dipl.-Kfm. (FH) LL.M. Daniel Mayer

Bildnachweis
Titel: DBFZ
Jeder Autor ist für die korrekte und rechtskonforme Verwendung seiner Darstellungen und Bilder selbst verantwortlich.

Layout & Herstellung
Diana Pfeiffer
Angela Gröber

Förderung
Erstellt mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin (BMU)

© Copyright: Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Druckerzeugnisses darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers vervielfältigt oder verbreitet werden. Unter dieses Verbot fällt insbesondere auch die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und die Vervielfältigung auf anderen digitalen Datenträgern.

© DBFZ, Leipzig 2013

Konferenzreader

5. Statuskonferenz

Fünf Jahre

BMU-Förderprogramm „Energetische Biomassenutzung“ - Wege zur effizienten Bioenergie!

14. - 15.11.2013 in Leipzig

Herausgegeben von der
Programmbegleitung des BMU-Förderprogramms

Energetische
Biomassenutzung

Gefördert vom
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Koordiniert vom
PtJ
Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich

Wissenschaftlich
begleitet vom
DBFZ

Inhalt

Auftaktvorträge 4

1 5 Jahre Forschung zu Nachhaltigkeit und Effizienz im BMU-Förderprogramm „Energetische Biomassenutzung“ – *D. Thrän (DBFZ)* 5

2 Bioenergie in der Energiewende – Konflikte und Lösungsansätze – *C. Hey (SRU)* 16

Forum 1: Emissionsminderung und Effizienz in Kleinfeuerungsanlagen 28

1.1 Neuartiger emissionsarmer Kaminofen – *D. Enke (Universität Leipzig, Institut für Technische Chemie)* 29

1.2 Emissionsminderung durch integrierte und kombinierte Maßnahmen in Biomasse-Kleinfeuerungen – Feuerungsanlage: Multifuelkessel – *M. Matthes (DBFZ)* 38

1.3 Entwicklung eines Hochtemperaturwärmeübertragers für die Kopplung von Biomassekesseln mit Stirlingmotor – *N. Senkel (CUTEC Institut GmbH)* 45

1.4 Elektrostatischer Feinstpartikelabscheider zur flexiblen Anpassung an Biomassekessel – *H.-R. Paur (Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technische Chemie)* 53

1.5 OPTIDUST – Entwicklung eines elektrostatischen Staubfiltersystems für Biomassekessel: Stand der Entwicklungen und Praxisergebnisse – *A. Berhardt (IZES)* 59

1.6 Emissionsminderung durch integrierte und kombinierte Maßnahmen in Biomasse-Kleinfeuerungen – Feuerungsanlage: Einzelraumfeuerung – *C. Thiel (DBFZ)* 69

1.7 Entwicklung von emissionsarmen häuslichen Feuerstätten für feste Brennstoffe – *W. Juschka (Universität Stuttgart, Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik - IFK)* 78

1.8 Verbrennung alternativer Biomassen in einer Kleinfeuerungsanlage mit wassergekühltem Brennerkopf – *M. König (DBFZ)* 91

Forum 2: Mehr Effizienz in Biogasanlagen 97

2.1 Biogasgewinnung aus lignozellulosehaltigen Reststoffen – *A. Wufka (Fraunhofer IKTS)* 98

2.2 Erschließung von Pferdemist als Gärsubstrat für Biogasanlagen – *M. Mönch-Tegeder (Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie, Universität Hohenheim)* 109

2.3 REMISBIO - Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen aus Biogasanlagen – *R. Bindig (DBFZ)* 117

2.4 Entwicklungen im effizienten Betrieb von Biogasanlagen – Ergebnisse auf Basis einer Umfrage unter Biogasanlagenbetreibern in Baden-Württemberg – *M. Härdtlein (Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER))* 125

2.5 Mobile Versuchsanlage zur Ertragssteigerung/Prozessoptimierung von Biogasanlagen (VESBA) – *J. Zosel (KSI Meinsberg)* 134

2.6 MultiSens – Multipositionssensorik und Lanzen-basierte Probenahme zur Optimierung und Flexibilisierung von Biogasprozessen – *E. Kielhorn (TU Berlin, Institut für Biotechnologie, Fachgebiet Bioverfahrenstechnik)* 142

2.7 Optimaler Einsatz der Mischtechnik in Biogasreaktoren – Eine Frage der Rührwerkspositionierung – *M. Brehmer (TU Berlin, Institut für Prozess- und Verfahrenstechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik)* 151

2.8 LEIPZIGER SCHAUMTESTER – Testset und dessen Verwendung zur Bestimmung der Schaumneigung von Substrat in Biogasanlagen – *L. Moeller (UFZ-UBZ, Department Umwelt- und Biotechnologisches Zentrum)* 161

Forum 3: Neue Brennstoffe für Verbrennungs- und Vergasungsanlagen 173

3.1 Die kleintechnische Biomassevergasung als Option für eine nachhaltige und dezentrale Energieversorgung – Ergebnisse aus dem Bundesmessprogramm – *M. Zeymer (DBFZ)* 174

3.2 Vergleich verschiedener Methoden zur Teeranalytik auf Basis von SPA und nasschemischen Verfahren bei der thermo–chemischen Biomassevergasung – *S. Reil (Hochschule Amberg-Weiden)* 182

3.3 Untersuchungen zum Einfluss von Temperatur, Verweilzeit und Aufheizrate in der Pyrolyse auf die Bildung von Benzol und Teer – PyRO – *R. Egeler (Stadtwerke Rosenheim)* 191

3.4 Biodiversität und Energieholz – Die Nutzung von Energieholz als Ansatz zur Erhaltung und Entwicklung nationalbedeutsamer Lebensräume – *D. Conrady (Naturstiftung David)* 213

3.5 Charakteristische Eigenschaften von Torrefizierungsprodukten in Abhängigkeit vom Torrefizierungsgrad – *P. Danz (Fraunhofer UMSICHT)* 223

3.6 Ermittlung der Reaktionskinetik unterschiedlicher torrefizierter Biomassen – *J.-P. Busch (TU Darmstadt, Institut für Energiesysteme und Energietechnik)* 234

3.7 MAIN PELLET-Mixed Additive Industry Norm Pellets – *A. Schank (ttz Bremerhaven)* 243

3.8 Untersuchungen zur Heißgasfiltration von Produktgasen aus Biomasse-Vergasungsprozessen in Kombination mit katalytischem Teer-Cracken – *J. Sitzmann (LignoGen GmbH)* 253

Inhalt

Forum 4: Flexible Bioenergiebereitstellung 263

4.1 Beitrag der Bioenergie zur Energiewende aus energiewirtschaftlicher Sicht – *B. Wern (IZES)* 264

4.2 Entwicklung und Praxiserfahrungen der bedarfsgerechten Strombereitstellung aus Biogas – *A. Krautz (DBFZ)* 272

4.3 Flexibilität fast ohne Deckel – Erfahrungen und neue Strategien für eine bedarfsgerechte Stromerzeugung und -vermarktung – *U. Welteke-Fabricius (CUBE Engineering GmbH)* 278

4.4 Flexible dezentrale Energiebereitstellung durch Konversion biogener Gase zur Nutzung in Brennstoffzellen – *T. Birth (Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Magdeburg)* 296

4.5 Flexible Biogaskonzepte im wirtschaftlichen Vergleich – *M. Trommler (DBFZ)* 307

4.6 Biogenes Methan in Deutschland: Potenziale und Flexibilitätsoptionen – *K. Hennenberg (Öko-Institut e.V.)* 318

4.7 Flexible Vermarktung von Strom aus Biogas mit dem EEG 2012 – Chancen und Grenzen – *M. Henßler (Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung)* 329

4.8 Biomethan in Kraft-Wärme-Kopplung – ein Branchenleitfaden zu Markt, Einsatzmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit – *M. Edel (Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena))* 337

AG 1: Ökobilanzierung 344

03KB073 Optflex – Ermittlung eines technisch-ökonomisch optimierten Betriebs flexibler BGA – E. Nebel (DBFZ)

AG 2a: Technologien – Gasförmige Bioenergieträger 349

2a.0 Einführung AG2a – *J. Liebetrau (DBFZ)* 350

2a.1 03KB081 EFFIGEST – Entwicklung einer energetisch hocheffizienten Prozesskette zur EFFIzienzsteigerung bei der Vergärung von GEflügelmist unter Nutzung modifizierter Strohfraktionen und mit prozessintegrierter Gewinnung marktfähiger Dünger – *B. Schwarz (Fraunhofer IKTS)* 354

2a.2 03KB082 Hydrocon – Hydrolysecontainer – Flexible Anlagenkomponente zur Steigerung der Substratausnutzung in Biogasanlagen – *M. Schlegel (Universität Rostock)* 359

2a.3 03KB084 Acidestion – Modifizierte VFA (Fettsäure)-Silierung zur Steuerung einer bedarfsorientierten Biogasproduktion – *M. Dahmen (FH Aachen)* 362

2a.4 03KB086 Ovaler BioReakt – Biogaserzeugung aus biogenen Reststoffen in ovalen Reaktoren aus Stahlfaserbeton – *K. Jobst (Fraunhofer IKTS)* 365

2a.5 03KB089 BioPower2Gas – Demonstration und Vergleich von optimal leistungsregelbaren Biogastechnologien – *J. Sievers (IdE Institut dezentrale Energietechnologien gGmbH)* 369

2a.6 03KB063 Spurenelmente – Emissionsminderung durch Spurenelemente in Abfallbiogasanlagen – *M. Zechendorf (DBFZ)* 374

2a.7 03KB072 PROKOSYS – Prozesse, Komponenten und Systeme für den flexibilisierten Betrieb von Biogasanlagen unter Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe – *B. Schwarz (Fraunhofer IKTS)* 378

2a.8 03KB061 BioStrom – Steuerbare Stromerzeugung mit Biogasanlagen – *M. Sonnleitner (KOMPETENZFELD ERNEUERBARE ENERGIEN der Hochschule Ingolstadt)* 386

2a.9 03KB025 Re2alko – Optimierung der Regionalen Bioalkoholherstellung aus biogenen Reststoffen – *D. Baumkötter (FH Münster)* 391

2a.10 03KB027– Analyse von Emissionen klimarelevanter Gase durch Biogasanlagen im Hinblick auf die ökologische Bewertung der Biogasgewinnung aus Abfällen – *J. Daniel Gromke (DBFZ)* 401

2a.11 03KB041 – Entwicklung eines neuartigen energie- und rohstoffeffizienten Entschwefelungssystems für die Erzeugung von Bio-Erdgas – *M. Lincke (Fraunhofer IKTS)* 408

2a.12 F03KB048 Q-BioNES – Qualitätsverbesserung der Bioerdgas-Netzeinspeisung durch Sauerstoffentfernung – *S. Golka (Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH)* 413

Extern Heizwert oder Brennwert? Gesamt-Bilanzierung Biogasanlagen-Optimierungsstrategie für zukunftsfähige Biogasanlagen. Praktikabilität für die Entwicklung der Prozessstruktur, der Bilanzkreise Stoff und Energie sowie von Kennwertdefinitionen – *W. Hölzer (IREU Institut)* 423

Inhalt

AG 2b: Thermochemische Vergasung 431

2b.1 03KB085 stROhgas – Entwicklung eines Verfahrens zur Vergasung von asche- und chlorhaltiger Biomasse am Beispiel Stroh – *R. Egeler (Stadtwerke Rosenheim)* 432

2b.2 03KB091 FlexiTorr – Flexibilisierung der Energiebereitstellung in Bioenergiekleinanlagen durch den Einsatz torrefizierter Brennstoffe – *J. Witt (DBFZ)* 437

2b.3 03KB088 IbeKET - Innovatives bedarfsangepasstes Kommunal-Energieträger-Konzept – *R. Egeler (Stadtwerke Rosenheim)* 442

2b.4 03KB047 DeHoGas – Nachhaltiges dezentrales Holzvergaserkraftwerk mit gekoppelter Mikrogasturbine – *A. Berry (IUTA e.V.)* 447

2b.5 03KB058 LignoBioFuel – Innovativer Separationsprozess für die Gewinnung von Lignin in Granulatform – S. *Narra (Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg)* 456

2b.6 03KB042 Bio-SNG/HPR – Dezentrale Herstellung von synthetischem Erdgas (SNG) aus dem Produktgas eines allotherm betriebenen Biomasse-Vergasers – *S. Fendt (TU München)* 462

2b.7 03KB053 Heatpipe-Reformer – Optimierung regionaler Kreisläufe zur Bereitstellung biogener Brennstoffe für Energieerzeugungsanlagen am Beispiel Biomassehof Achental – *B. Schauberger (Biomassehof Achental)* 466

AG 3: Technologien – Emissionsarme Kleinfeuerungsanlage 472

3.0 Einführung AG3 – *V. Lenz (DBFZ)* 473

3.1 03KB083 Carola – Elektrostatischer Feinstpartikelabscheider zur flexiblen Anpassung an Biomassekessel – *H.-R. Paur (Karlsruher Institut für Technologie)* 478

3.2 03KB088 IbeKET – Innovatives bedarfsangepasstes Kommunal-Energieträger-Konzept – *F. Döhling (DBFZ)* 483

3.3 03KB090 ToxOAb – Optimierung der Feinstaubminderung von Abscheidern für Biomassefeuerungen unter Berücksichtigung der toxikologischen Relevanz mittels mikrobieller Testsysteme – *J. von Sonntag (DBFZ)* 487

3.4 03KB091 FlexiTorr – Flexibilisierung der Energiebereitstellung in Bioenergiekleinanlagen durch den Einsatz torrefizierter Brennstoffe – *D. Ziegler (DBFZ)* 491

3.5 03KB092 FlexHKW – Flexibilisierung des Betriebes von Heizkraftwerken – *U. Hoffstede (Fraunhofer IWES)* 496

3.6 03KB069 FuelBand – Erweiterung des Brennstoffbandes moderner Biomassefeuerungen – *T. Plankenbühler (Universität Erlangen-Nürnberg)* 500

3.7 03KB075 Demotreber – Demonstrationsanlage zur kombinierten Treberverbrennung /-vergärung am Standort einer Brauerei – *A. Weger (Fraunhofer UMSICHT-ATZ)* 506

3.8 03KB033 Feinstaubemissionen aus biomassebefeuerten Kleinfeuerungsanlagen – *N. Woltersdorf (TU Hamburg-Harburg)* 511

Extern Drehrohr-Biomasseheizkessel – *P. E. Jørgensen (Multifuel ApSin)* 517

AG 4: Systemische Aspekte der Bioenergie 521

4.1 03KB092 FlexHKW – Flexibilisierung des Betriebes von Heizkraftwerken – *U. Hoffstede (Fraunhofer IWES)* 522

4.2 03KB080 Flex75 – Anwendung der Flexibilitätsprämie für Gülleanlagen (<75kW) – *A. Weger (Fraunhofer UMSICHT)* 526

4.3 03KB087 RegioBalance – Bioenergie-Flexibilisierung als regionale Ausgleichsoption im deutschen Stromnetz – *M. Trommler (DBFZ)* 528

4.4 03KB088 IbeKET – Innovatives bedarfsangepasstes Kommunal-Energieträger-Konzept – A. *Schonhoff (ttz Bremerhaven)* 531

4.5 03KB089 BioPower2Gas – Demonstration und Vergleich von optimal leistungsregelbaren Biogastechnologien – *D. Filzek (CUBE Engineering GmbH)* 535

4.6 3KB061 BioStrom – Steuerbare Stromerzeugung mit Biogasanlagen – *W. Zörner (KOMPETENZFELD ERNEUERBARE ENERGIEN der Hochschule Ingolstadt)* 540

4.7 03KB065 Meilensteine MS 2030 – Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen nachhaltigen Bioenergiestrategie – *O. Arendt (DBFZ)* 545

4.8 03KB066 KomInteg – Nachhaltige Integration von Bioenergiesystemen im Kontext einer kommunalen Entscheidungsfindung – *F. Noll (IZES)* 550

4.9 03KB040 – BioKommunal – Aufbau eines bundesweiten kommunalen Bioenergie-Netzwerks und Mobilisierungsmaßnahmen für einen verstärkten Einsatz von Bioenergie in Kommunen – *Bernd Geisen (BBE)* 556

Posterschau 568

Danke

Auftaktvorträge

Energetische **Biomassenutzung**

Energetische Biomassenutzung

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

5 Jahre Forschung zur Nachhaltigkeit und Effizienz im BMU-Förderprogramm „Energetische Biomassenutzung“

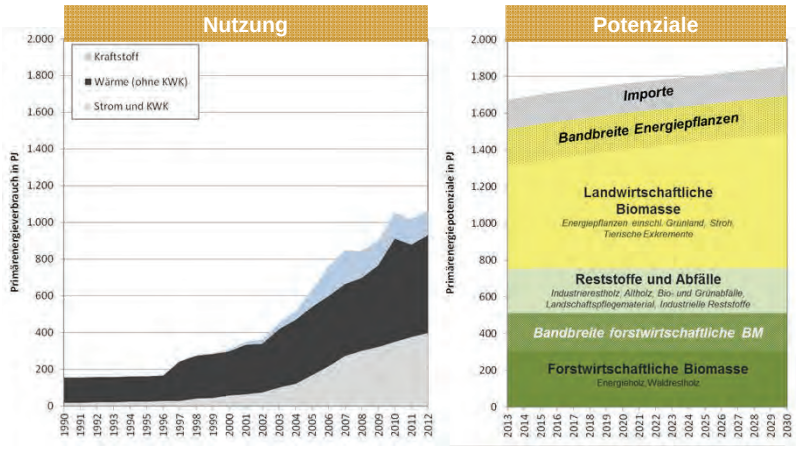
Programmbegleitung zum Förderprogramm

Daniela Thrän
Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH

Bioenergie: Erneuerbar aber nicht unbegrenzt!

Energetische Biomassenutzung

- Primärenergieverbrauch und –potenzial aus Biomasse



Quellen: Nutzung nach (AGEE-Stat (Hrsg.), 2013) (PEV berechnet nach Wirkungsgradmethode), Potenziale nach (BMVBS (Hrsg.), 2010) (Energiepflanzen, Exkremente), (Zeller u. a., 2011) (Stroh), Destatis (Außenhandelsstatistik 2011), DBFZ 2013 (Bio- und Grünabfälle, industrielle Reststoffe, unveröffentlicht) (Hinweis: Fehlende Jahre wurden durch Fortschreibung der Einzelergebnisse ermittelt)

Begriffsbestimmung

Energetische Biomassenutzung

Begriff Effizienz

A) Effizienz allgemein: $Effizienz = \frac{Nutzen}{Aufwand}$

B) Effizienz speziell als Wirkungsgrad:

Thermischer Wirkungsgrad $\eta_{th} = \frac{\dot{Q}_{th}}{\dot{Q}_{Biomasse}}$

Elektrischer Wirkungsgrad $\eta_{el} = \frac{\dot{Q}_{el}}{\dot{Q}_{Biomasse}}$

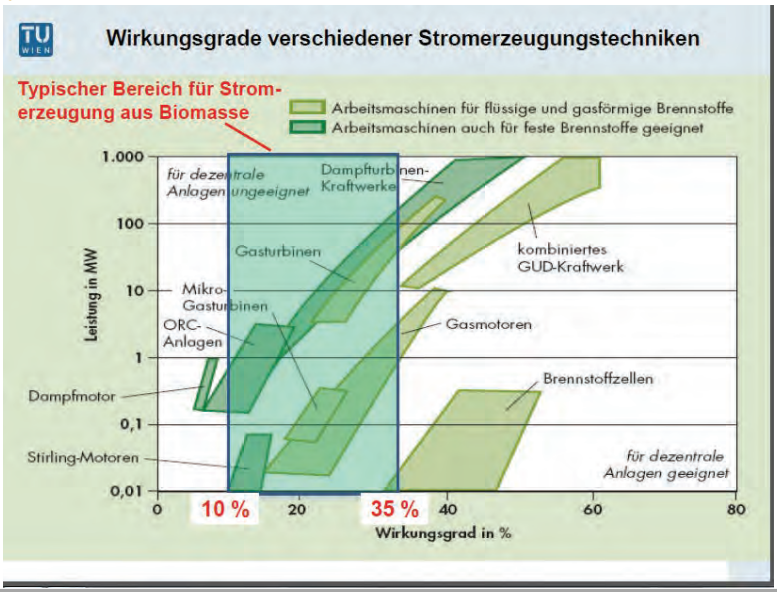
Chemischer Wirkungsgrad $\eta_{Treibstoff} = \frac{\dot{Q}_{Treibstoff}}{\dot{Q}_{Biomasse}}$

C) Effizienz als Kombination mehrerer Wirkungsgrade

Beispiel für technische Effizienz heute

Energetische Biomassenutzung

Wirkungsgrade verschiedener Stromerzeugungstechniken



Nachhaltigkeit & Effizienz im Förderprogramm Schwerpunkt

Energetische Biomassenutzung

Oberziel: Effiziente und nachhaltige Bioenergiebereitstellung

Förderschwerpunkt

Flächennutzung → **Biomasse-bereitstellung (Reststoffe)** → **Konversion in Bioenergieträger (Anlagentechnik)** → Verteilung und Nutzung der Bioenergieträger

…entlang der gesamten Bereitstellungskette (je nach Fragestellung)

Effizienzbewertung

Nachhaltigkeitsbewertung

Reststoffnutzung

Nachhaltig & klimaeffizient

Optimierung

Markteinführung

Nachhaltigkeit & Effizienz im Förderprogramm Rohstoffspektrum

Energetische Biomassenutzung

Rohstoff / Reststoff	THG-Minderung	Erschließungs-konzept	Machbarkeit	Erprobung (η)	Optimierung (η+)
Altfette	x	x	x		
Alt-/ Restholz	x	x	x	x	
Biertreber (50%)	x			x	
Bioabfall	x	x	x	x	x
Grasschnitt	x	x	x	x	
Heu	x	x	x	x	
LSM	x	x	x	x	
Lignin aus Ablauge		x	x	x	
Mist (Kuh, Pferde, Hühner)	x	x	x	x	x
Mühlenreste	x	x	x		
Stroh	x	x	x	x	
Treibsel		x	x		

Nachhaltigkeit & Effizienz im Förderprogramm Diskurs

Energetische Biomassenutzung

90 Vorhaben
225 Projektpartner aus Wissenschaft und Praxis
160 verschiedene Institutionen

- 2009 | Experten- und Akteursrunde
- 2010/2011/12 | Input Statustreffen
- 2012 | Auswertung der Feedback-Bögen zur Nachhaltigkeit
- 2009 – 2012 | Unterstützung der Programm-evaluierung
- 2013 | 1. Workshop zur Nachhaltigkeit im Förder-programm

Nachhaltigkeit & Effizienz im Förderprogramm Status quo

Energetische Biomassenutzung

Zentrale Indikatoren im Rahmen des Programms

- Minimalindikatoren im „Methodenhandbuch“ des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“:
  - Wirkungsgrade in % unter Angabe aller Bezugsgrößen
  - Ggf. Flächenbedarf pro Einheit bereitgestellter Endenergie
  - Kosten pro Einheit bereitgestellter Bioenergie (Ausnahme: Kleinfeuerungsanlagen und Biokraftstoffe, da pro Nutzenergie)
  - THG pro Einheit bereitgestellter Nutzenergie
  - THG-Minderungskosten pro Bioenergie (Ausnahme: Kleinfeuerungsanlagen und Biokraftstoffe, da pro Nutzenergie)

- Relevante weitere Indikatoren
  - Ressourceneffizienz der Bioenergie, insb. Landnutzung
  - Biodiversität (Boden, Wasser, Waldmanagement)
  - Volkswirtschaftliche Effekte

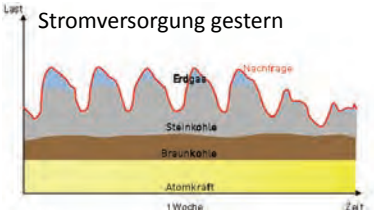
Nachhaltigkeit – was noch dazu gehört I

Energetische Biomassenutzung

Weitere zeitliche Aspekte

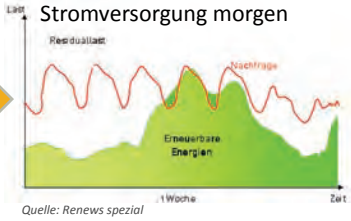
- **Referenzsysteme:** Wann wird welche Art von Energiebereitstellung durch Bioenergie ersetzt?
- **Beitrag zur Versorgungssicherheit:** Flexible Strombereitstellung in einer zunehmend erneuerbaren Stromversorgung
- **Carbon Balance:** Welche Effekte hat die frühere oder spätere Biomassenutzung auf dem Weg in eine klimagasreduzierte Energieversorgung?

Stromversorgung gestern



Quelle: Renews spezial

Stromversorgung morgen



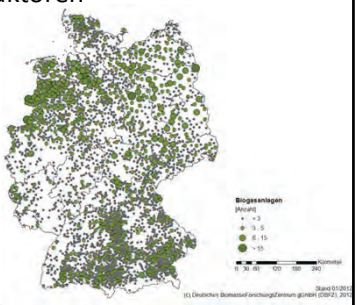
Quelle: Renews spezial

Nachhaltigkeit – was noch dazu gehört II

Energetische Biomassenutzung

Weitere räumliche Aspekte

- **Referenzsysteme**: Wo wird welche Art von Energiebereitstellung durch Bioenergie ersetzt (Bezugssystem LCA) ?
- **Räumliche Auflösung von Informationen**: Welcher Detaillierungsgrad ist sinnvoll? Wann ist welche Darstellung und Handhabe räumlich verteilter Informationen wie geeignet?
  - Räumliche Verteilung von critical-load-Faktoren
  - Berücksichtigung von Infrastrukturen….
- **Landnutzung**: Wird durch Bioenergiebereitstellung Landnutzungswandel verursacht;
  gibt es indirekte Effekte (iLUC) - und wie können diese beschrieben werden?



Nachhaltigkeit – was noch dazu gehört III

Energetische Biomassenutzung

Soziale Aspekte

- Wertschöpfung
- Weitere Soziale Aspekte: Gesundheitliche Belastung, Wohlstand und Arbeit (Preise, Einkommen etc.) und Versorgungssicherheit
  >> Qualitative und quantitative Daten
  >> Schwierige Bewertung der Validität (Grenzwertfestlegung)

Quelle: agnion

Quelle: Elif Bilgrin

Quelle: Marian Burros

Quelle: Jens Feuerriegel

Effizienz – mehr als eine Technologiekenngröße

Energetische Biomassenutzung

1.000 MJ Wärme mit 35 kg CO_2-Einsparung (gegenüber Wärme aus Erdgas)

385 MJ Strom mit 53 kg CO_2-Einsparung (gegenüber dem deutschen Strommix)

100 kg Holz

Quelle: Dieter Schütz / pixelio

200 kg zusätzlicher CO_2-Ausstoß, wenn das Holz aus dem Regenwald stammt

620 MJ Diesel mit 52 kg CO_2-Einsparungen

Ebenso: Flächeneffizienz, Kosteneffizienz, Effiziente Konzepte für Regionen….

Effizienz konkret I – z.B. Erhöhung der Verfügbarkeit

Energetische Biomassenutzung

Projekt-beispiel

Energieholz & Biodiversität“ – Die Nutzung von Energieholz als Ansatz zur Erhaltung und Entwicklung national bedeutsamer Lebensräume (03KB020)

- **Ziel:** Entwicklung kostengünstiger Verfahrensweisen zur Energieholznutzung zur Erhaltung wertvoller Lebensraumtypen
- **Nachhaltigkeits- & Effizienzziel:** Erhalt der Artenvielfalt, Klimaschutz und effiziente energetische Verwertung von Landschaftspflegeholz
- **Rohstoffeinsatz:** Landschaftspflegeholz
- **Ergebnis:** Energetische Verwertung des geernteten Holzes reduziert Klimagasausstoß, Flächenkonkurrenzen und Kosten für die Naturschutzmaßnahmen
- **Effizienzverbesserung konkret:**
- Positive Klimabilanz: Einsparung von ca. 200 t CO_2 und 80.000 L Heizöl (LSP-Holz einer 4ha durchschnittlich verbuschten Fläche; zusätzliche CO_2-Ausstoß für Ernten, Hacken, Transport: 3,8t CO_2)
- Kostenreduzierung für die Landschaftspflege durch die Nutzung der HHS um 25 %

Effizienz konkret II – z.B. Nebenproduktnutzung

Energetische Biomassenutzung

Projekt-beispiel

Bier- & Demotreber – Optimierte energetische Nutzung eines nassen Abfalls (Biertreber) durch Kombination biolog., mechanischer und thermischer Verfahren (03KB038/75)

- **Ziel:** Entwicklung eines geeigneten Verfahrenskonzepts zur kombinierten Verbrennung und Vergärung von Biertrebern (nasser, faserhaltiger Reststoff)
- **Nachhaltigkeits- & Effizienzziel:** Reststoffnutzung, THG-Minimierung, Übertragungspotenzial (Imagegewinn), effiziente Wärmenutzung
- **Rohstoffeinsatz:** Gerste & Weizen >> Biertreber
- **Ergebnis:** Eignung des Presswassers für BGA nachgewiesen; Fasern können direkt verfeuert werden; Energieinhalt der Biertreber reicht nicht für Vollversorgung der Brauerei aus (max. 50 %) >> Anpassung des Feuerungssystems (kombinierte Biertreber/Holzhackschnitzel-Nutzung) >> Test in Demoanlage (Demotreber)
- **Effizienzverbesserung konkret:** Für 50% energ. Verwertung / 50% Futtermittel; Bierausstoß: 100.000 hl/a
- CO_2-Einsparpotenzial : 137 $MgCO_2$-Äq/a (therm. Verwertung) / 50 MgCO2-Äq/a (biolog. Verwertung)
- Gewinn: 20.000 €/a (bei: 13a Amortisationszeit u. 69 €/MWh Wärmegestehungskosten; kombinierte Biertreber/Holzhackschnitzel-Feuerungsanlage)

Effizienz konkret III – z.B. neue Zwischenprodukte aus Reststoffen

Energetische Biomassenutzung

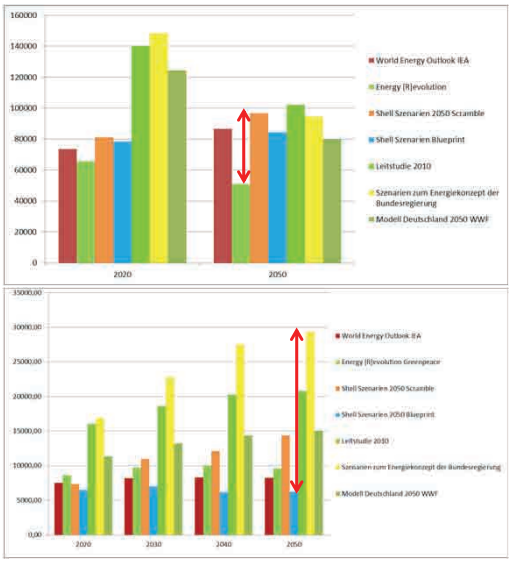
Projekt-beispiel

Torrefaction - Qualifizierung torrefizierter biogener Reststoffe für den Einsatz in Kraftwerksfeuerungen

- **Ziel:** Qualifizierung torrefizierter, biogener Reststoffe für den großtechnischen Einsatz in Kraftwerksfeuerungen
- **Nachhaltigkeits- & Effizienzziel:** Staubminderung; Minderung von CO und VOC
- **Rohstoffeinsatz:** Straßenbegleitgrün, Buche, Holzhackschnitzel, Sägespäne
- **Ergebnis:** Torrefizierung verbessert die Eigenschaften von Biomasse hinsichtlich Mitverbrennung in Kraftwerken; Mit zunehmendem Torrefizierungsgrad (Temperatur, Verweilzeit) nähern sich die phys./chem. Eigenschaften der Kohle an
- **Effizienzverbesserung konkret (Bsp.): Stand 10/2013**
- Stromgestehungskosten als Wirtschaftlichkeitsindikator: Kosten der Torrefizierung ca. 35 – 45 € pro Tonne torrefiziertes Material

Effizienz konkret IV – z.B. Erwartungshorizonte

Energetische Biomassenutzung



Primärenergieverbrauch (pro Kopf in MJ/Jahr) in verschiedenen Szenarien

Gesamtenergieverbrauch:

Faktor 2

Biomasseverbrauch:

Faktor 5

Hohe Unsicherheit!

Effizienz im Förderprogramm
Planungen 2014

Energetische Biomassenutzung

Effizienzworkshop im Förderprogramm (Frühjahr 2014)

- Methoden und Kriterien für eine effiziente Technologieentwicklung
  >> Wie unterscheiden sich verschiedene Effizienzen in Abhängigkeit von de Fragestellungen und notwendige Methoden zur Effizienzbewertung
  >> Zielkonflikte
- Kennwerte und Bezugswerte für Entscheidungen vor Ort
  >> Wie sehen typische Bioenergie-Stoffströme aus?
  >> Welche Kennwerte und Bezugswerte charakterisieren die Effizienz?

Prozessmesstechniktagung in BGAs in Leipzig am 25./26.3.2014

- Im Rahmen der Tagung Diskurs zur Effizienz im Biogasbereich
- Aufruf an Interessenten für einen separaten Workshop zur Methodenentwicklung
- Kontakt: Jan Liebetrau (DBFZ) >> jan.liebetrau@dbfz.de

Transferworkshop >> Best Practice Beispiele für die Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen und Effizienzsteigerung >> Ende 2014 geplant

Nachhaltigkeit & Effizienz im Förderprogramm
Ausblick

Energetische Biomassenutzung

Schrittweise Annäherung an eine nachhaltige Bioenergiestrategie:

- Engpässe des zukünftigen Energiesystems zielgerichtet bedienen (Brückenfunktion)
- volatile Preise auf den Energie- und Rohstoffmärkten durch die Bioenergienutzung nicht destabilisieren (Pufferfunktion)
- Kontinuierlich Verbesserungen durch technische Weiterentwicklungen und Innovationen der Bioenergiebereitstellung erzielen (Lernfunktion)
- Integration der Konzepte vor Ort (Partizipation)
- grundlegende Ziele der nachhaltigen Entwicklung und damit verbundene ökologische / soziale Leitplanken erreichen (Richtungssicherheit)
- auf Veränderungen in der Entwicklung der Rahmenbedingungen reagieren (Fehlerfreundlichkeit)

http://www.energetische-biomassenutzung.de/de/meilensteine-2030/

108 Produkte und 2 wichtige Termine

Energetische Biomassenutzung

Das Förderprogramm nach fast 5-jähriger Laufzeit (bis Projekt 64):

- 27 neue Konzepte & Verfahrensoptimierungen (Technologien und Verfahren)
- 15 Demonstrationsanlagen / 7 Pilotanlagen
- 27 Monitoringvorhaben, Datenbanken und Szenarien
- 12 Netzwerke und Leitfäden
- 3 Handbücher für die Messung und Bewertung

Das Förderprogramm im November
Bewerbung bis heute: Guinnessbuch der Rekorde
Bewerbung 22.11.: weitere Vorhaben >> Skizzeneinreichung

Vielen Dank allen Teilnehmern des Förderprogramms

Energetische Biomassenutzung

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

BMU-Förderprogramm „Energetische Biomassenutzung“

Projektleitung (Mitte):
Daniela Thrän
Tel. +49(0)341-2434-435
E-Mail: Daniela.Thraen@dbfz.de

Öffentlichkeitsarbeit (1.v.l.):
Bianca Stur
Tel. +49(0)341-2434-439
E-Mail: Bianca.Stur@dbfz.de

Projektassistenz (1.v.r.):
Petra Hartung
Tel. +49(0)341-2434-485
E-Mail: Petra.Brietzel@dbfz.de

Presse und Medien (2.v.l.):
Angela Gröber
Tel. +49(0)341-2434-449
E-Mail: Angela.Groeber@dbfz.de

Projektkoordination (2. v. r.):
Diana Pfeiffer
Tel. +49(0)341-2434-554
E-Mail: Diana.Pfeiffer@dbfz.de

Bioenergie in der Energiewende – Konflikte und Lösungsansätze

Dr. Christian Hey

Generalsekretär

Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin

Sachverständigenrat für Umweltfragen

Wir über uns

- Unabhängiges, wissenschaftliches Beratungsgremium der Bundesregierung seit 1971, berufen durch das Bundeskabinett

- 7 Univ.-Prof. aus den Bereichen Naturwissenschaften, Technik, Ökonomie, Recht, Politologie

- Umweltsituation, Entwicklungstendenzen und politische Fehlentwicklungen in Deutschland darstellen und begutachten

Der SRU zu Bioenergien

Sondergutachten:
Juli 2007

Sondergutachten:
Januar 2011

Sondergutachten:
November 2013

Sondergutachten:
September 2014

Anbaubiomasse: Teil des Problems oder Teil der Lösung?

Überblick

Konflikte im Kontext globaler Entwicklungen

Lösungsansätze: Korrektur einer Fehlentwicklung

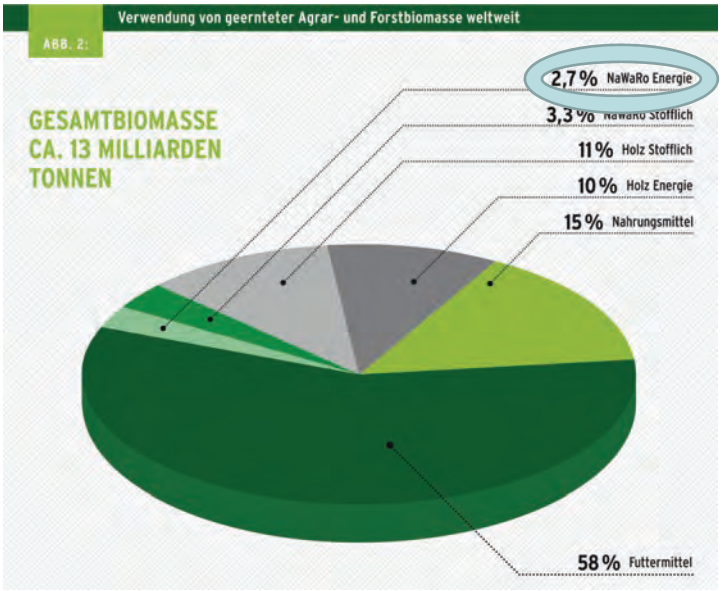
Anbaubiomasse: Teil des Problems oder Teil der Lösung?

Inhalt

Konflikte im Kontext globaler Entwicklungen

Lösungsansätze: Korrektur einer Fehlentwicklung

Wo ist das Problem?

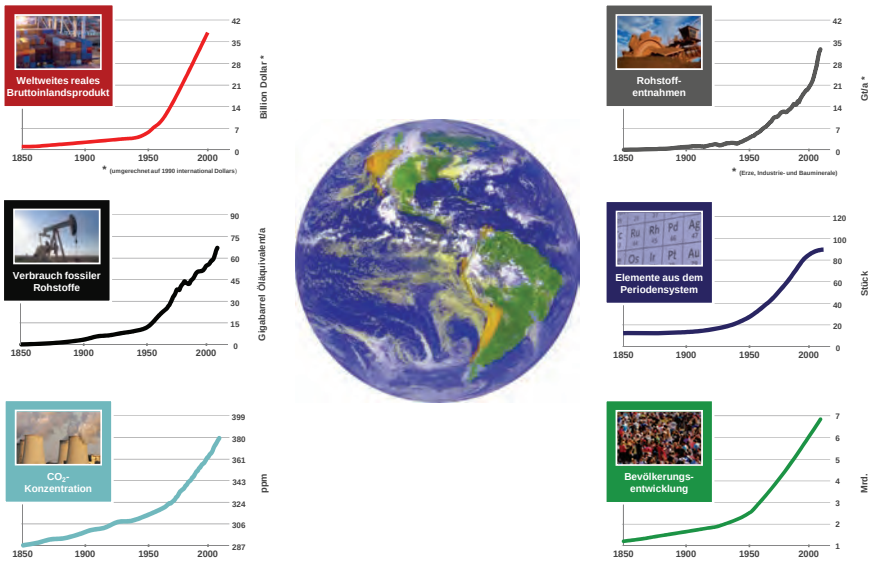


Quelle: UBA 2012

6

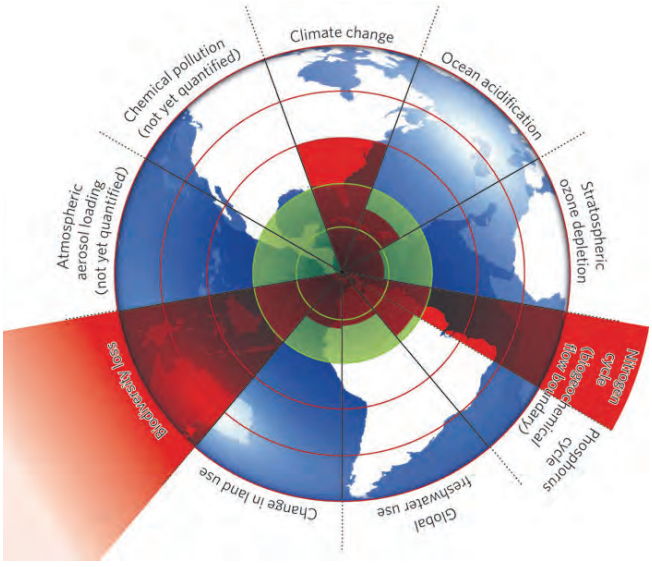
Megatrends

Ungebrochene Dynamik

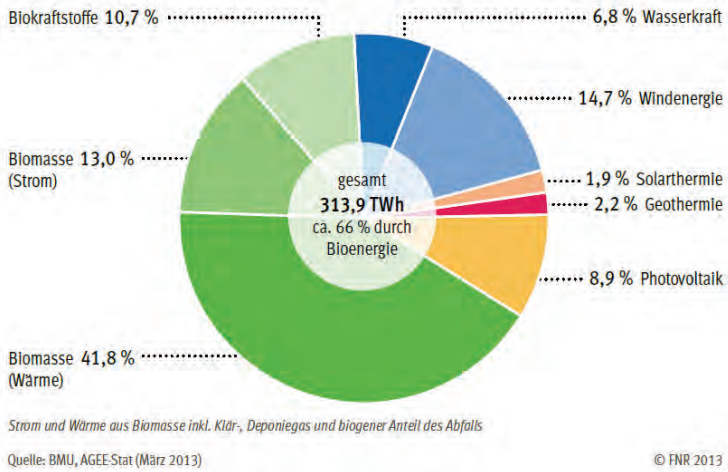


Grenzüberschreitungen

Systemische Perspektive ist notwendig

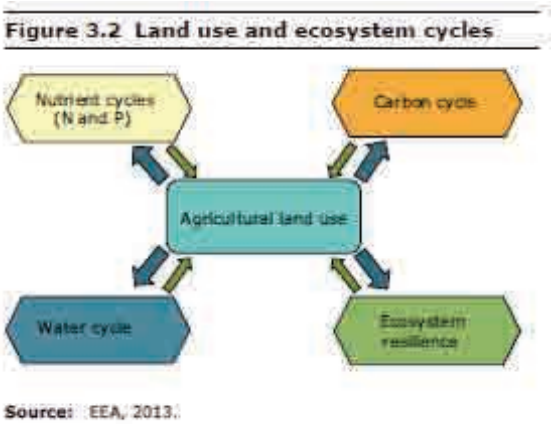


Bioenergie heute: 66% sind zu viel!



9

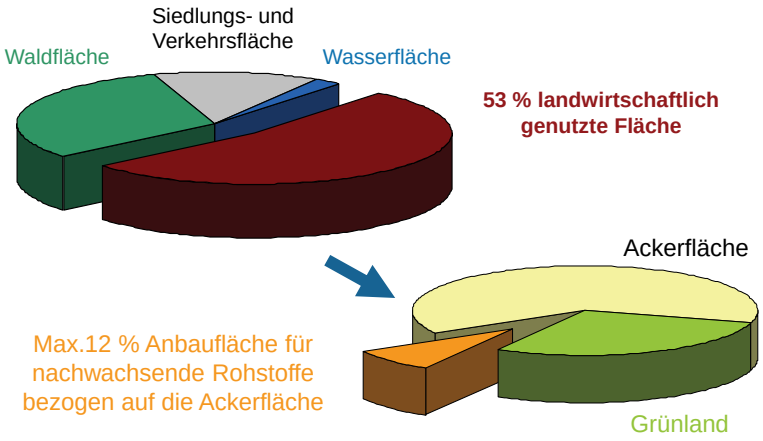
Ein Überblick der Problemzusammenhänge



10

Grundsätzliche Flächenverfügbarkeit für NaWaRos

Flächennutzung in Deutschland 2005



11

Flächenkonkurrenz als zusätzliche Restriktion

- Flächenbedarf in Konkurrenz mit
  - Lebensmittelerzeugung: Pflanzen, Futtermittel und Tiere
  - Stoffliche Nutzung von Biomasse
  - Gewässer- und Ökosystemschutz durch Extensivierung
  - Wachsender Anteil ökologischer Vorrangflächen
  - Erhalt der Kohlenstoffspeicher- und senken

Sehr geringe Flächenenergieerträge

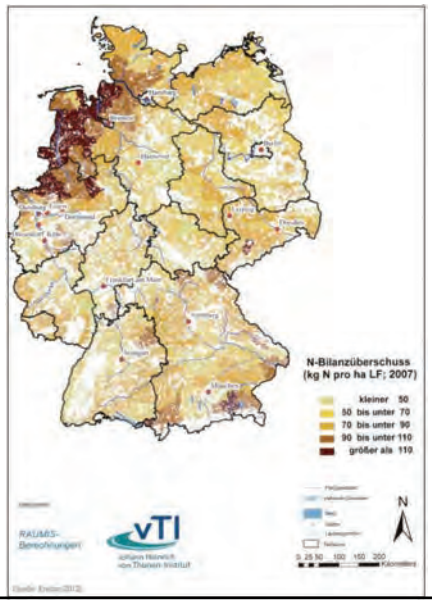
Tabelle 1 Flächenenergieerträge verschiedener Technologien der Erneuerbaren Energien

Technologie	Energieertrag	Bemerkungen
Biomasseanbau	2-6 kWh_{chem}/m^2	Bei der Umwandlung in Strom reduziert sich der nutzbare Energieertrag
Windenergie	40 kWh_{el}/m^2	Windpark mit 5 MW Anlagen, Abstand 500 Meter
Photovoltaik	100-130 kWh_{el}/m^2	Strahlungsangebot 1.100 kWh/m^2 (mittlere Breiten)
Solarkollektoren	250-300 kWh_{th}/m^2	Wärme mit 80-200°C

Quelle: Nitsch, 2008: 72

13

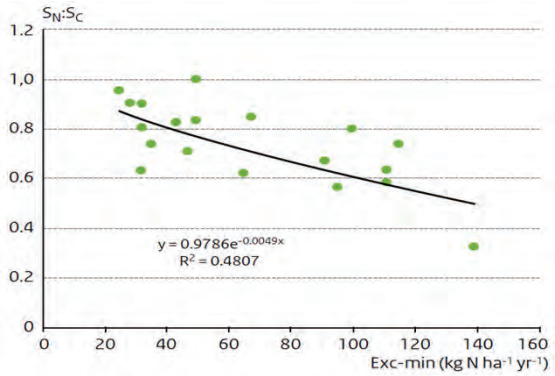
Gewässerschutz: Wo Mais und Gülle zusammenkommen…..



14

Biodiversität

Verlust an Artenreichtum durch reaktive Stickstoffverbindungen



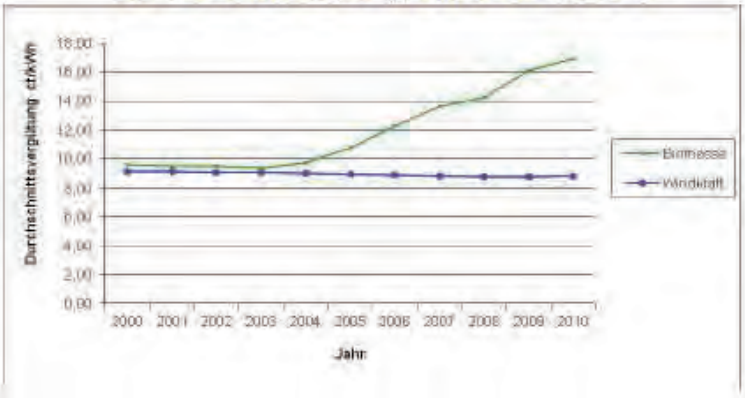
Zusammenhang zwischen Artenreichtum und Überschreitung der Critical Loads für Grünland und Hochstaudengesellschaften in Europa (Bobbink et al. 2011)

Systemische Folgen

- hohe Profitabilität (u.a. EEG) schafft Anreize für
  - Import und Gefahr „indirekter Landnutzungsänderungen“
  - Vollzugsdefizite u.a. bei WRRL/DüV
  - AUM nicht mehr attraktiv
  - Anstieg der Pachtpreise
  - Grünlandumbruch

Kostenentwicklung als Problem

Abbildung 1 Entwicklung der Durchschnittsvergütung aller installierten und EEG-geförderten Biomasse- und Windenergieanlagen an Land von 2000 bis 2010[1]



Quelle: BDEW, 2012a: 31

17

Inhalt

Konflikte

Lösungsansätze

Strategisches Leitbild I

Konfliktvermeidung

- Priorität den konfliktarmen Nutzungsformen
  - Reststoffe (Bioabfälle, Abwasser, Klärgas, …)
  - Extensiver Anbau
  - Naturschutzfreundlicher Anbau
  - Nachhaltige Kurzumtriebsplantagen

Strategisches Leitbild II

Ressourcenproduktivität

- Konzentration auf die möglichst ertragreichen Verwendungen
  - Kaskadennutzung
  - Priorität KWK
  - Hochwertiger Einsatz
  - Alternativloser Einsatz

Biogas: Politischer Handlungsbedarf

Klasse statt Masse

- Beschränkung von Biogas auf Lastausgleich, Nutzung von Abfällen vorrangig
- Förderstopp für Anbaubiomasse erwägen
- Einführung von strenger Nachhaltigkeitsstandards
- Standortangepasste Etablierung von neuen vielfältigen Fruchtfolgen
- Schützenswerte Gebiete auslassen

21

Umweltrechtliche Flankierung

Handlungsprioritäten für den Natur- und Umweltschutz

- Grünlandumbruchverbot einhalten
- Trockenlegungsverbot für Moore
- Verbot von Biogasanlagen in Wasserschutzgebieten
- Düngemittelüberschüsse reduzieren
- Regeln für naturnahe Waldbewirtschaftung
- Kurzumtriebsplantagen nicht auf Grünland

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr. Christian Hey

Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin
www.umweltrat.de

Forum 1

Emissionsminderung und Effizienz in Kleinfeuerungsanlagen

Energetische Biomassenutzung

xeoos® TWINFIRE

UNIVERSITÄT LEIPZIG

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

gefördert durch DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Neuartiger emissionsarmer Kaminofen „DBU-NEKO“

Minderung der Schadstoffe durch katalytisch wirksame Baugruppen in einem neuartigen Kaminofen

(Prof. Dr. Dirk Enke, 14.11.2013, Leipzig)

Inhalt

UNIVERSITÄT LEIPZIG

xeoos® TWINFIRE DBFZ

- Problem- und Aufgabenstellung
- Zielsetzung
- Katalysatorentwicklung
- Ergebnisse Voll- und RSSA-Katalysatoren
- Laufende Arbeiten

2

UNIVERSITÄT LEIPZIG

Problem- und Aufgabenstellung

xeoos® DBFZ

<u>Ziel:</u> Untersuchungen zum Einsatz von Katalysatoren unter Hochtemperatur-bedingungen im Brennraum des xeoos x8 Basic mit Standardgeometrie

- **Grundlagenerarbeitung**
- **Synthese von geeigneten Katalysatoren**
- **Bestimmung der Temperatur und Strömungsbedingungen**
- **Testung der Katalysatoren im Rost und in der Wand**
  - Stabilität/Desaktivierung (thermisch, chemisch)
  - Druckverlust
  - Durchströmung
- **Charakterisierung der Katalysatoren**
- **Hauptphasen-Projekt: Minderung der Schadstoffemissionen durch katalytisch wirksame Baugruppen in einem neuartigen Kaminofen (Prototypentwicklung)**

UNIVERSITÄT LEIPZIG

Projektantrag Hauptphase

xeoos® DBFZ

Zielsetzung in der Hauptphase

Schadstoff	**Zielemissionen bei 13 % O_2**	Aktuelle Emissionen[1)] „xeoos“ 8 kW	Grenzwerte[2)] nach 1. BImSchV (novelliert)	**Vorphase Zielemissionen bei 13 % O_2**
Wirkungsgrad	**> 90 %**	83 %	> 73 %	**> 90 %**
Kohlenstoffmonoxid	**< 200 mg/Nm³**	625 mg/Nm³	1250 mg/Nm³	**< 200 mg/Nm³**
Staub	**< 15 mg/Nm³**	22 mg/Nm³	40 mg/Nm³	**< 15 mg/Nm³**
Organischer Kohlenstoff	**< 30 mg/Nm³**	nicht erfasst, DBFZ-Daten[3)]: 150 mg/Nm³	bisher kein Grenzwert, üblich > 200 mg/Nm³ [4)]	**< 50 mg/Nm³**

1) Emissionsmesswerte nach Typenprüfung/Zertifikat
2) Grenzwerte für Typenprüfung nach Anlage 4 der 1. BImSchV, Feuerstättenart: Raumheizer mit Flachfeuerung
3) Org.-C-Emissionen, DBFZ-eigene Messungen, vollständiger Abbrand mittels FTIR: 150 mg/Nm³
4) DBFZ-eigene Messungen an handelsüblichen Kaminöfen, vollständiger Abbrand mittels FTIR

UNIVERSITÄT LEIPZIG

xeoos® DBFZ

Katalysatorentwicklung

- Nutzung von Grundlagen aus der Fachliteratur
- Fokus auf katalytisch aktive Verbindungen für die vollständige Alkan-Oxidation unter Hochtemperaturbedingungen
- Synthesevorschriften für die Katalysatormaterialien in Pulverform
- Theoretische Arbeiten zur Bildung der Katalysatoren via Festphasensynthesen
- Direkte Präparation von Monolithen oder Methoden um Pulver in Monolithe zu überführen

UNIVERSITÄT LEIPZIG

xeoos® DBFZ

Vollkatalysatoren

1. Synthese verschiedener Spinelle ($A_xB_yO_z$)
   - aus **A und B:** Ni, Co, Fe, Mg, Cu, Zn, Mn, Ca
   - Verschiedene Syntheserouten wurden erprobt: Reaktionssintern, Sol-Gel, Co-Fällung
   - Einfluss der Partikelgröße
   - Phasenzusammensetzung

2. Herstellung von Formkörpern aus Ferriten durch
   - Tablettierung
   - Schlickerguss
   - PU-Template

6

Vollkatalysatoren

UNIVERSITÄT LEIPZIG

xeoos® DBFZ

1. Synthese der Spinelle ($A_xB_yO_z$)

- Spinelle konnten hergestellt und charakterisieren werden
- Katalytische Aktivität wurde bestimmt
- Synthese wurde im größeren Maßstab durchgeführt
- Einflussfaktoren der Synthese auf die katalytische Aktivität können abgeschätzt werden
- Oberfläche als entscheidender Faktor identifiziert und zumeist optimierbar

7

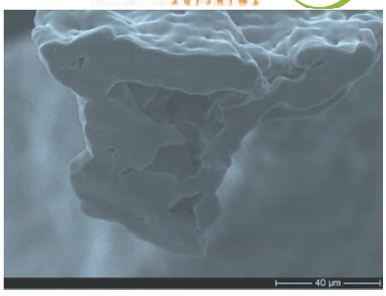
Vollkatalysatoren

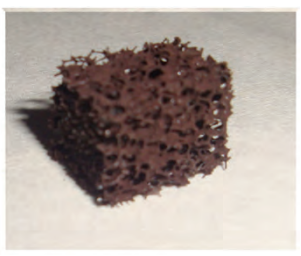
UNIVERSITÄT LEIPZIG

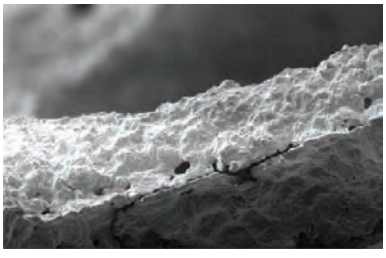
xeoos® DBFZ

- Überführung der Pulver in Monolithe, z.B. Schwämme

- Geometrie im Schwamm vorgegeben, kompliziertere Formen sind möglich







8

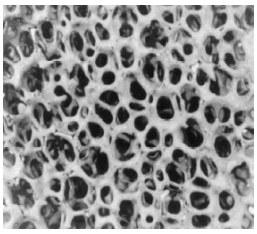
UNIVERSITÄT LEIPZIG

xeoos® DBFZ

RSSA-Katalysator

Verwendung von α-Al_2O_3-Schwämmen als Aufgangsstoff und zugleich als Trägermaterial:

- geringer Druckverlust
- hohe Temperaturwechselbeständigkeit
- modifizierbar zum Katalysator, alternativ mit Washcoat
- Geometrie & Zelldichte frei wählbar und leicht bearbeitbar
- kostengünstig



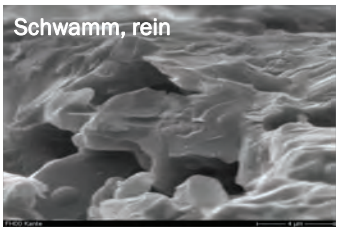
9

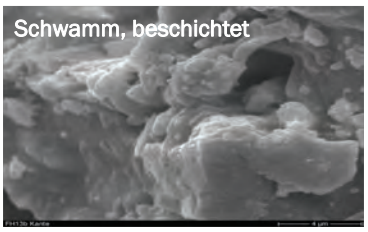
UNIVERSITÄT LEIPZIG

xeoos® DBFZ

RSSA-Katalysator

→ **Verschiedene Aluminate synthetisch gut herstellbar**





AAl_2O_4 BAl_2O_4 CAl_2O_4 DAl_2O_4 EAl_2O_4

10

RSSA-Katalysator

Präparation von mit A beladenen Platten für den xeoos:

1. **Tauchen**
2. **Trocknen**
3. **Wiederholung der Schritte 1 und 2**
4. **Kalzinierung**

→ **Nach dem Einbau in den xeoos wurden vielversprechende Ergebnisse am DBFZ erzielt.**

→ **Oberfläche soll weiter erhöht werden.**

11

RSSA-Katalysator

Halterung des RSSA-Katalysator in der unteren Brennkammer

- Anpassung der Wandbauteile für einfache Bestückung bzw. Entnahme der Schwämme einfach durchführbar
- Variable Geometrie der Schwämme ermöglicht Anpassung an minimal benötigten Strömungsquerschnitt

12

UNIVERSITÄT LEIPZIG

RSSA-Katalysator auf Basis des α-Aluminiumoxid-Schwammes

xeoos® DBFZ

Versuch Einheit	Referenz mg/m³ i.N., 13 % O_2	AO_x-Schwamm mg/m³ i.N., 13 % O_2	Reduzierungen %
CO	1514	1201	21
VOC (Org.-C, FID)	109	63	42
VOC (Org.-C, FTIR)	132	83	37
Staub mit Spülung	37	17	55
Staub ohne Spülung	33	14	57

- CO und VOC (Org.-C) um 21 % bzw. 42 % reduziert
- Staubemissionen wurden um 55 % gemindert
- Größe des Katalysators: 90x180x20 mm³

13

UNIVERSITÄT LEIPZIG

Alterung der Schwämme für 185 h am Vorführkaminofen der Firma Specht

xeoos® DBFZ

Versuch Einheit	Referenz mg/m³ i.N., 13 % O_2	AO_x-Schwamm mg/m³ i.N., 13 % O_2	Reduzierungen %
CO	1514	833	45
VOC (Org.-C, FID)	109	33	70
VOC (Org.-C, FTIR)	132	n.g.	n.g.
Staub mit Spülung	37	15	59
Staub ohne Spülung	33	14	58

- Keine Desaktivierung beobachtet
- Werte deuten entgegen der Erwartung auf eine weitere Aktivitätssteigerung hin
- Kein unzulässiger Druckverlust durch Verunreinigungen
- Keine Zerstörung der Trägerstruktur

14

UNIVERSITÄT LEIPZIG

Einsatz einer Hitzerückhalteplatte

xeoos® DBFZ

Schwamm der Größe 1: 90 × 200 × 20 mm³

Versuch Einheit	Referenz mg/m³ i.N., 13 % O_2	AO_x-Schwamm mg/m³ i.N., 13 % O_2	Reduzierungen %
CO	1514	578	62
VOC (Org.-C, FID)	109	16	85
VOC (Org.-C, FTIR)	132	35	74
Staub mit Spülung	37	11	71
Staub ohne Spülung	33	10	70

- CO- und VOC-Reduzierung betrug 62 % bzw. 85 %
- Staubemissionen um 71 % reduziert

Schwamm der Größe 2: 140 × 200 × 20 mm³

Versuch Einheit	Referenz mg/m³ i.N., 13 % O_2	AO_x-Schwamm mg/m³ i.N., 13 % O_2	Reduzierungen %
CO	1514	193	87
VOC (Org.-C, FID)	109	9	92
VOC (Org.-C, FTIR)	132	34	74
Staub mit Spülung	37	9	76
Staub ohne Spülung	33	8	76

- CO- und VOC-Reduzierung betrug 87 % bzw. 92 %
- Staubemissionen um 76 % reduziert

15

UNIVERSITÄT LEIPZIG

Laufende Arbeiten

xeoos® DBFZ

- **Entwicklung eines Down-Stream-Rost-Katalysators**
  - Beschichtung: Uni Leipzig
  - Halterung/Integration: Specht und DBFZ
  - Prüfstandsmessungen: DBFZ
- **Weiterentwicklung RSSA-Katalysator als durchströmbares Element im unteren Brennraum**
  - Zweitkomponenten und Oberflächenerhöhung: Uni Leipzig
  - Übertragung auf großtechnische Synthese: Uni Leipzig
  - Halterung/Integration: Specht und DBFZ
  - Prüfstandsmessungen: DBFZ
- **Alterungsexperimente**
  - Alterung: Specht
  - Prüfstandsmessungen: DBFZ
  - Charakterisierung: Uni Leipzig

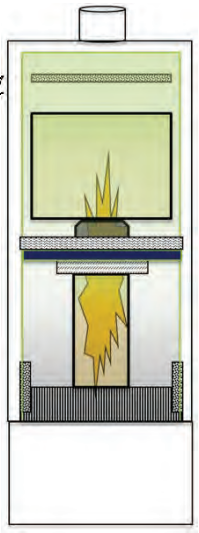
16

UNIVERSITÄT LEIPZIG

xeoos® DBFZ

Laufende Arbeiten

- **Brennkammermodifizierung/Luftführung/Sichtscheibe**
  - CFD-Modellierung: DBFZ
  - Weiterentwicklung Lufteinspeisung: Specht/DBFZ
  - Vergrößerung Brennraumhöhe oben/unten: Specht/DBFZ
  - Neubau mit Anpassung Brennkammer: Specht
  - Teilung der Tür/Schichtscheibe in obere und untere Brennkammer: Specht
  - Verkleinerung der Wärmeabstrahlung im unteren Brennraum durch kleinere Sichtscheibe: Specht



- **Prototypbau: Specht**
- **Feld- und Demomessungen: Specht/DBFZ**
  - Feldmessung Heizperiode 2013/2014
  - Demomessungen Heizperiode 2014/2015

17

UNIVERSITÄT LEIPZIG

xeoos® DBFZ

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

gefördert durch

DBU

Deutsche Bundesstiftung Umwelt

18

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

SPARTHERM ÖKO THERM® ISIS b-tu Brandenburgische Technische Universität Cottbus DBFZ

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

Emissionsminderung durch integrierte und kombinierte Maßnahmen an einem Multifuelkessel

FKZ-Nr. 03KB051

Laufzeit: 01.01.2011-31.03.2013

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Projektziele und Projektinhalte

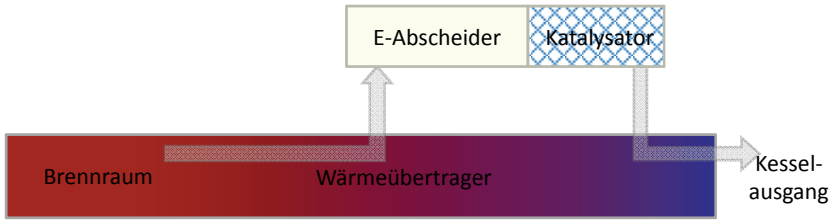
Energetische Biomassenutzung

- Projektziele:
  - Emissionsarmer Betrieb von Kleinfeuerungsanlagen in allen Verbrennungsphasen
  - Praxisrelevante Maßnahmen
  - Emissionsminderung durch integrierte Maßnahmen angepasst an Feuerungsanlage
- Projektinhalt
  - Exemplarische Entwicklung der Maßnahmen für einen Multifuelkessel für Holz- und Alternativbrennstoffen
  - Staubminderung mittels Elektroabscheidung
  - Minderung von CO und VOC durch Katalyse
  - Anpassung der Verbrennungsluftregelung
  - Maßnahmenentwicklung am Prüfstand
  - Überprüfung der Praxistauglichkeit bei Feld- und Demonstrationsmessungen

Konzept

Energetische Biomassenutzung

- Integration der Maßnahmen Elektroabscheider und Katalysator im Wärmeübertrager
- Staubabscheidung vor Katalyse zur Standzeitverlängerung des Katalysators
- Sicherheitskonzept: Mögliche Überbrückung der Maßnahmen mit Bypass



Elektroabscheidung

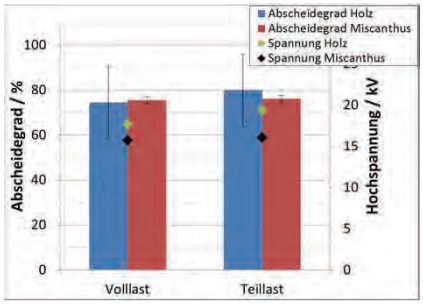
Energetische Biomassenutzung

- Durchgeführte Untersuchungen
  - 16 Prüfstanduntersuchungen mit entwickeltem E-Abscheider
  - Übertragung der Konstruktion auf E-Abscheider für Feldmessstandort
- Fünftägiger Betrieb ohne Reinigung möglich
  - Voll- und Teillastbetrieb für 3 Tage mit Holz und 2 Tage mit Miscanthus
  - Kein Rückgang bei Abscheidegraden
- Abscheidegrade abhängig von Kesselleistung und Brennstoff
  - Unterschiede bei Partikelzusammensetzung und -anzahlverteilung als auch Konzentration im Abgas
  - Temperaturunterschiede
- Eingesetzte Brennstoffe
  - Holz und Miscanthus
  - Derzeit Untersuchungen mit Getreideausputzpellets
- Hochspannung: 15-20 kV

Elektroabscheidung

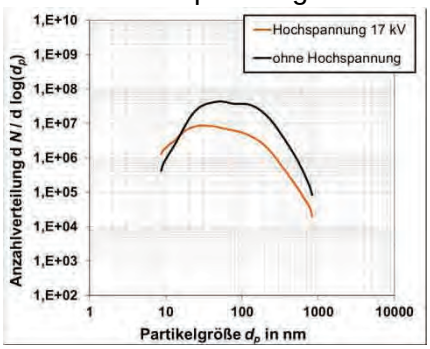
Energetische Biomassenutzung

- Abscheidegrad und eingesetzte Spannung (Mittelwerte)



- 6-8 % des Abscheidegrades strömungsmechanisch bedingt durch Gasumlenkung

- Staubabscheidung bei Partikelgrößen > 20-30 nm
- Partikelverteilung (SMPS) für Verbrennung von Holzpellets im Teillastbetrieb mit und ohne Hochspannung



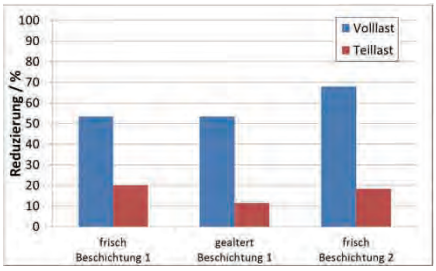
Katalysatoreinsatz

Energetische Biomassenutzung

- Abgaszusammensetzung ohne Katalysator

	Staub	O_2	CO	Org.-C_{FID}	CH_4	C_2H_2	Aromaten	NO_x
	mg/m³	Vol.-%			mg/m³			
VL	20	6	230	1	0	8	3	85
TL	25	12,5	510	15	4	14	5	56

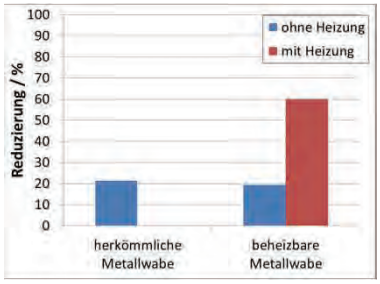
- Metallwabe mit Edelmetallbeladung im zweiten WÜ-Zug
  - Aktivität im frischen Zustand
  - Aktivität im gealterten Zustand (nach 11 Wochen Feldbetrieb; Staubentfernung durch Absaugung)
  - Aktivitätssteigerung durch höheren Edelmetallgehalt bei Beschichtung



Katalysatoreinsatz

Energetische Biomassenutzung

- Dauerbetrieb mit Katalysator möglich bei entsprechender Reinigung
- Problem: Nur geringe Emissionsminderung im Teillastbetrieb möglich
- Katalysatorbeheizung
  - Emicat – beheizbare Metallwabe der Fa. Emitec mit gleicher Beschichtung wie herkömmliche Metallwabe
  - Kesselbetrieb in Teillast
  - Temperaturerhöhung von 140 auf 255 °C
  - Heizleistung ca. 2 kW → Zusätzlicher Wärmeeintrag im 2. WÜ-Zug nutzbar



- Einfluss auf VOC und NO_X-Konzentration an bisherigen Ergebnissen nicht eindeutig feststellbar
  - Tendenziell Temperaturen für VOC-Minderung nicht ausreichend
  - Zum Teil geringer Anstieg der NO_X-Konzentration muss unter Einbezug der Abhängigkeit von der CO-Konzentration weiter untersucht werden

Kombination der Maßnahmen

Energetische Biomassenutzung

- Anpassung der Regelungsalgorithmen für die Luftzufuhr
  - Im Teillastbetrieb unter 50 % Leistung ist Reduzierung der CO-Emissionen um bis zu 50 % ermöglicht worden
- Reduktion der CO- und Staubemission durch Katalysator und E-Abscheider
  - Erzielbare Abgaskonzentration abhängig von eingesetztem Brennstoff als auch Betriebsweise der Feuerungsanlage
- Erhöhung des Druckverlustes und der Luftzufuhr
  - Höhere Drehzahl des Saugzuggebläses
  - Anpassung O_2-Sollwert bei Sauerstoffregelung
- Dauerbetrieb (Praxiseinsatz) der Maßnahmen möglich

Feld- und Demonstrationsbetrieb

Energetische Biomassenutzung

- Feldmessung an 120 kW - Anlage gleichen Bautyps
  - Betriebsdauer: 11 Wochen
  - Brennstoff: Industrieholzpellets (2 Chargen)
  - Charakterisierung der Funktionsfähigkeit: Beginn/Mitte/Ende der Betriebszeit
- Betriebsverhalten
  - Anteil an Gesamtzeit in % (bei 24h-Betrieb)

	Bereitschaft	Volllast	Teillast
Kalte Wintertage	33	20	47
Übergangszeit	57	16	27

- Nutzerverhalten hat starken Einfluss auf Funktionsfähigkeit der Anlage
  - Reinigungs- und Wartungsintervalle
  - Eingesetzte Brennstoffqualität
  - Regelungseinstellungen

Feld- und Demonstrationsbetrieb

Energetische Biomassenutzung

- Katalysatoreinsatz
  - Keine Katalysatorverblockung im Betriebszeitraum
  - Am Ende der Heizperiode keine katalytische Wirkung mehr messbar
  - Desaktivierung durch Staubablagerungen (Keine Reinigung innerhalb der 11 Wochen)
  - Nach Staubentfernung – Vergleichbare Aktivität wie bei frischer Metallwabe auf dem Prüfstandmessung gemessen
- Staubreduzierung durch Elektroabscheider
  - Verringerung der Staubkonzentration von 85-105 mg/m³ auf 19-60 mg/m³ (i.N., bezogen auf 13 Vol.-% O_2)

Messtag		1	2	3
Staubreduzierung in %				
Volllast		-	67	70
Teillast		54	30	78

Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- Abschließende Prüfstanduntersuchungen zur Darstellung des Entwicklungsstandes
- Demonstrationsbetrieb am Feldmessstandort - Heizperiode 2013/14
- Einsatz von Getreideausputzpellets zur Prüfung der Wirksamkeit mit einem anspruchsvollen, aschereichen Brennstoff
- Dokumentation der Ergebnisse
- Projektabschluss März 2014

Weiterer Forschungsbedarf

Energetische Biomassenutzung

- Katalytische Emissionsminderung im Teillastbetrieb
  - Entwicklung hochtemperaturstabiler Katalysatoren für Biomassefeuerungen
  - Alternative: Integration kostengünstiger Beheizungsmethoden
- Einsatz von Metalloxidkatalysatoren als kostengünstige Alternative zu Edelmetallen
- Untersuchungen hinsichtlich des Einflusses von Katalysator und Elektroabscheider auf Gasförmige Abgasbestandteile
  - VOC und NO_X
- Effektiver Elektroabscheidereinsatz bei höheren Temperaturen

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank!

- Projektpartner: A.P. Bioenergietechnik und Lehrstuhl MVT der BTU Cottbus
- Feldmessstandort: Pusch AG
- Fördermittelgeber: BMU
- Projektträger: PtJ
- Für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

Dipl.-Ing. (FH) Mirjam Matthes
Bereich Thermo-Chemische Konversion

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig
E-Mail: Mirjam.Matthes@dbfz.de
Tel. +49 341 2434 473
Fax +49 341 2434 133

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

CUTEC

Informationen Ressourcen Energie

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

Entwicklung eines Hochtemperatur-wärmeübertragers für die Kopplung von Biomassekessel und Stirling-motor (kurz: HTBioStir)

FKZ-Nr. 03KB056

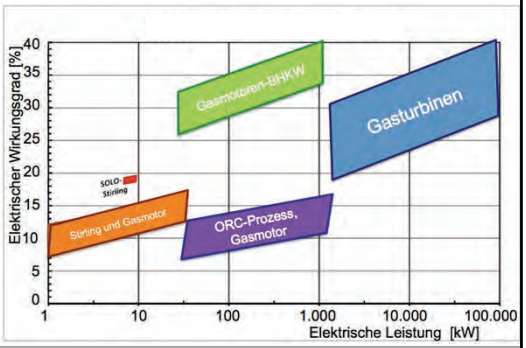
Laufzeit: 01.07.2011 – 31.06.2014

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Motivation

Energetische Biomassenutzung

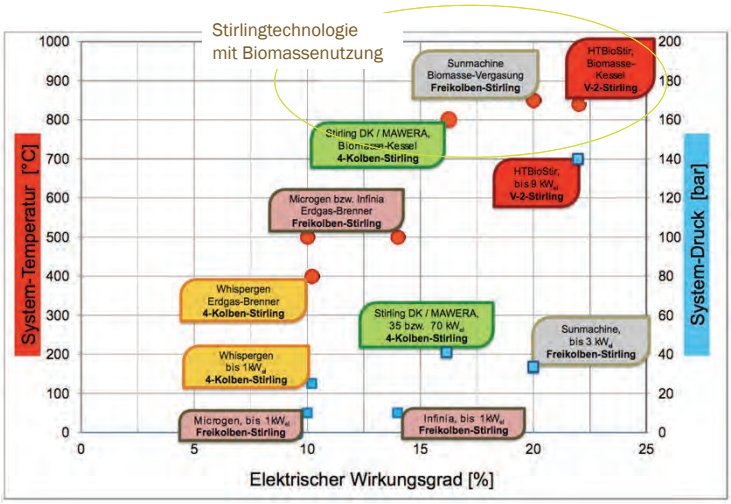
- Biomasse statt Erdgas zur dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung in der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- Speicherung und bedarfsgerechte Energieerzeugung möglich – im Gegensatz zur fluktuierenden Energieerzeugung mit Sonne und Wind
- Reduzierung der Flächeninanspruchnahme der Biomasse durch eine gekoppelte Bereitstellung von Strom und Wärme
- Mikro-KWK:
  - Mangel an funktionierenden Betriebssystemen zur Verwendung fester Biomassen
  - Stirlingmotor als Technologie favorisiert, doch meist basierend auf Erdgas als Energieträger



Einordnung unterschiedlicher Stirling-Typen

Energetische Biomassenutzung

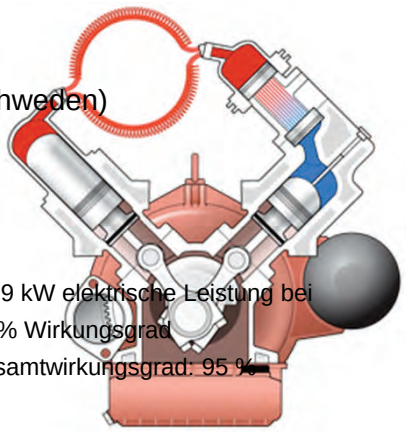
Stirlingmotoren mit hohen elektrischen Wirkungsgraden erfordern neben einem hohen Maschinendruck hohe Temperaturen am Erhitzerkopf des Stirlingmotors.



Erster Meilenstein – Bilanz Stirlingmotor-BHKW und KÖB Biomassekessel

Energetische Biomassenutzung

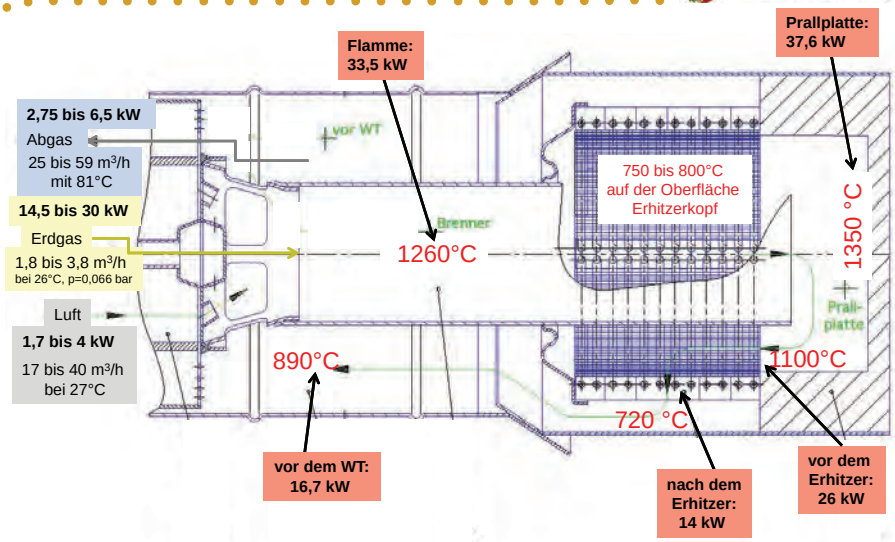
1 – SOLO-Stirling 161 BHKW



- Anbieter seit 2009 Cleanergy (Schweden)
- α-Doppelkolben-Stirlingmotor mit
  - 160 m^3 Hubvolumen
  - Kreuzkopfbauweise
  - Arbeitsgas: Helium
  - 30 bis 120 bar Druckregelung – 2 bis 9 kW elektrische Leistung bei 24,5 % Wirkungsgrad
  - 8 bis 25 kW thermische Leistung, Gesamtwirkungsgrad: 95 %
- Flox®-Erdgasbrenner

Bilanz Stirlingmotor-BHKW

Energetische Biomassenutzung



Temperaturmessungen und Ermittlung der Energiemengen entlang des Flox®-Brenners über Prallpatte und Erhitzerkopf bis zum Abgas-WT

Bilanzierung des Wärmeübergangs am Erhitzerkopf: Brenner-Luft auf Helium

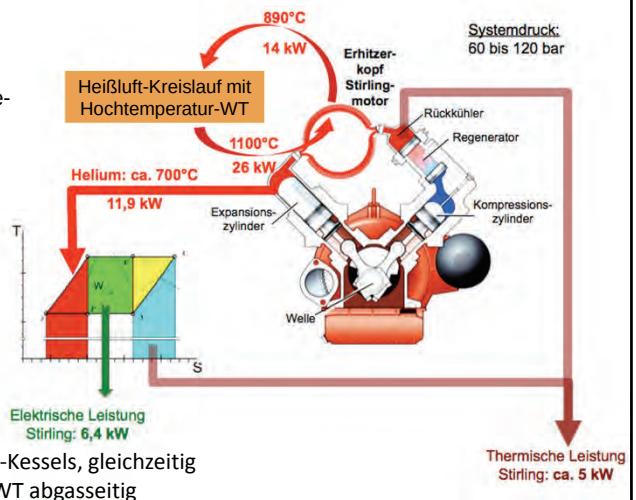
Energetische Biomassenutzung

Vorgehensweise zusammen mit Ingenieurbüro ERK:

1 – Nachrechnen des Wärme-Übergangs am Erhitzer-kopf mit Flox®-Brenner und damit Definition der Heißluftseite des Wärme-übertrager (Heißluft)-Kreislaufes

2 – Berechnung der WÜ-Fläche für den zu konz-truierenden HT-WT (Rohrbündel-WT aus hochtemperaturfestem Stahl 1.4841)

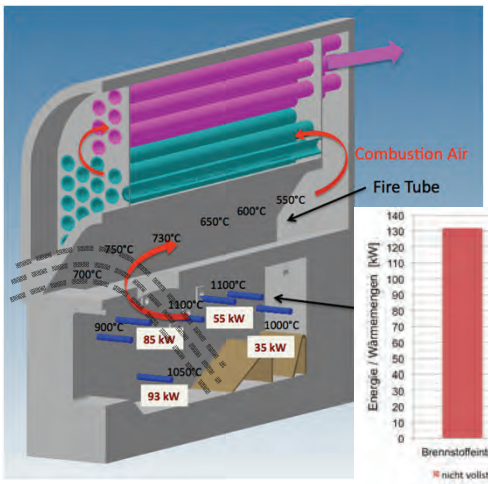
3 – Ermittlung der unbe-dingt erforderlichen Temperaturen im Feuer-raum des KÖB-Biomasse-Kessels, gleichzeitig Eintrittstemperatur HT-WT abgasseitig



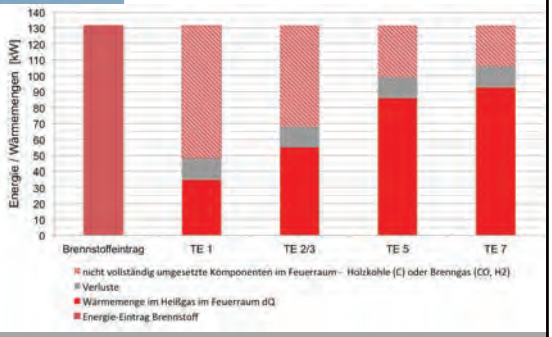
Bilanz KÖB - Biomassekessel

Energetische Biomassenutzung

Ergebnisse der ersten Versuche - Grundeinstellung KÖB-Steuerung



- T-Niveau insgesamt zu niedrig
- schnelle T-Abnahme im Übergang Feuerraum - Flammrohr
- deutlich zu niedrige Temperaturen im vorderen Bereich Flammrohr - Luft im HT-WT wird abgekühlt vor dem Verlassen des KÖB

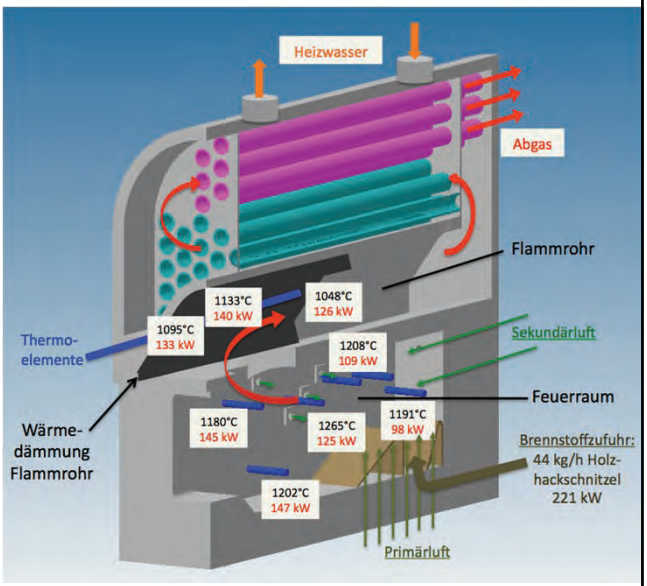


Temperaturerhöhung Feuerraum und Flammrohr

Energetische Biomassenutzung

<u>Maßnahmen:</u>

1. KÖB-Steuerung: Reduktion O_2-Sollwert im Abgas
2. Verbrennungsluft vorwärmen
3. Wand zum Heizwasser-WT im vorderen Bereich isolieren



Feuerraum KÖB-Biomassekessel

Energetische Biomassenutzung

Bei Grundeinstellung KÖB - 1.100°C

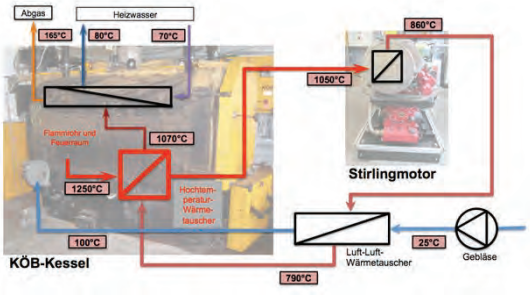
und bei 1.250°C Feuerraum-Temperaturen mit Isolierung Flammrohr

Entwicklung des Hochtemperatur-WT

Energetische Biomassenutzung

Entscheidung:

indirekten Wärmeübergang vom Heißgas-Bereich des Bio-masse-Kessels zum Erhitzer-kopf des Stirlingmotors in einem Heißluft-Kreislauf mit Luft-Luft-WT zur Vorwärmung der ange-saugten Umgebungsluft



Quelle: *www.tubes.com

gewählter WT-Typ:

Rekuperator

erster Prototyp

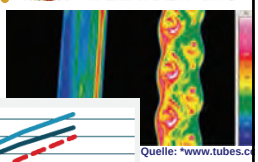
Rohrbündel-WT bestehend aus **ip tubes®*** – Glatt-rohr mit gleichmäßig angeordneten Vertiefungen, welche in den wandnahen Bereichen Turbulenzen im Strömungsmedium hervorrufen

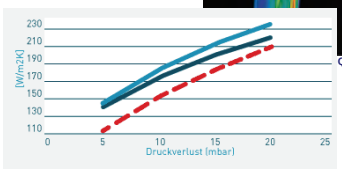
HT-WT und Luft-Luft-WT aus ip® tubes

Energetische Biomassenutzung

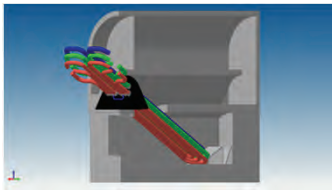
Vorteile von ip tubes®:

- bis zu 25% bessere Wärmeübertragung im Vergleich zum Glattrohr (rote Kurve) bei gleichem Druckverlust
- weniger Verschmutzung durch Verwirbelungen an der Rohrinnen- und außenseite
- Platzeinsparung durch kleinere Rohrbündel aufgrund kleinerer Übertragungsflächen





Quelle: *www.tubes.c



Heizflächendimensionierung Luft-Luft-WT:

- Effektive Heizfläche 22,5 m^2
- ges. Rohrlänge 720 m
- Übertragungsleistung ca. 67 kW
- Ein-/Austritt heiße Luft 860 & 95°C
- Ein-/Austritt Umgebungsluft 25 & 800°C

Heizflächendimensionierung HT-WT:

- Effektive Heizfläche 2,8 m^2
- ges. Rohrlänge 33 m
- Übertragungsleistung ca. 21 kW
- Luftmenge: 290 kg/h bzw. 230 m^3i.N./h
- Luft-Ein-/Austritt 800 & 1.020°C
- Abgas-Ein-/Austritt 1.250 & 1.070°

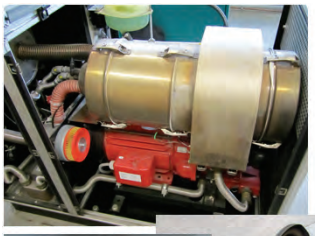
Quelle: *www.tubes.com

Aktueller Stand HTBioStir

Energetische Biomassenutzung

Umbau Stirling beendet:

SOLO-Stirlingmotor-BHKW mit Flox-Brenner

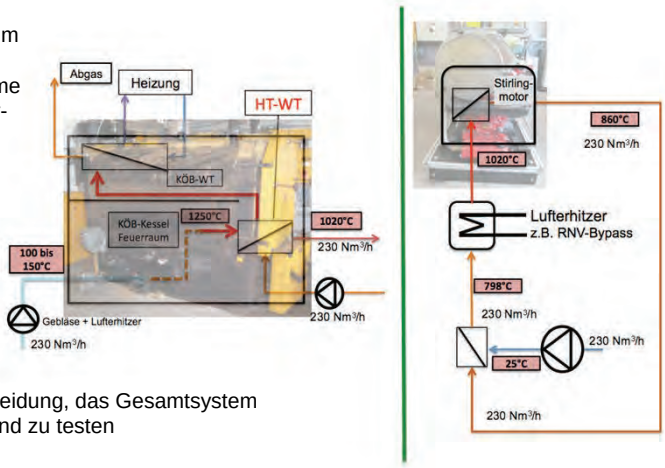


SOLO-Stirlingmotor mit Anschlüssen Heißluft-Kreislauf

Aktueller Stand HTBioStir

Energetische Biomassenutzung

- Heißluft-Kreislauf und KÖB-Biomassekessel für Einbindung HT-WT vorbereitet
  Geplante Lieferung HT-WT: Ende Nov.
- Laut Arbeitspaketen im Projekt: zunächst getrennte Inbetriebnahme mit Kalt- und Heißversuchen, d.h.:
- anschließend Entscheidung, das Gesamtsystem zusammenzufügen und zu testen



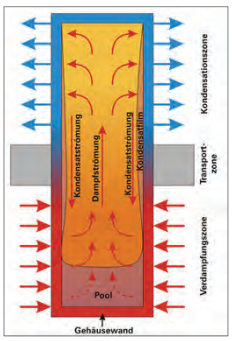
Test eines weiteren Prototypen HT-WT

Energetische Biomassenutzung

parallel: Konstruktion, Bau und Test eines weiteren Prototypen HT-WT im bereits aufgebauten Heißluft-Kreislauf

Zusammenarbeit / geplante Kooperation mit TU Dresden, im Rahmen des Projekts:
„CerHeatPipe –Entwicklung und Erprobung keramischer Wärmerohr-Wärmeübertrager für Hochtemperaturprozesse“

WT-Typ: Spezialform Rekuperator – Heatpipe / Wärmerohr aus einer Hochleistungskeramik



Quelle: TU Dresden – Forschung – Projekte – Projekt CerHeatPipe

Funktionsprinzip Heatpipe

Nichtoxid-Keramik / Siliciumcarbid – hoher Anteil an kovalenten Bindungen ermöglichen positive Eigenschaften, wie:

- Hochtemperaturfestigkeit,
- hohe Elastizitätsmodule,
- hohe Festigkeit und Härte verbunden mit
- hoher Korrosionsbeständigkeit und
- hohe Verschleißbeständigkeit

Nachhaltigkeitsaspekte im Projekt

Energetische Biomassenutzung

- Klimaschutz durch erneuerbare Energien
  - Nutzung von Biomasse statt Erdgas zur Stromerzeugung
    - Dezentral
    - Mit möglichst hohem Wirkungsgrad
    - Größere Einsatzbreite durch Energieträger Biomasse (Pellets, Hackschnitzel, ...)
  - Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung
    - Höhere Substitutionswirkung gegenüber Vergleichssystemen
    - Erhöhung des Auswahlmöglichkeiten der möglichen Primär-Energieträger
  - Verringerung von Emissionen der Verbrennung
    - Durch Entkopplung werden Teilprozesse besser optimierbar
    - Geringere CO, Staub und No_x-Ausstöße im Vergleich zum Referenzsystem Biomasse
    - Emissionen des Stirlingmotor werden auf null reduziert
  - Hoher exergetischer Wirkungsgrad
    - Entscheidend bei möglicher „Knappheit“ von Biomassen

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Dipl.-Ing. Nadine Senkel oder Dipl.-Ing. Werner Siemers
Projektkoordinator
Tel.: 05323 / 933-119 Tel.: 05323 / 933-24
nadine.senkel@cutec.de werner.siemers@cutec.de

CUTEC-Institut
Leibnizstr. 21+23
38678 Clausthal-Zellerfeld

CUTEC
Informationen
Ressourcen
Energie

Carola®-Abscheider für holzgefeuerte Heizkessel

Hanns-Rudolf Paur[1], Andrei Bologa[1], Thomas Grahl[3],
Hans-Peter Rheinheimer[2], Klaus Woletz[1]

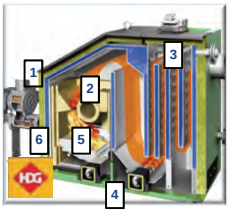
[1] Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technische Chemie,
[2] CCA-Carola Clean Air GmbH
[3] green energy solutions GmbH

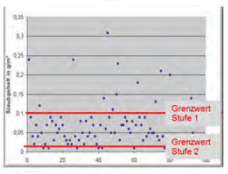
www.carola-clean-air.com

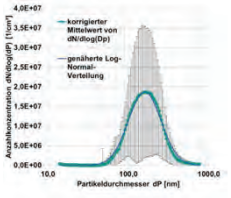
Stand des Wissens

- Holzverbrennung trägt im Winter wesentlich zur PM_{10}-Immission bei.
- Partikelkonzentration im Abgas moderner Hackschnitzelkessel beträgt 50–100 mg/m³.
- Einfluss der Brennstoffzusammensetzung und Feuchte.
- Partikeleigenschaften:
  - C-Gehalt < 1%.
  - Modalwert ca. 150 nm.
  - Anzahlkonzentration =10^7 /cm³

Um den Staubgrenzwert der 2. Stufe der 1.BImSchV vor Ort sicher einzuhalten ist in vielen Fällen der Einbau von Partikelabscheidern erforderlich.







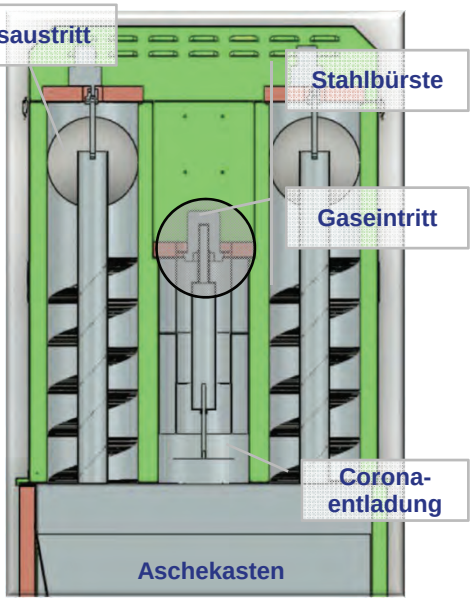
Herausforderungen

Der CAROLA-Abscheider für Kleinfeuerungsanlagen

- Hoher Abscheidegrad
- Reinigungssystem
- Kompakte Bauweise
- Sicherheit
  - Verblockungssicher
  - Brandsicher
- Niedriger Energiebedarf
  - Geringer Druckverlust
  - Sparsame Nebenaggregate
- Kosten
  - Niedrige Investitionskosten
  - Geringe Wartungskosten
  - Korrosionsfest
- Hohe Verfügbarkeit
- Anwenderfreundlich

Technologie

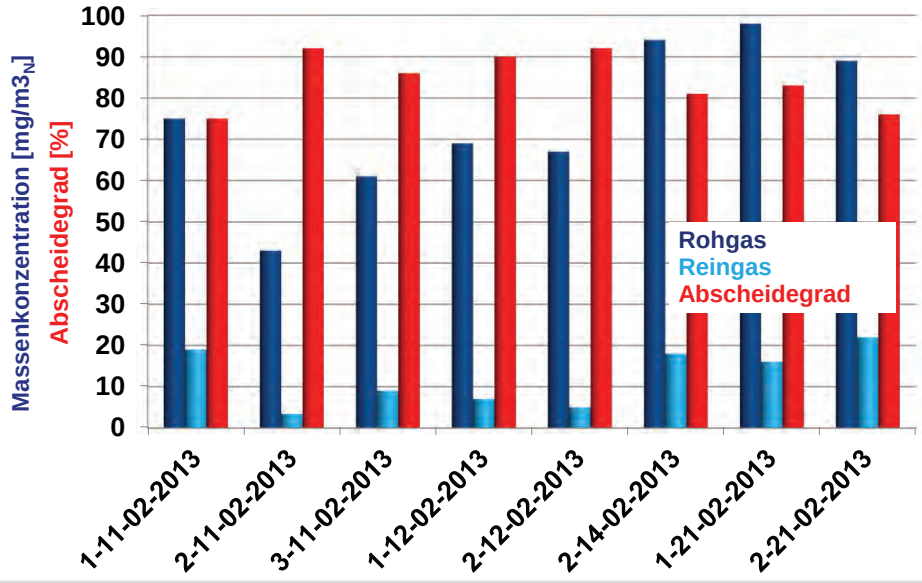
Der CAROLA-Abscheider für Kleinfeuerungsanlagen



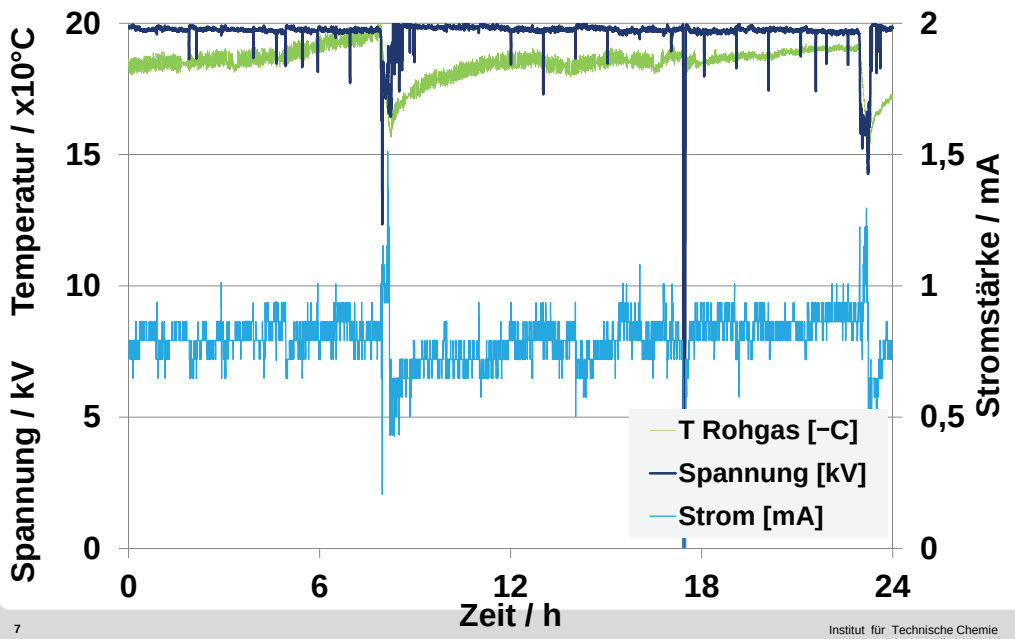
CCA-Teststand

- 100 kW Hackschnitzelkessel mit Wärmenutzung
- Langzeittests der CCA-Prototypen
- Partikelmessung nach VDI 2066
- Kundenspezifische Optimierung der Geräte

Abscheidegrade



Langzeitbetrieb des Abscheiders



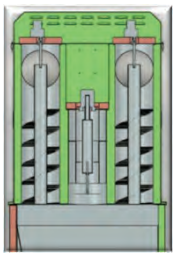
Institut für Technische Chemie
Aerosol- und Partikeltechnologie

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

- Abscheidegrade von 75 – 90%
- Konzentration im Reingas < 20 mg/m_N^3
- 2500 h Langzeittest des CCA-Abscheiders
- Geringe Ablagerung von Stäuben an der Elektrode kann durch mechanisches Verfahren abgereinigt werden.

Institut für Technische Chemie
Aerosol- und Partikeltechnologie

Technische Daten der CCA-Abscheider



	CCA-25*	CCA-50	CCA-100
Höhe, mm	1150	1350	1380
Breite, mm	500	750	940
Tiefe, mm	350	350	350
Masse, kg	60	93	110
Durchsatz, m³/h	65-75	130-150	300
Druckverlust, Pa	10-12	15-17	15-20

* vorläufige Daten

Aktueller Stand und Weiteres Vorgehen

- ✓ Auslegung, Konstruktion, **Langzeittests**
- ✓ Aufbau eines **Teststands**
- ✓ Weiterentwicklung Herstellungsverfahren und **Kostenreduktion**
- ✓ Erwerb weiterer **Schutzrechte** für Komponenten des Carola-Abscheiders
- ✓ Kontakte zu **Anwendern**
- ✓ Externe Tests des Abscheiders
- ✓ **Zulassung** bei DIBt beantragt
- ➤ Beginn der **Vermarktung**

Carola - Elektrostatischer Feinstpartikelabscheider zur flexiblen Anpassung an Biomassekessel FKZ-Nr.: 03KB083A

Ziele:

- Restemission < 10 mg/m³
- Kompakte Bauweise
- Optimal angepasster Partikelabscheider
- Automatisches Reinigungssystem
- Geringe Wartungskosten

Brennstoffe:

- Hackschnitzel
- Pellets
- Scheitholz

>>OPTIDUST: Entwicklung eines integrierten elektrostatischen Staubabscheiders für Biomassezentralheizkessel

- Stand der Entwicklung

Was ist OPTIDUST?

„Entwicklung eines kompakten, universell einsetzbaren Staubfiltersystems, bestehend aus Kontroll- und Abscheideeinheit, und dessen Integration in Biomassezentralheizkessel“

- Forschungsprojekt im Rahmen des Förderschwerpunktes „Feste Bioenergieträger“ des BMELV

  (**B**undes**m**inisterium für **E**rnährung, **L**andwirtschaft und **V**erbraucherschutz)

- Begleitet durch FNR

  (**F**achagentur für **N**achwachsende **R**ohstoffe)

- In Kooperation mit der Universität Budapest

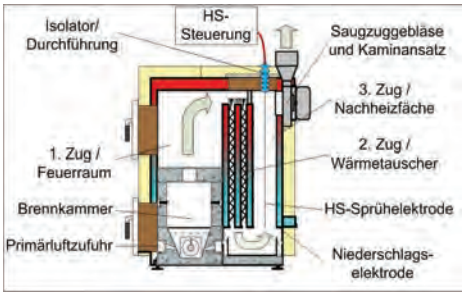
MŰEGYETEM 1782

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Aufgabenstellung

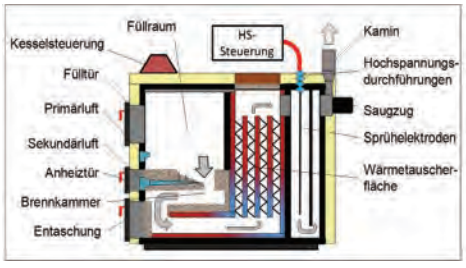
- Einhaltung der 2. Stufe der 1. BImSchV (03/2010) für Staubemissionen
- Für Biomassezentralheizkessel von 10 kW_{th} bis 1.000 kW_{th} Kesselleistung
- Hohe Betriebssicherheit und –verfügbarkeit

  → Entwicklung einer intelligenten, autarken Versorgungs- und Steuereinheit
- Entwicklung einer Komplettlösung inklusive aller elektronischen Komponenten
- Soft- und Hardwareseitige Verknüpfung der Filter- und Kesselsteuerung
- Praxisorientierte und mit den Kesselherstellern gemeinsame Entwicklung
- Entwicklung für 4 Testkesselanlagen, bereitgestellt von den Kessel-herstellern HOVAL GmbH und BIOKOMPAKT GmbH



Direkte Integration

- Bauliche Integration der Filterstrecke direkt in die Nachheizflächen des Kessels
- Umbau/Anpassung des Kessels auf das Filtersystem



Integrativer Anbau

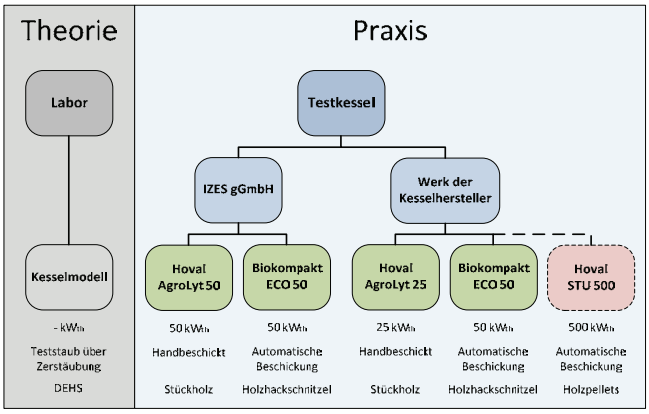
- Anbau des Filtersystems direkt an den Abgasstutzen des Kessels
- Betrieb als Kesselbestandteil → eine einzige gemeinsame bauaufsichtliche Zulassung

Quelle Schema oben: [1]
Quelle Schema unten: [2]

OPTIDUST : Das Forschungsvorhaben

Entwicklungsumgebung und Möglichkeiten

- Entwicklung im Labor und in der Praxis → direktes „Hersteller-Feedback“
- Stetige Erweiterung der Testmöglichkeiten

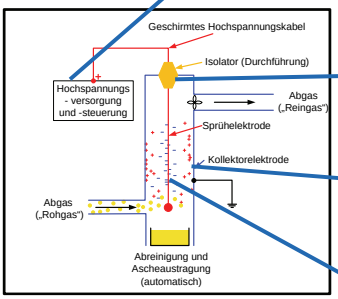


5 [22.11.2013, Alexander Berhardt, Forum 1: Emissionsminderung und Effizienz in Biomassekleinfeuerungsanlagen]

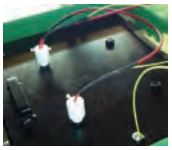
Quelle Grafik: IZES gGmbH
Quelle Foto oben: [2] Foto unten: [1]

OPTIDUST: Umsetzung und Entwicklungsstand

Vereinfachtes Schema



Komponenten des Forschungsvorhabens



6 [22.11.2013, Alexander Berhardt, Forum 1: Emissionsminderung und Effizienz in Biomassekleinfeuerungsanlagen]

Quelle Schema und Urheber Fotos: *IZES gGmbH*

OPTIDUST: Umsetzung und Entwicklungsstand

Entwicklungsarbeiten 2013

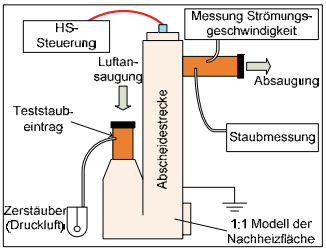
- Entwicklung des EFC 202 (**E**lektrostatischer **F**ilter **C**ontroler)
  - Hardware- und Softwareentwicklung
  - Angepasst für den Einsatz als Labor- und Praxisgerät
  - Datenlogger inkl. PC Software, autark oder integriert in die Kesselsteuerung
  - Intelligente Steuersoftware inkl. verschiedener Progammautomatiken
- Realisierung der nachgeschalteten Lösung
- Entwicklung und Auslegung der Hoval Filterbox (in Zusammenarbeit mit Hoval)
- Weiterentwicklung der Isolatoren für die HS-Durchführung
- Start der Entwicklungsarbeiten einer automatischen Abreinigungseinheit (hauptsächlich durch Biokompakt)

Urheber Fotos: *IZES gGmbH*

OPTIDUST: Entwicklung im Labor

Versuchsparameter

- Testaerosol: Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat (DEHS)
  → MPPS gleich Aerosolemissionen aus Biomasseverbrennung (<PM10) [3][4]



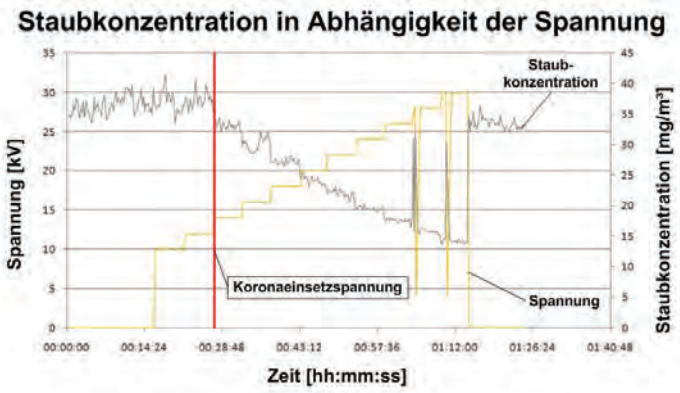
- Staubmessgerät: Optisches Laserphotometer „Dusttrak II“ der Firma TSI, kalibriert auf ISO 12103 PT 1. A1 [6]
  → rein qualitative/relative Auswertung der Ergebnisse möglich
- Test verschiedener Elektrodenkonfigurationen, Isolatordurchführungen etc. dient als Entwicklungsumgebung der Versorgungs- und Kontrolleinheit

Quelle Schema: *IZES gGmbH*

OPTIDUST: Entwicklung im Labor

Ergebnisse der Modelltests

- Mittlerweile über 150 Testreihen (je 2 Stunden) durchgeführt
- Perfekte Bedingungen zur Reproduzierung der Theorie



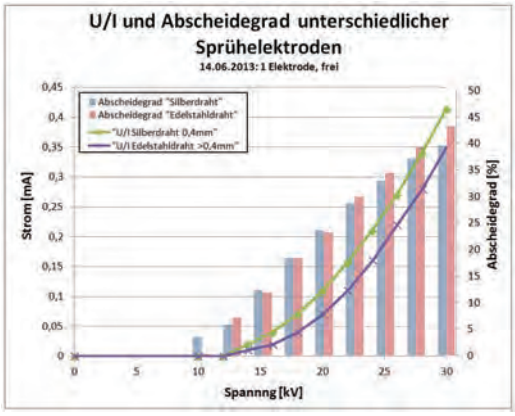
9 [22.11.2013, Alexander Berhardt, Forum 1: Emissionsminderung und Effizienz in Biomassekleinfeuerungsanlagen]

Datenquelle Diagramm: *IZES gGmbH*
Koronaeinsetzspannung nach [7]

OPTIDUST: Entwicklung im Labor

Ergebnisse der Modelltests

- „kalte Inbetriebnahme“ der Komponenten zur Überführung in die Praxis
- Beispiel: Bestimmung der optimalen Sprühelektrode

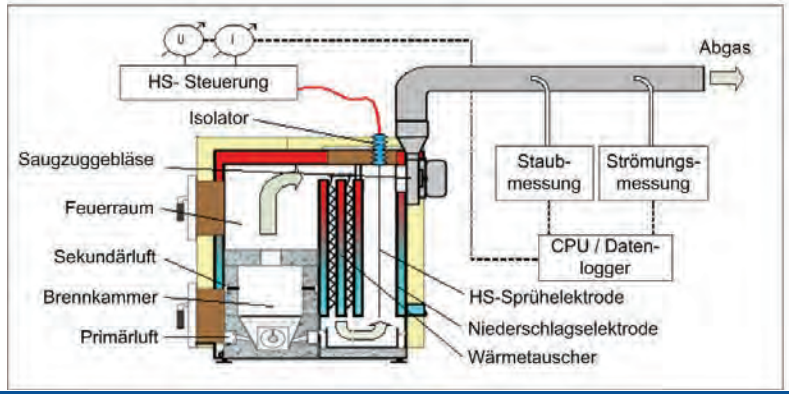


10 [22.11.2013, Alexander Berhardt, Forum 1: Emissionsminderung und Effizienz in Biomassekleinfeuerungsanlagen]

Datenquelle Diagramm: *IZES gGmbH*

Versuchsaufbau und Versuchsparameter

- Direkt im Kessel integrierte Abscheidestrecke mit 2 Elektroden
- Verwendete Messgeräte: Wöhler SM 500, Testo 380, Afriso STM 225 (alle für 1. BImSchV Messung zugelassen) und TSI DustTrak 8530



Quelle Schema: [1] & *IZES gGmbH*

OPTIDUST: Entwicklung in der Praxis

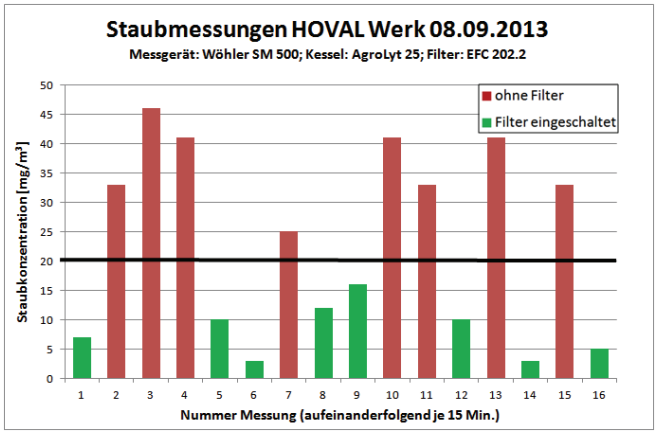
Versuchsaufbau und Versuchsparameter

- Durchgeführt wurden und werden verschiedene Messungen:
  - 15-Minuten Messungen nach der 1. BImSchV
  - 15-Minuten Messungen mit zeitlich aufgelösten Staubwerten
  - Dauertests über lange Zeiträume zur Evaluierung verschiedener Systemkomponenten und -funktionen

Urheber Fotos: *IZES gGmbH*

Ergebnisse der Feldtests

- Beispiel mehrerer 15-Minuten-Messreihen nach 1. BImSchV:

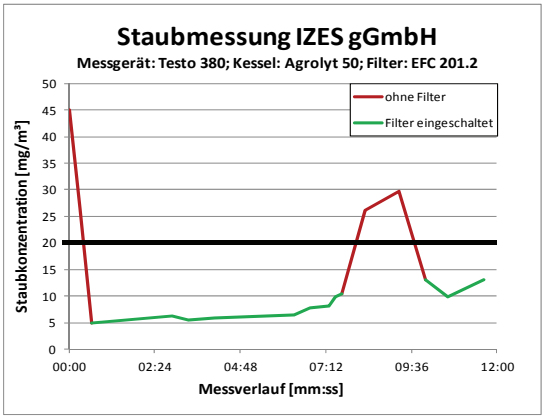


Datenquelle Diagramm: *IZES gGmbH*

OPTIDUST: Entwicklung in der Praxis

Ergebnisse der Feldtests

- Beispiel einer 15-Minuten-Messreihe mit zeitlich aufgelöstem Verlauf der Staubmesswerte

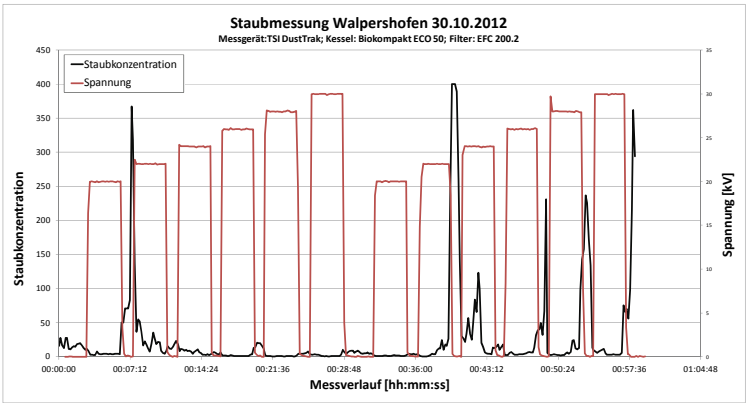


Datenquelle Diagramm: *IZES gGmbH*

OPTIDUST: Entwicklung in der Praxis

Ergebnisse der Feldtests

- Beispiel eines Langzeittests (hier: Variation der Spannung)



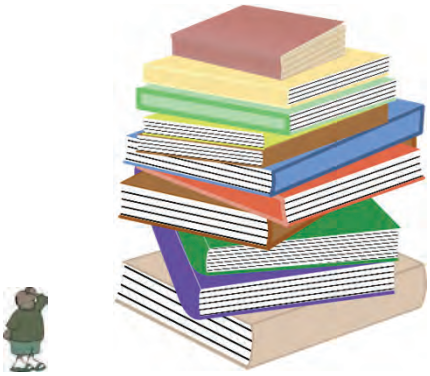
- Nur qualitative Auswertung aufgrund des Messgerätes möglich, jedoch Trend- und Funktionalität eindeutig nachweisbar

Datenquelle Diagramm: *IZES gGmbH*

Ausblick

- Winter 2013/2014: Weiterführung der Prototypentests in allen zur Verfügung stehenden Testkesseln, weitere Validierung der Ergebnisse und erweiterte Betriebszeiten des Filtersystems
- Winter 2013/2014: Integration und Test der automatischen Abreinigungsvorrichtung
- Winter 2013/2014: Ausdehnung des Praxistests auf alternative Brennstoffe (z.B. Miscanthus/Trester Briketts, Baumwollreste)
- Frühjahr 2014: Ausstattung eines weiteren Testkessels bei HOVAL
- Kontinuierlich bis Projektende: Erweiterung der Programmierung der Kontrolleinheit
- Weitere Modelltests zur Überprüfung von Elektroden-Materialien, Aufhängungen, Isolationsmaterialien etc.
- Validierung der Möglichkeiten der Ausdehnung der Filter-Einsatzmöglichkeit bis zu einer Kesselleistung von 1.000 kWh_{th}

Was bleibt: Ein Berg voller Arbeit!



Aber wir sind auf dem richtigen Weg!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Literatur / Quellen

[1] BIOKOMPAKT Heiztechnik GmbH: „Biomasseheizung Type AWK / ECO mit Brennstoffförderung „Mini, Standard, Industrie“ für Hackgut bis 60 mm Länge und sonstige körnige Biomasse“, (Waldhausen, 2010)

[2] Hoval GmbH: „Stückholz Heizkessel AgroLyt 20-50“ (Aschheim-Dornach, 2011)

[3] Topas GmbH: Auszug aus dem Sicherheitsdatenblatt DEHS, (2008), http://www.topas-gmbh.de/dateien/prospekt/dehs_prspd.pdf , zuletzt aufgerufen am 02.10.2013

[4] I. Obernberger, T. Brunner, G. Bärnthaler: „Aktuelle Erkenntnisse im Bereich der Feinstaubemissionen bei Pelletsfeuerungen“, (Stuttgart, 2005), http://www.bios-bioenergy.at/uploads/media/Paper-Obernberger-FeinstaubemissionenPellets-Stuttgart-2005-10-18.pdf, zuletzt aufgerufen am 02.10.2013

[5] BIOKOMPAKT Heiztechnik GmbH: „Technische Anlagendokumentation Eco 50“, (Waldhausen, 2008)

[6] TSI Incorporated: DUSTTRAK™ DRX AEROSOL MONITOR CALIBRATION METHODS, 2012, http://www.tsi.com/uploadedFiles/_Site_Root/Products /Literature/Application_Notes/EXPMN-005_DRX-Calibration.pdf , zuletzt aufgerufen am 21.10.2013

[7] H. J. White, Entstaubung industrieller Gase mit Elektrofiltern, Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1969.

Partner

Alexander Berhardt
+49 (0)681 / 9762 851
berhardt@izes.de

IZES gGmbH
Altenkesseler Str. 17, Geb . A1
D – 66115 Saarbrücken

Prof. Dr. Ferenc Lezsovits
lezsovits@energia.bme.hu

Budapest University of Technology and Economics (BME)
Műegyetem rakpart 3-9
HU – 1111 Budapest

Holger Sieger
+49 (0) 681 / 8575 971
h.sieger@giu.de

GIU Gesellschaft für Innovation und Unternehmensförderung mbH
Nell-Breuning-Allee 8
D – 66115 Saarbrücken

Dipl.-Ing. Wulf Clemens
+49 (0) 177 / 386 44 77
clemens@ots-gmbh.de

Hochschultechnologiezentrum
Altenkesseler Str. 17, Geb. D2
D – 66115 Saarbrücken

Daniel Hegele
+423 (0) 3992 / 306
daniel.hegele@hoval.com

Hoval Aktiengesellschaft
Liechtenstein
Austraße 70
LI – 9490 Vaduz

Ernst Gerlinger
+ 43 (0) 7260 / 4530
ernstgerlinger@biokompakt.com

Biokompakt Heiztechnik GmbH
Froschau 79
A – 4391 Waldhausen

Projektträger:
Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe
Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen

Dr.-Ing. A. Stanev
a.Stanev@fnr.de
03843/6930-134

Gefördert durch:
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

(FKZ: 22000711; 11NR007)

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

SPARTHERM ÖKO THERM® ISIS b-tu Brandenburgische Technische Universität Cottbus DBFZ

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

Emissionsminderung durch integrierte und kombinierte Maßnahmen an einer Einzelraumfeuerung

FKZ-Nr. 03KB051

Laufzeit: 01.01.2011-31.03.2014

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Projektziele und Projektinhalte

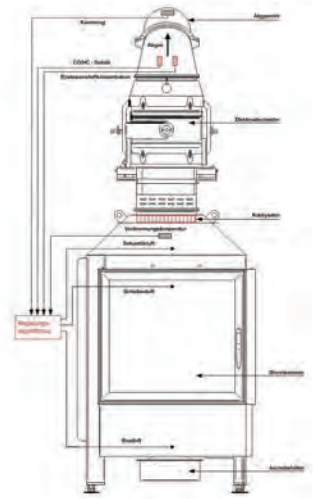
Energetische Biomassenutzung

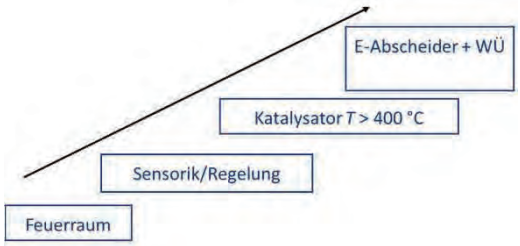
- Projektziele:
  - Emissionsarmer Betrieb von Kleinfeuerungsanlagen in allen Verbrennungsphasen
  - Praxisrelevante Maßnahmen
  - Emissionsminderung durch integrierte Maßnahmen
- Projektinhalt
  - Emissionsminderung durch integrierte Maßnahmen in einem an hochwertige Einzelraumfeuerungen (ERF) adaptierten Modul
  - Staubminderung mittels Elektroabscheidung
  - Minderung von CO und VOC durch Katalyse
  - Verbrennungsoptimierung in jeder Phase des Verbrennungsprozesses durch vollautomatische Verbrennungsluftregelung auf der Basis moderner Abgassensorik und angepasster Regelungsalgorithmen
  - Überprüfung der Praxistauglichkeit bei Feld- und Demonstrationsmessungen

Konzept

Energetische Biomassenutzung

- **Integration von E-Statik und Katalysator in ERF**





Messaufbau und Vorgehensweise

Energetische Biomassenutzung

- **Durchgeführte Experimente**:
  - Referenzversuch ohne sekundäre Maßnahmen
  - Versuche nur mit Katalysator
  - Versuche nur mit Elektroabscheider
  - Versuche nur mit Regelung
  - Versuch mit Elektroabscheider, Katalysator und Regelung in Kombination

- **Versuchsdurchführung:**
  - Hochwertige Einzelraumfeuerung Spartherm Varia 2L, 12 kW
  - Anzünd- und Nachlegevorgang gleich
  - Pro Experiment mehrere Abbrände (mind. 7, jeweils 35 Min)
  - Konzentrationsaufzeichnung gasförmiger Abgaskomponenten (FTIR) und Partikelzählung (SMPS) kontinuierlich
  - Gravimetrische Staubprobenahme, 35-Minuten-Mittelwert pro Abbrand

Katalysatoreinsatz

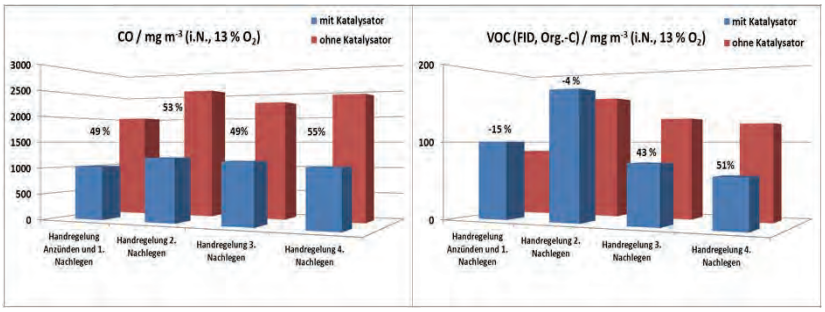
Energetische Biomassenutzung

- Einsatz edelmetallbeschichteter Drahtgestricke (Firma Heraeus)
- Aufbau wurde modifiziert → Katalysator wird nicht mehr als komplette Scheibe sondern in sechs konzentrischen Ringen angeordnet in die ERF eingebracht
- Aufhängung erfolgt ähnlich eines Bajonettverschlusses
- Leichter Ein- und Ausbau des Katalysators durch Brennraum
- Nachrüstung von unterschiedlichen Bestandsanlagen ggf. möglich

Entwicklung durch DBFZ (Quelle der Bilder: Thiel, Eisinger, Hartmann)

Katalysatoreinsatz

Energetische Biomassenutzung

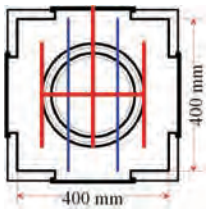


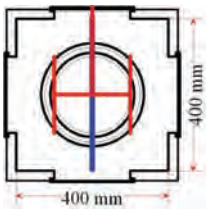
- **Ergebnisse**:
  - Aktivität für CO-Oxidation wurde auch nach einer Heizperiode nicht reduziert, d.h. keine Desaktivierung für die CO-Oxidation beobachtet!
  - Ausreichend hohe Temperaturen werden für die VOC-Oxidation benötigt.
  - Katalysator wurde durch Staubablagerungen über die gesamte Heizperiode 2012/13 nicht verblockt.
  - Anstieg des Druckverlustes im Technikum und im Feld nicht messbar.
  - Einfluss des Katalysators auf Strömung in Nachbrennkammer oberhalb Umlenkplatte führt vermutlich zur Grobstaubreduzierung

Elektroabscheidung

Energetische Biomassenutzung

Entwicklung durch BTU Cottbus (Quelle der Bilder: Groll und Riebel)





Elektroabscheidung

Energetische Biomassenutzung

- Das Konzept wurde von der BTU Cottbus entwickelt und alle Einbauten und Veränderungen in Cottbus vorgenommen.
- Es wurden 20 Prüfstanduntersuchungen mit dem entwickeltem E-Abscheider durchgeführt (Variation der Gassenbreiten und Elektrodengeometrien).
- Gravimetrische Messungen am Prüfstand zeigten einen Abscheidegrad ca. 56% für die 3-Kammer-Variante und ca. 60 % für die 2-Kammervariante (Durchschnitt drei Messungen).
- Vorteil der Zwei-Kammer-Variante war vermutlich die bessere Strömungsverteilung. Diese wurde bei der Drei-Kammer-Variante optimiert.
- Dadurch soll die Leistungsbegrenzung der Netzteile verhindert und Energie gespart werden.
- Die HSE wurde entwickelt, um auch bei hohen Temperaturen (> 400 °C) höchste elektrische Isolation und Überschlagsfestigkeit zu gewährleisten, sowie Kurzschlüsse durch Ascheverschmutzungen zu verhindern.

ISIS - Verbrennungsluftregelung auf der Basis moderner Abgassensorik

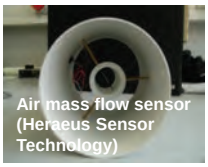
Energetische Biomassenutzung

Spartherm Varia 2L Kaminofen ohne Elektroabscheidung, jedoch mit Verbrennungsluftregelung (entwickelt am ISIS)

- Separate Regelung von drei Verbrennungsluftströmen
- Sensorisch erfasste Prozessparameter:
  - Verbrennungstemperatur
  - Restsauerstoffkonzentration im Abgas
  - Unverbrannte Komponenten, d.h. CO/HC-Gehalt im Abgas
  - Verbrennungsluftströme
- Neu! Gassensoren im Abgasrohr
- Luftmassenstromregelung unter Naturzugbedingungen - Servomotor getriebenen Stellklappen.
- Separate Regelungsalgorithmen für Kaltstart- , Hochtemperatur-, Nachlege- und Ausbrandphase

HT-Sauerstoffsensor, MFO10-O, Dittrich GmbH +Co. KG, Baden-Baden

CarboSen CO/HC-Sensor, Escube GmbH, Stuttgart



ISIS - Verbrennungsluftregelung auf der Basis moderner Abgassensorik

Energetische Biomassenutzung

Abbrandexperiment mit Kat

Referenzierung der Abgasemissionen mit HT-FTIR Abgasanalysesystem

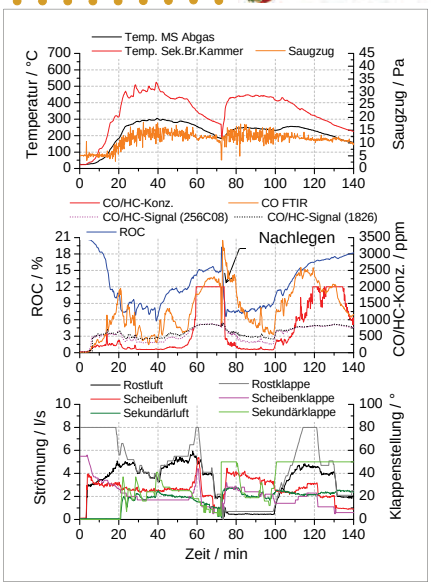
- Kaltstart (4,5 kg Buchenscheitholz) mit Nachlegen (2,8 kg) ISIS-Stapelmethode bei Kaltstart

- Oxidationskatalysator

DBFZ/ Heraeus

Typischer Abbrandverlauf

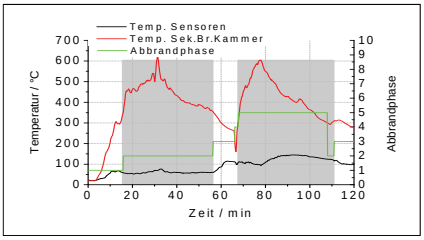
- o Nur sehr kurze CO-Emissionsspitzen beim Kaltstart und nach dem Nachlegen,
- o Minderung der CO-Emissionen in der HT-Phase bei Verbrennungstemperaturen T > 450 °C auf Werte < 750 ppm,
- o Typische CO-Emissionserhöhung in der Ausbrandphase bei T<400 °C
- o Weiteres Optimierungspotential hinsichtlich Regelung und Brennraumgeometrie!

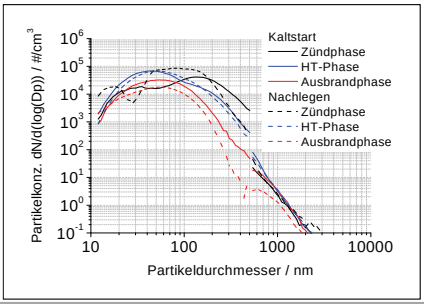


ISIS - Verbrennungsluftregelung auf der Basis moderner Abgassensorik

Energetische Biomassenutzung

SMPS/APS – Feinstaubanalyse (typisch)





Gravimetr. PM- Messung während HT-Phasen (grau) (nicht auf 13% O_2 bezogen!)

System	KS	NL	
ohne Kat	63	80	mg/m³
ohne Kat	44	66	mg/m³
mit Kat	52	47	mg/m³
mit Kat	52	36	mg/m³

Fazit ISIS – Verbrennungsluftregelung

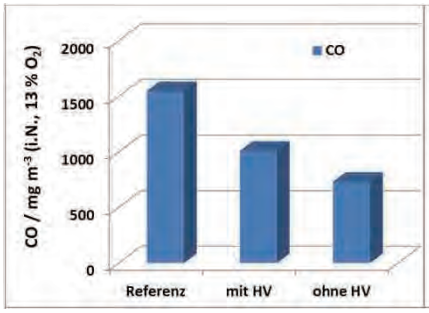
Sowohl CO- als auch PM-Emissionen bei Betrieb mit Katalysator deutlich unterhalb der zulässigen Obergrenze (1. BImSchV).

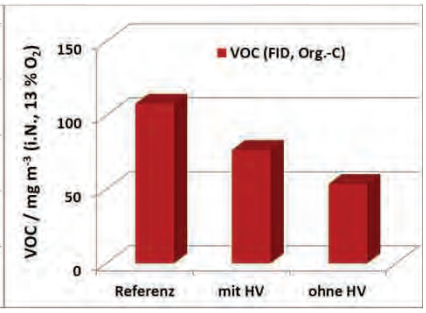
Kombination der Maßnahmen

Energetische Biomassenutzung

- Emissionen und Reduzierungen

Versuch	O_2	CO	VOC (FTIR, Org.-C)	VOC (FID, Org.-C)	$NO_{2Äqui}$	Gesamtstaub
	in Vol.-%	in mg/m³				
Referenz	15,5	1548	126	108	114	178
mit HV	14,0	1009	122	77	116	21
Reduzierung mit HV	10%	35%	3%	29%	-2%	88%
ohne HV	13,7	731	91	54	130	62
Reduzierung ohne HV	12%	53%	28%	50%	-14%	65%



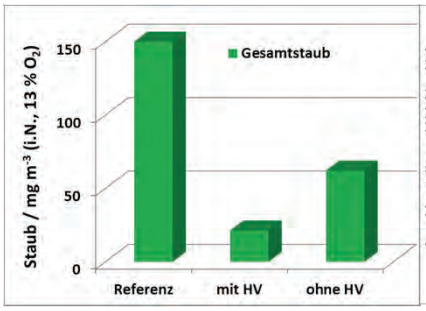


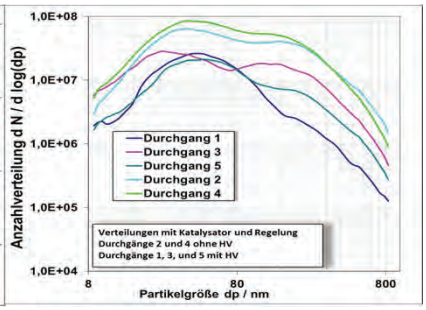
Kombination der Maßnahmen

Energetische Biomassenutzung

- Emissionen und Reduzierungen

Versuch	O_2	CO	VOC (FTIR, Org.-C)	VOC (FID, Org.-C)	$NO_{2Äqui}$	Gesamtstaub
	in Vol.-%	in mg/m³				
Referenz	15,5	1548	126	108	114	178
mit HV	14,0	1009	122	77	116	21
Reduzierung mit HV	10%	35%	3%	29%	-2%	88%
ohne HV	13,7	731	91	54	130	62
Reduzierung ohne HV	12%	53%	28%	50%	-14%	65%





Feld- und Demonstrationsuntersuchungen

Energetische Biomassenutzung

- Feldmessungen erfolgten bisher an einem Standort jeweils zu Beginn/Mitte/Ende der vergangenen 2 Heizperioden
- Funktionsfähigkeit der Minderungsmaßnahmen konnte auch im Feld nachgewiesen werden
- Großer Einfluss hinsichtlich der Funktionsfähigkeit durch Verhalten des Nutzers (Überfüllung des Feuerraums, nicht ausreichend getrocknetes Holz)
- Für die laufende Heizperiode wurde ein zweiter Feldmessstandort eingerichtet.

(Quelle Bild: Thiel, Eisinger, Hartmann)

Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- Abschließende Prüfstanduntersuchungen zur Darstellung des Entwicklungsstandes
- Erster Einsatz der µ-Controller Version der Regelung auf dem Prüfstand ab Dezember
- Demonstrationsbetrieb an zwei Feldmessstandorten für die Heizperiode 2013/14
- Dokumentation der Ergebnisse
- Projektabschluss März 2014

Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

- Das Katalysatormodul ermöglicht einen sicheren Betrieb bei gleichzeitiger Reduzierung von CO und VOC (bis zu 60 % Minderung)
- Deutliche Reduzierung des Gesamtstaubgehalts durch den Einsatz des entwickelten Elektroabscheiders
- Mit SMPS ermittelte Abscheidegrade größer 85 % (durch E-Filter hervorgerufene Agglomeration, gravimetrisch: max. 60 %)
- Durch zusätzliche Optimierung und Anpassung könnten die Emissionen weiter reduziert werden.
- Wirtschaftliche Umsetzung insbesondere bzgl. Regelung & Sensorik, aber auch hinsichtlich des E-Filters derzeit nicht realisierbar.
- Eine praxisorientierte Weiterentwicklung unter Beachtung der Kosten ist daher zwingend erforderlich.

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

- Projektpartner: Spartherm Feuerungstechnik GmbH,
  A.P. Bioenergietechnik GmbH,
  Institut für Sensorik und Informationssysteme (ISIS) der HS Karlsruhe,
  Lehrstuhl MVT der BTU Cottbus
- Feldmessstandort: Privatpersonen (Tobias Kirsten, Timo Jobst)
- Fördermittelgeber: BMU
- Projektträger: PtJ

Kontakt

Dipl.-Ing. (FH) Christian Thiel
Bereich Thermo-Chemische Konversion

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116,
D-04347 Leipzig
E-Mail: christian.thiel@dbfz.de
Tel. +49 341 2434 732, Fax +49 341 2434 133

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik
Prof. Dr. techn. G. Scheffknecht

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

Entwicklung von emissionsarmen häuslichen Feuerstätten für feste Brennstoffe

FKZ-Nr. 03KB055B

Laufzeit: 01.05.2011 – 30.04.2013

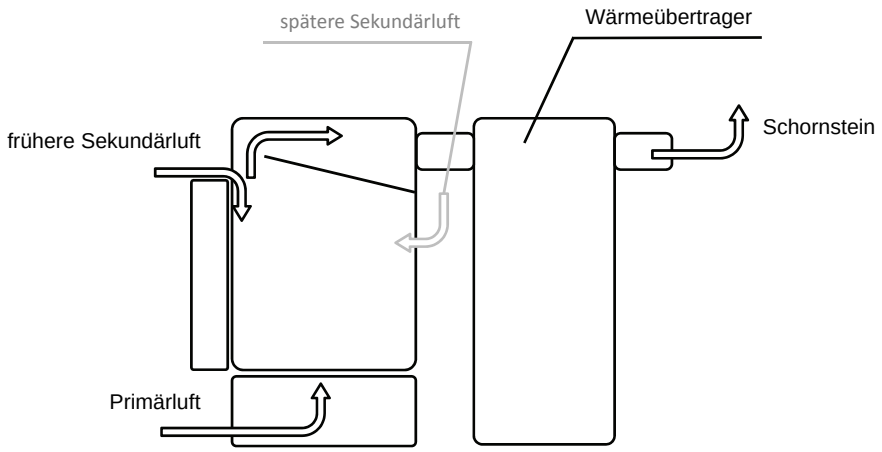
5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Forum 1: Winfried Juschka, Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik

Stand der Technik

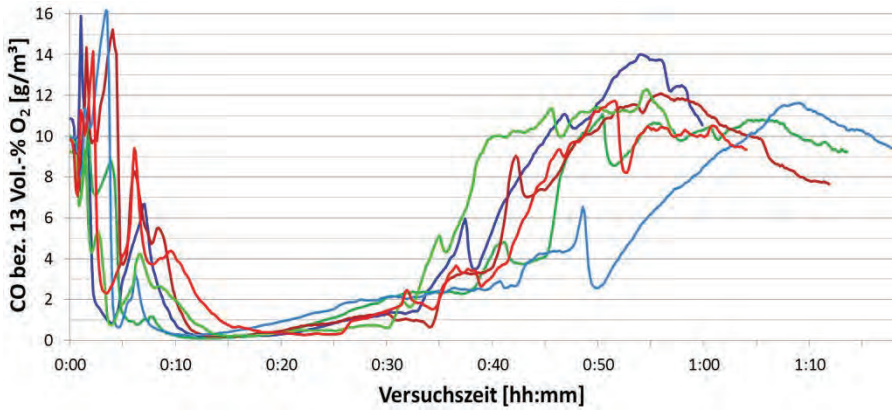
Energetische Biomassenutzung

Prinzipbild von Kaminöfen bzw. Kamineinsatz mit Nachheizfläche



Emissionsverlauf

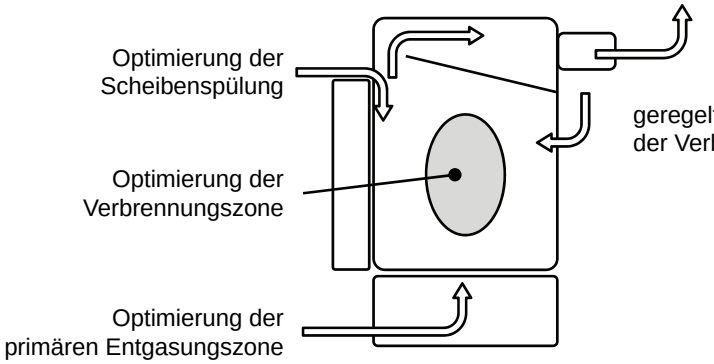
Energetische Biomassenutzung



Optimierungsmöglichkeiten

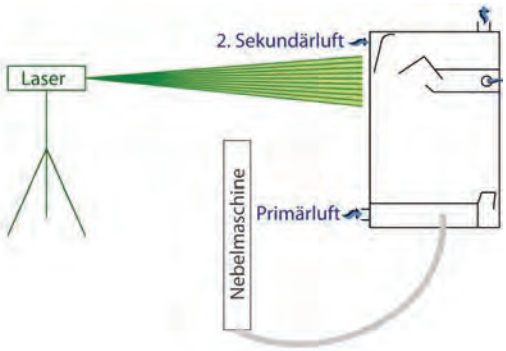
Energetische Biomassenutzung

Integration von Abgasgebläse, Sensorik und Verbrennungsregelung



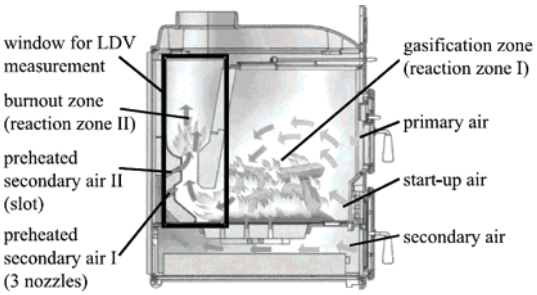
Strömungsvisualisierung

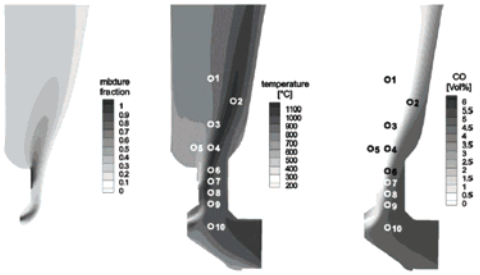
Energetische Biomassenutzung



CFD Simulation

Energetische Biomassenutzung

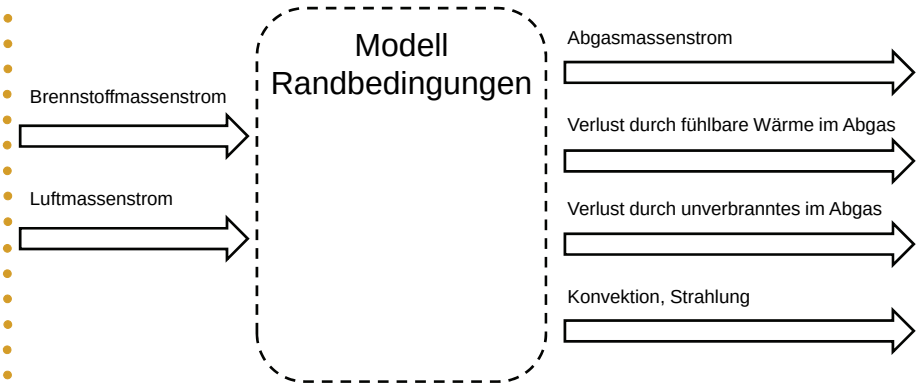




Knaus et al. (1999)

CFD Simulation

Energetische Biomassenutzung



Kontrolle durch Kohlenstoff- und Energiebilanz

Reaktionsmodel „Methan-Air-2step“

Energetische Biomassenutzung

Erstellung eines Gasgemisches welches Äquivalent zum Holzgas ist

Berechnung der Abgaszusammensetzung bei der Verbrennung von Holz

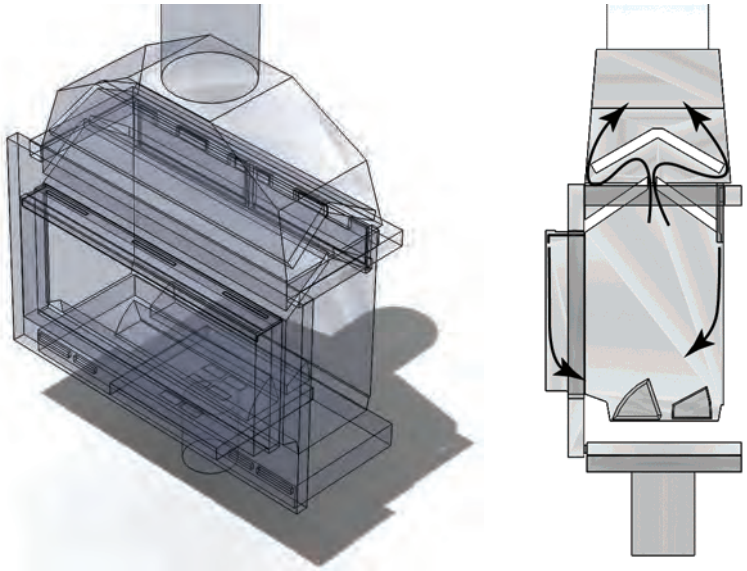
Massenströme im Abgas von:	Reaktion von Methan als 2-Schritt Reaktion	Brenngaszusammensetzung	Verhältnis des
CO_2 O_2 H_2O N_2	$2\,CH_4 + 3\,O_2 \rightarrow 2\,CO + 4\,H_2O$ $2\,CO + O_2 \rightarrow 2\,CO_2$	CH_4 - CO CO_2 - H_2O Verbrennungsluftbedarf O_2 mit λ_{Soll}	CH_4 - CO Im Brenngas?

Gasgemisch soll aufweisen

- ähnlic[illegible] wie Holz **beliebige Lösungen**
- Gas[illegible] aus Literaturstellen **kein Beispiel für CH4 / CO Gasgemisch**
- Gasgemisch soll den gleichen CO2max wie Holz aufweisen

Kamineinsatz

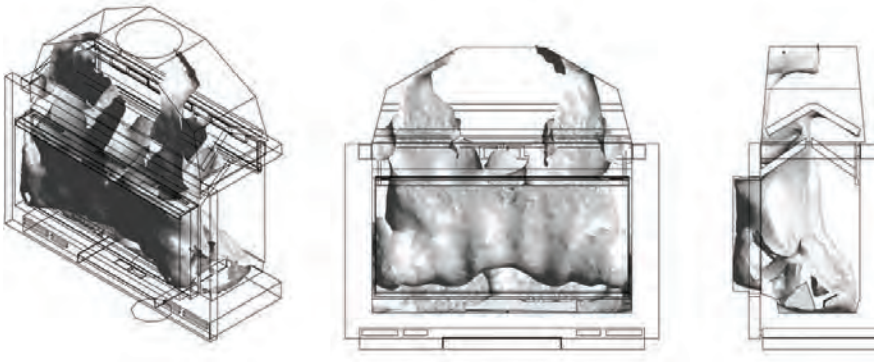
Energetische Biomassenutzung



Kamineinsatz

Energetische Biomassenutzung

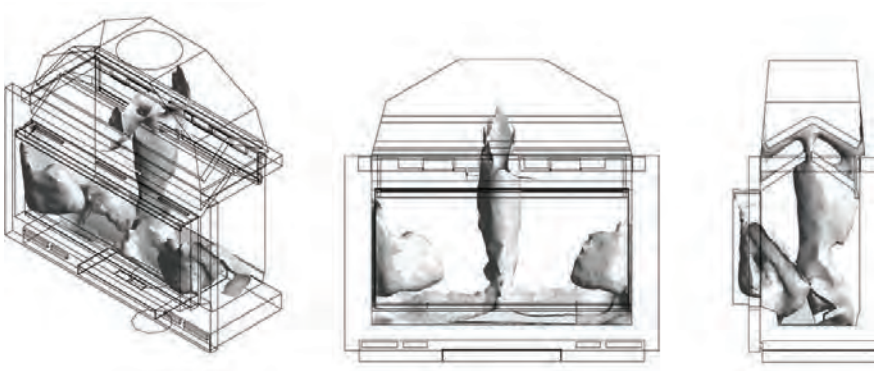
Isofläche Kohlenmonoxid



Kamineinsatz

Energetische Biomassenutzung

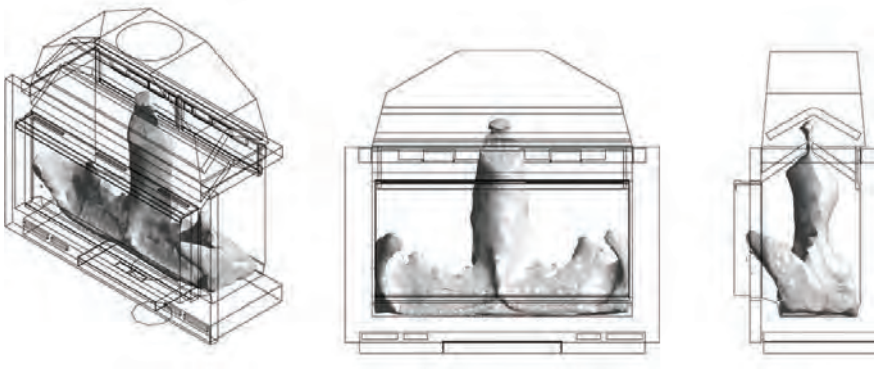
Isofläche Sauerstoffkonzentration ≤ 6 Vol.%



Kamineinsatz

Energetische Biomassenutzung

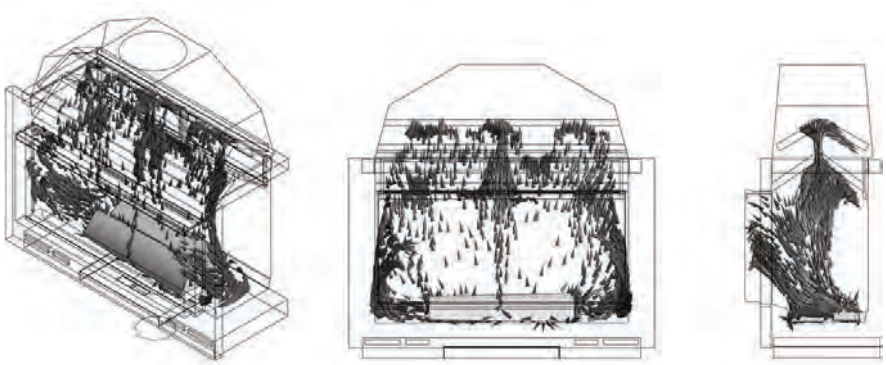
Isofläche Temperatur ≤ 650°C

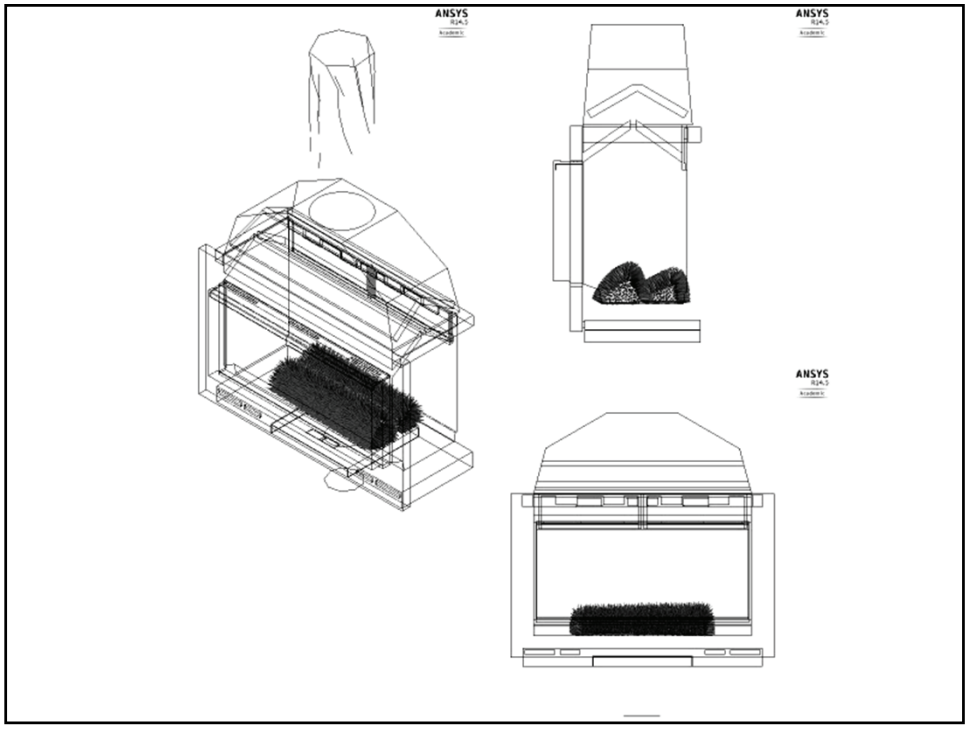


Kamineinsatz

Energetische Biomassenutzung

Strömung

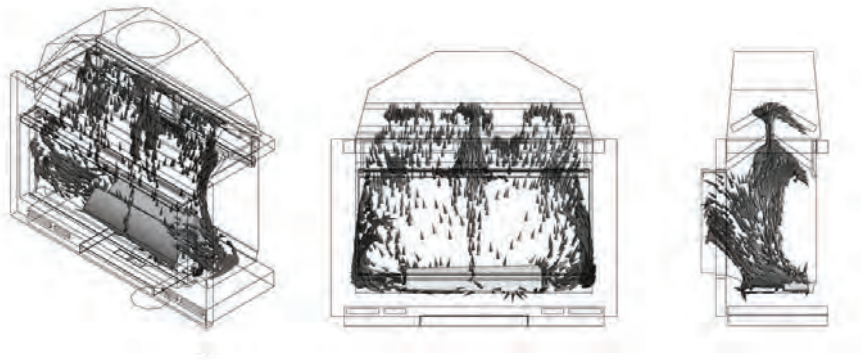




Kamineinsatz

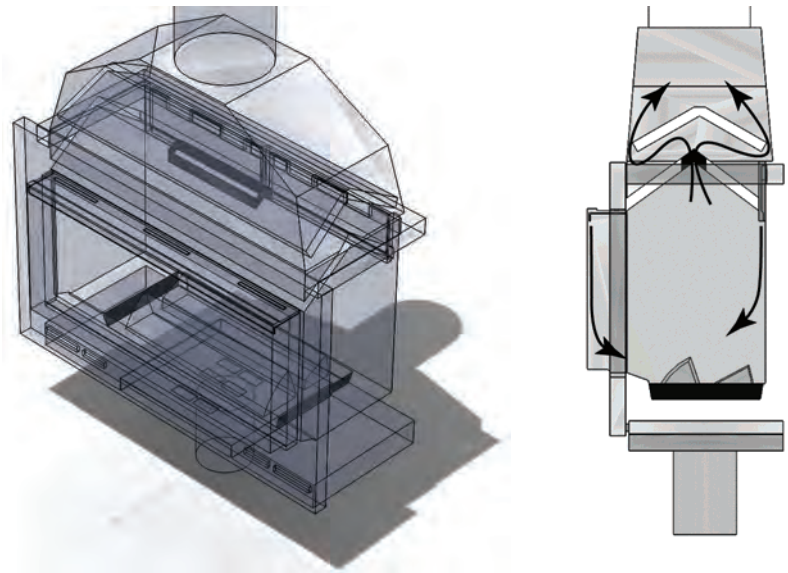
Energetische Biomassenutzung

Strömung



Kamineinsatz M1

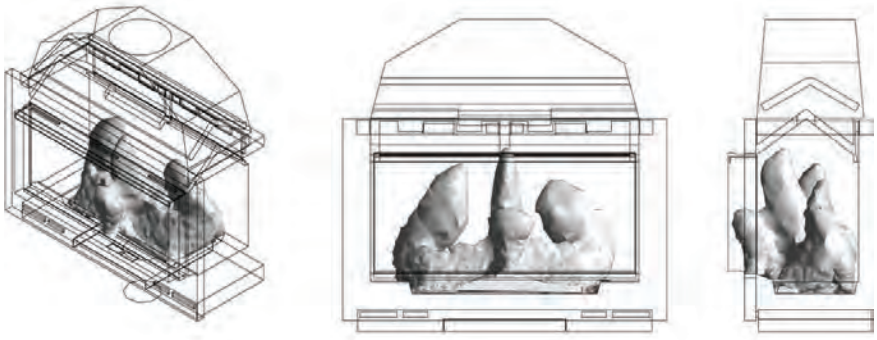
Energetische Biomassenutzung



Kamineinsatz M1

Energetische Biomassenutzung

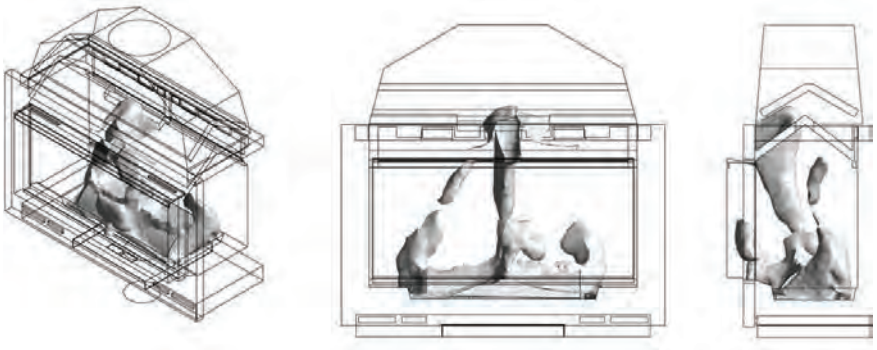
Isofläche Kohlenmonoxid



Kamineinsatz M1

Energetische Biomassenutzung

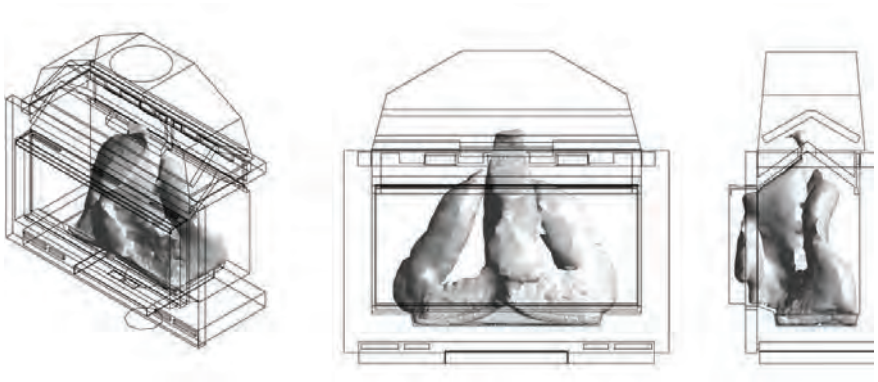
Isofläche Sauerstoffkonzentration ≤ 6 Vol.%



Kamineinsatz M1

Energetische Biomassenutzung

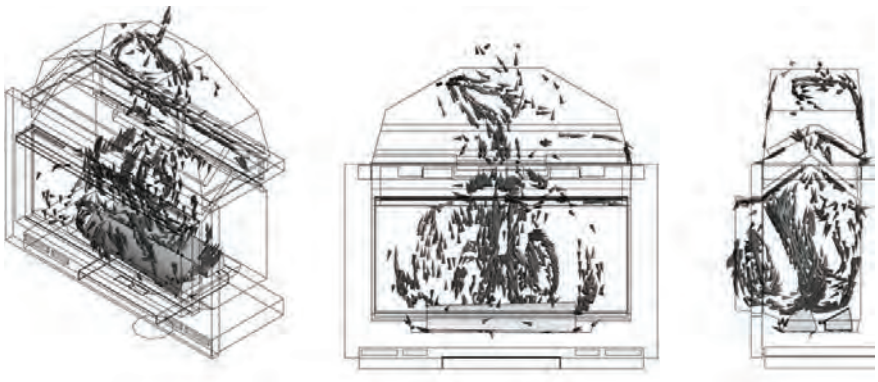
Isofläche Temperatur ≤ 650°C

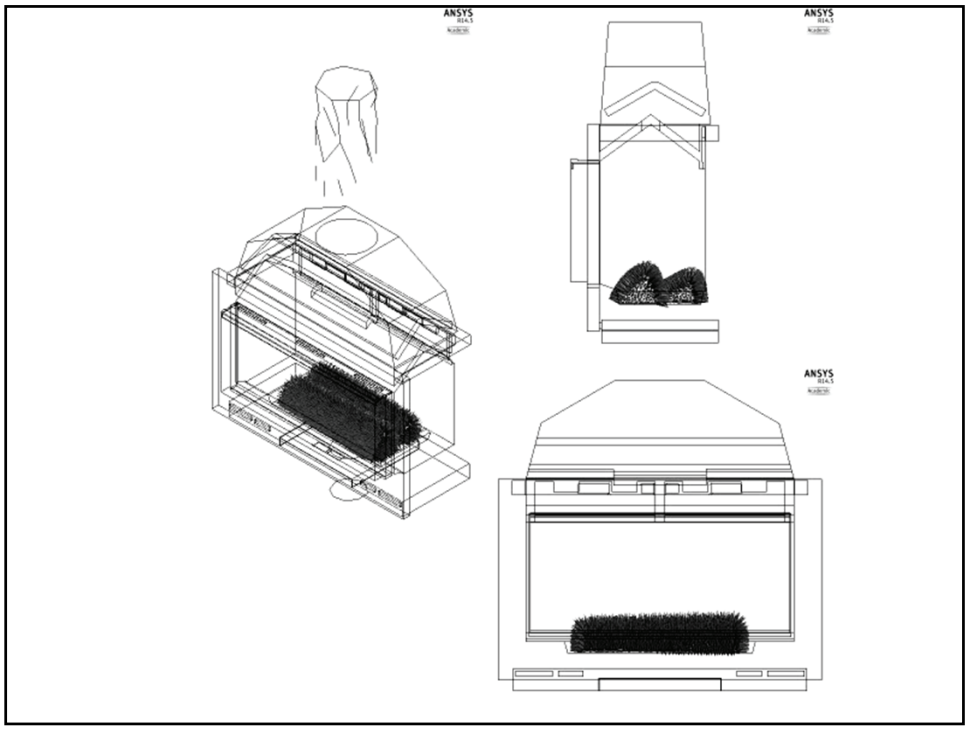


Kamineinsatz M1

Energetische Biomassenutzung

Strömung

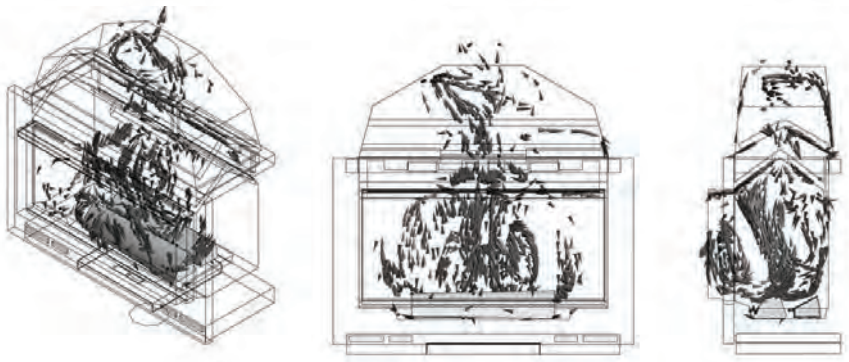




Kamineinsatz M1

Energetische Biomassenutzung

Strömung

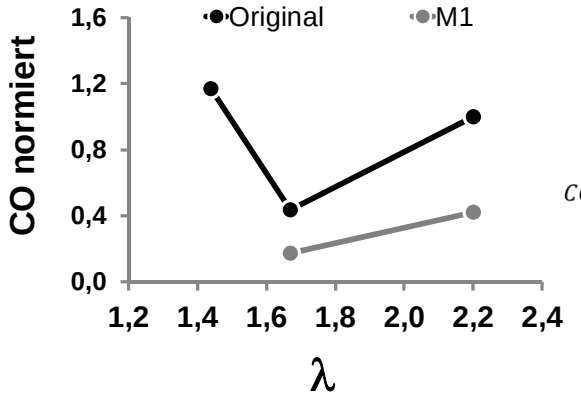


Kamineinsatz

Energetische Biomassenutzung

CO Emissionen bei unterschiedlichem λ

(normiert auf λ = 2,2)



$$CO_{norm} = \frac{\dot{m}_{CO\ bei\ \lambda_n}}{\dot{m}_{CO\ bei\ \lambda_0}} \left[\frac{\frac{kg}{s}}{\frac{kg}{s}}\right]$$

Zusammenfassung und Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- CFD-Simulation bei Kleinfeuerungen steht noch am Anfang
- für plausible Ergebnisse bedarf es ein hohes Maß an Wissen und Erfahrung
- stationäre Vorgänge lassen sich berechnen und liefern Informationen über O_2-, CO-, Temperaturverteilung
- derzeit wird „nur“ die Hauptverbrennungsphase berechnet

weiterer Forschungsbedarf:

- Reaktionsparameter müssen noch weiter für Kleinfeuerungen angepasst werden
- Randbedingungen für den Anbrand müssen entwickelt werden
- Evaluierung der Simulationsergebnisse

Energetische
Biomassenutzung
Universität Stuttgart
Dipl.-Ing. (BA), M.Sc.
Winfried Juschka
Akademischer Mitarbeiter
Pfaffenwaldring 23
D-70569 Stuttgart
Tel. +49 (0) 711 – 685 69504
Fax. +49 (0) 711 – 685 59504
juschka@ifk.uni-stuttgart.de
www.ifk.uni-stuttgart.de
ifk
Institut für
Feuerungs- und
Kraftwerkstechnik
Verbundprojekt
FKZ. NR. 03KB055A
beteiligte Hersteller
BRUNNER
hase
LEDA
Guss ist Qualität
25 Juschka, 5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

DBFZ

Verbrennung alternativer Biomassen in einer Kleinfeuerungsanlage mit wassergekühltem Brennerkopf

Mario König, Bereich TK, Arbeitsgruppe Kleinanlagentechnik

Hintergrund

DBFZ

Energetische Nutzung alternativer Biomassen

- Klassischer Bioenergieträger Holz aufgrund zunehmender Knappheit und stofflicher Nutzung nur sehr begrenzt energetisch nutzbar
- Weiterer Ausbau der Bioenergie kann nur durch Nutzung alternativer biogener Stoffe erfolgen (bevorzugt Reststoffe)
- Voraussetzung für nachhaltige Nutzung ist die Vermeidung von Flächenkonkurrenzen sowie Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit

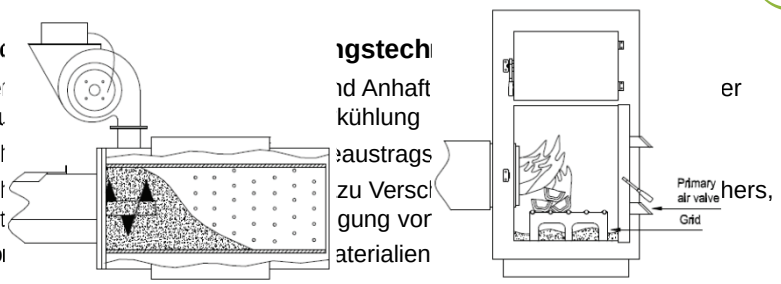
Besondere Anforderungen bei Nutzung alternativer Biomassen

- Brennstoffeigenschaften erfordern spezielle Feuerungstechnik
  - Niedriger Ascheschmelzpunkt, hoher Aschegehalt
  - Erhöhter Gehalt an Chlor, Stickstoff und aerosolbildenden Elementen
- Die im Vergleich zu Holz erhöhten Emissionen erfordern den Einsatz primärer und/oder sekundärer Emissionsminderungsmaßnahmen
  - Primär: Brennstoffeigenschaften, Feuerungskonstruktion, Regelungstechnik
  - Sekundär: Abscheider, Wäscher, Katalysatoren

Verbrennungstechnologie

Anfo **ıgstechı**

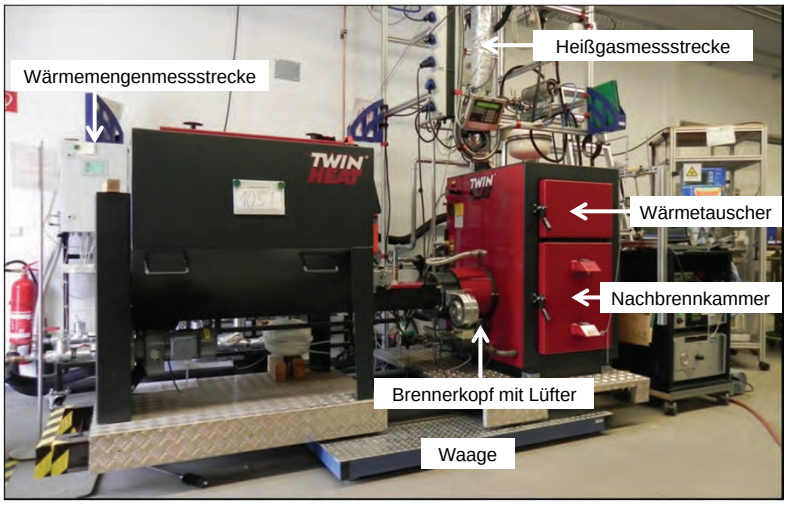
- Ve ıd Anhaft er
  Glu kühlung
- hol ɛaustrags
- hol zu Versch hers,
  aut gung vor
- Koı aterialien



Eigenschaften der eingesetzten Feuerungsanlage

- TwinHeat Farmerfire: Typ Compact M20i und Standard CS M40i
- Schüttgutfeuerung mit wassergekühltem Brennerkopf
- Zusätzlich kombinierte Feuerung mit Scheitholz möglich
- Leistungsbereich 30 - 100 % (entspricht 8 bis 30 kW bzw. 15 bis 50 kW)
- Lambdaregelung → Anpassung Brennstoffzufuhr
- 3 Brennstoffprogramme: Holzpellets, Holzhackschnitzel, Getreide

Versuchsaufbau



Untersuchte Brennstoffe

Brennstoff	Aufbe-reitung	Heizwert [kWh/kg]	H_2O [%OS]	Asche [%TS]	N [%TS]	S [%TS]	Cl [%TS]	K [%TS]
Holz (Referenz)	Pellets 6 mm	5,30	7,20	0,33	0,13	0,04	0,003	0,0004
Miscanthus	Pellets 6 mm	4,86	11,74	5,36	0,41	0,04	0,07	0,0065
Winterwei-zenstroh	Häcksel	4,69	8,59	5,1	0,91	0,12	0,34	0,0155
Getreide (Roggen)	---	4,73	12,20	1,9	1,55	0,13	0,02	0,0030
Reisspelzen	---	4,08	9,07	21,5	0,40	0,13	0,22	0,0004

Verbrennungsversuche

Vorversuche

- Für jeden Brennstoff wurden möglichst optimale Einstellungen der Kesselsteuerung bestimmt → Ziel war Betrieb bei Volllast + Minimierung CO
- Variierte Parameter:
  - Stoker Puls- und Pausenzeiten [s]
  - Stoker Periode (Summe Puls- und Pausenzeit)
  - O_2-Sollwert [Vol.-%]

Hauptversuche

- Kontinuierlich erfasste Messgrößen
  - gasförmige Emissionen: O_2, CO, CO_2, VOC (Org.-C), $NO_{2äqui}$, HCl, SO_2
  - zeitlicher Verlauf des Brennstoffverbrauches
  - zeitlicher Verlauf der vom Kessel abgegebenen Wärmemenge
  - Abgastemperatur
- Diskontinuierlich erfasste Messgrößen
  - 3 x 30 min gravim. Staubmessung nach VDI 2066 (bei 160 °C)

Ergebnisse

Abbrandverhalten / Verschlackung / Ascheanfall

- Für Holzpellets, Miscanthuspellets, Getreide und Reisspelzen konnte kontinuierlicher Abbrand mit geringen gasförmigen Emissionen erreicht werden.
- Bei Strohhäcksel war mit werksseitig möglichen Einstellungen kein kontinuierlicher Betrieb möglich → Massenstrom zu gering
- Aufgrund des hohen Aschegehaltes der Reisspelzen musste manuell Asche entfernt werden → automatischer Ascheaustrag notwendig

Verschlackung bei Strohhäcksel

Ascheanfall bei Reisspelzen

Ergebnisse

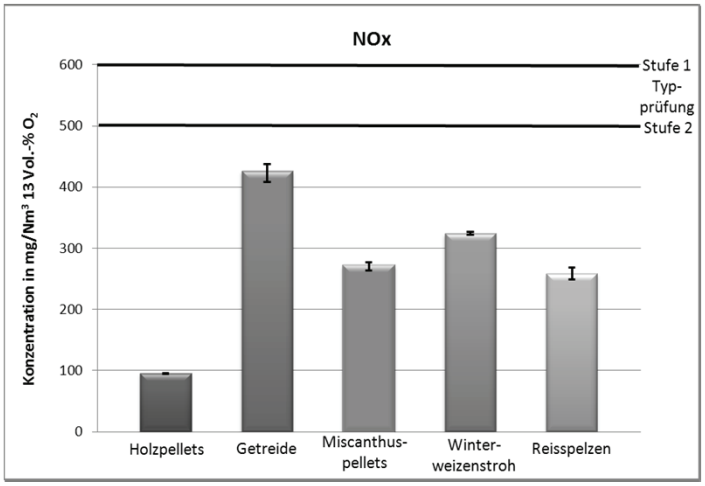
Emissionsverhalten bei Volllast

Brennstoff	Leistung	O_2	Staub	CO	VOC (Org.-C)	$NO_{2äqui}$	HCl	SO_2
	kW	Vol.-%	mg/Nm³ bezogen auf 13 Vol.-% O_2					
Holzpellets*	22,40	9,40	25,3	7,5	12,8	95,5	0,2	0,06
Miscanthus-pellets*	19,51	10,70	123,0	11,2	2,9	271,6	69,7	41,5
Winterweizen-strohhäcksel**	39,84	9,67	---	203,0	22,0	324,6	14,4	124,3
Getreide (Roggen)*	20,28	10,99	223,9	28,0	6,6	433,2	17,7	57,9
Reisspelzen**	36,42	8,50	34,0	314,7	11,8	259,0	183,5	46,3

*M20i **M40i

Ergebnisse

Einhaltung von Grenzwerten: 1. BImSchV



Ergebnisse

Einhaltung von Grenzwerten: TA Luft bis 1 MW

- Staub 50 mg/Nm³ bez. auf 11 Vol.-% O_2
- CO 250 mg/Nm³ bez. auf 11 Vol.-% O_2
- $NO_{2äqui}$ 500 mg/Nm³ bez. auf 11 Vol.-% O_2

Zusätzlich:

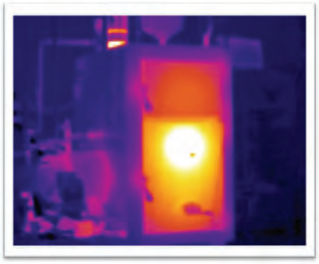
- HCl 30 mg/Nm³ bez. auf 11 Vol.-% O_2
- SO_2 350 mg/Nm³ bez. auf 11 Vol.-% O_2

→ Reisspelzen halten CO- und HCl-Wert nicht ein
→ Staubgrenzwert wird mit Ausnahme Holz + Reisspelzen überschritten
→ Miscanthus hält HCl-Grenzwert nicht ein

Zusammenfassung und Ausblick

Optimierungspotenzial

Primärseitig kann durch Anpassung der Regelungsparameter für die meisten Brennstoffe ein Gasausbrand mit CO unter dem Grenzwert erreicht werden. Durch bessere Isolierung könnte der Wirkungsgrad noch erhöht werden.



Fazit

- Einsatz alternativer Biomassebrennstoffe in vorgestellter Anlage prinzipiell möglich
  → Untersuchung der Wirtschaftlichkeit notwendig
- Zur Einhaltung der Staubgrenzwerte sind sekundäre Minderungsmaßnahmen (Elektroabscheider und Katalysator) zwingend erforderlich
  → nur in größeren Anlagen wirtschaftlich
- Einsatz automatischer Entaschung generell notwendig
- Nutzung biogener Reststoffe kann erheblichen Beitrag zur THG-Minderung leisten, entsprechende Feuerungstechnik ist auch im kleinen Leistungsbereich verfügbar

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

Forschung für die Energie der Zukunft – Wir laden Sie ein!

Ansprechpartner

Mario König
Tel. +49 (0)341 2434 – 569
E-Mail: mario.koenig@dbfz.de

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434 – 112
E-Mail: info@dbfz.de
www.dbfz.de

Forum 2

Mehr Effizienz in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Fraunhofer IKTS

LEHMANN Maschinenbau GmbH

Gefördert durch

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

Biogasgewinnung aus hoch lignozellulosehaltigen biogenen Reststoffen

FKZ-Nr. 03KB050

Laufzeit: 01.01.2011-31.12.2012

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

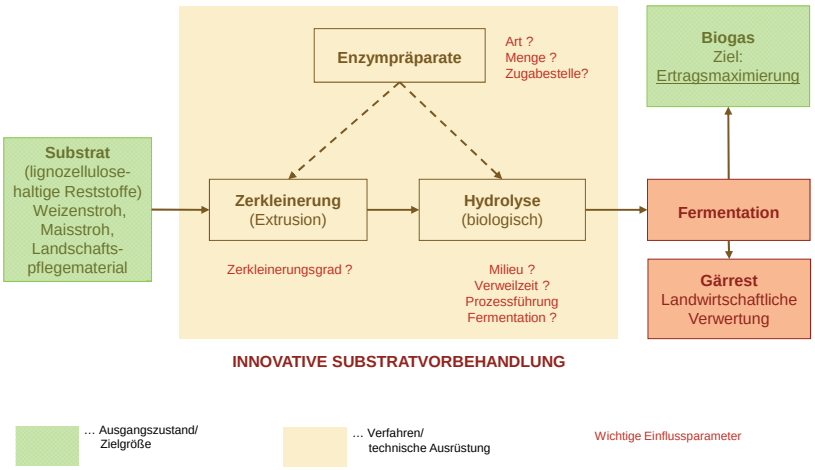
- Motivation
  - Erhebliches bisher nicht gehobenes Biomassepotenzial (Beispiel: Getreidestroh 8 -13 Mio. tFM/a Deutschland)
  - Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen
  - Beitrag zur Treibhausgas-Minderung

- Ziele:
  - Erschließung und Nutzbarmachung von biogenen Reststoffen (Stroh)
  - Entwicklung eines kosteneffizienten, übertragbaren technologischen Verfahrens zur Nutzung von hoch lignozellulosehaltigen Reststoffen zur Biogaserzeugung
  - Produktion regenerativer Energie (Strom, Wärme, Biomethan)

Inhalte und Schwerpunkte

Energetische Biomassenutzung

- Arbeitsziele des Vorhabens



Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Teilthema A

  Fraunhofer IKTS: Verfahrenstechnische Entwicklung zur effizienten Erschließung von Reststoffen durch mechanisch-enzymatischen Aufschluss in Kombination mit einer Hydrolysestufe

  - Evaluierung kommerzieller Enzympräparate für die Behandlung von Reststoffen
  - Systematische labortechnische Untersuchungen zur Bestimmung prozessrelevanter Einflussgrößen (Hydrolyse)
  - Festlegung der Verfahrensführung zur Substratvorbehandlung
  - Nachweisführung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Fraunhofer IKTS

- Teilthema B

  Lehmann Maschinenbau GmbH: Maschinentechnische Entwicklung von Ausrüstungen zur Aufbereitung von hoch lignozellulosehaltigen Reststoffen für die Biogaserzeugung

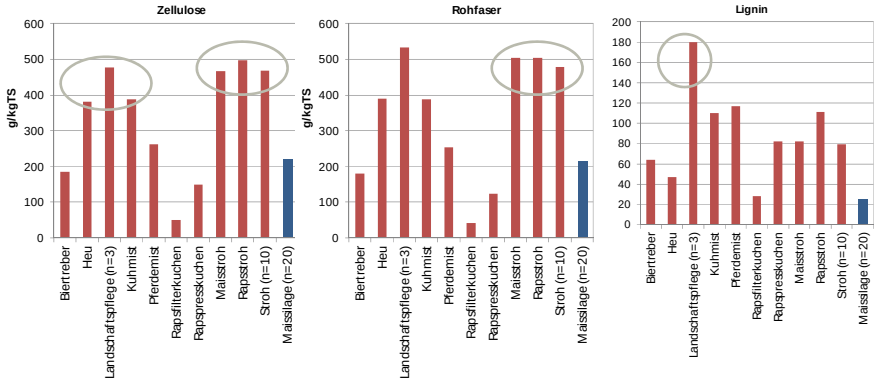
  - Systematische Versuche zur Substratvorbehandlung mittels Extrudertechnik
  - Planung Konstruktion und Fertigung der Prozessstufen zur Substratvorbehandlung
  - Testung der entwickelten Technik im Pilotmaßstab

LEHMANN Maschinenbau GmbH

Ergebnisse - Substratcharakterisierung

Energetische Biomassenutzung

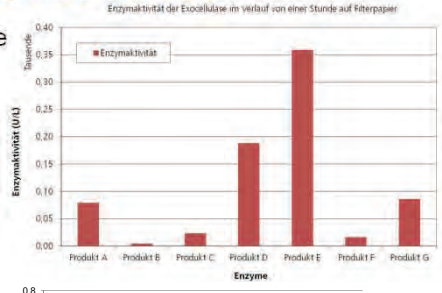
- Potentiell hohes Aufkommen
  - Getreidestroh (Weizen-, Gersten-, Maisstroh)
  - Landschaftspflegematerial
- Reststoffe mit hohem Anteil an Lignozellulose

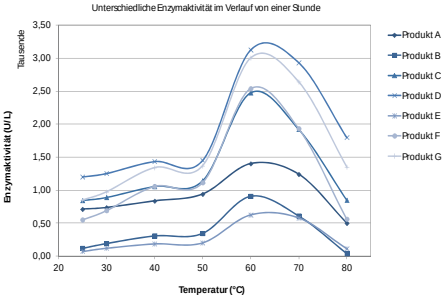


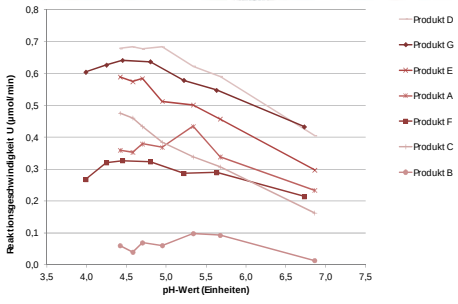
Ergebnisse - Enzymcharakterisierung

Energetische Biomassenutzung

- Einsatz kommerzieller Enzympräparate (Enzymmischungen)
- Testung und Aktivitätsbestimmung an Modellsubstraten (z.B. CMC und Filterpapier)
- Optimaler Enzymeinsatz bei möglichst niedrigem pH-Wert, Temperaturen 50-60°C



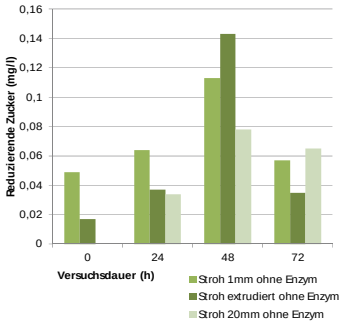


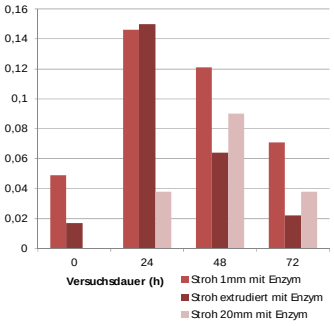


Ergebnisse - Enzymcharakterisierung

Energetische Biomassenutzung

- Einfluss der Partikelgröße auf die Wirksamkeit der Enzyme
  - Reduktion der Partikelgrößen erhöht die volumenspezifische Substratoberfläche
  - Damit wird die Zugänglichkeit der Enzyme positiv beeinflusst
  - Dies führt zu einer beschleunigten sowie erhöhten Freisetzung von Monomeren

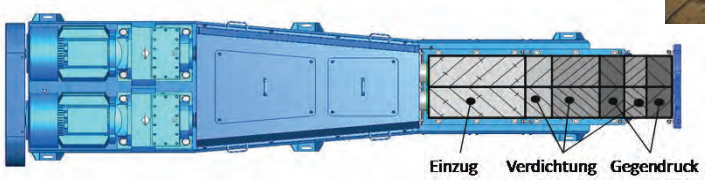




Ergebnisse - Extrusion

Energetische Biomassenutzung

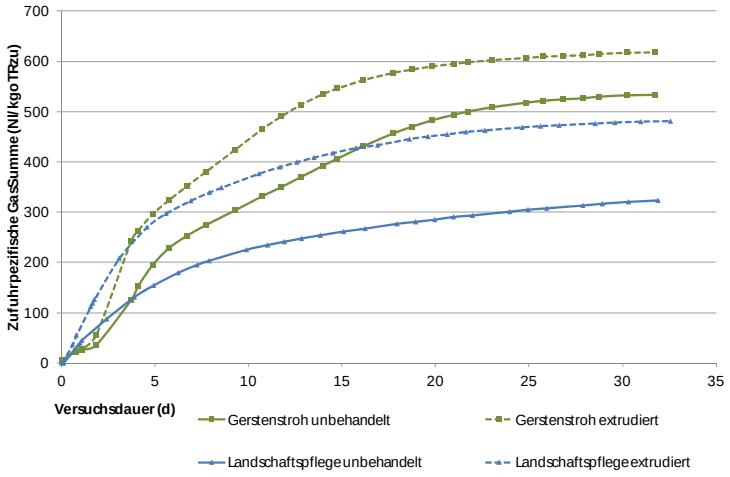
- Zerkleinerung durch ineinanderlaufende, gegenläufige Schnecken
- Kombination aus Druck, Reibung und Scherkräften bedingt Temperaturerhöhung (Aufschluss)
- Deutliche Reduktion der Partikelgröße in Abhängigkeit von Substrateigenschaften
- Je höher der TS-Gehalt desto höher der Energiebedarf (Substratabhängig)
- Kontinuierliche Betriebsweise



Ergebnisse - Extrusion

Energetische Biomassenutzung

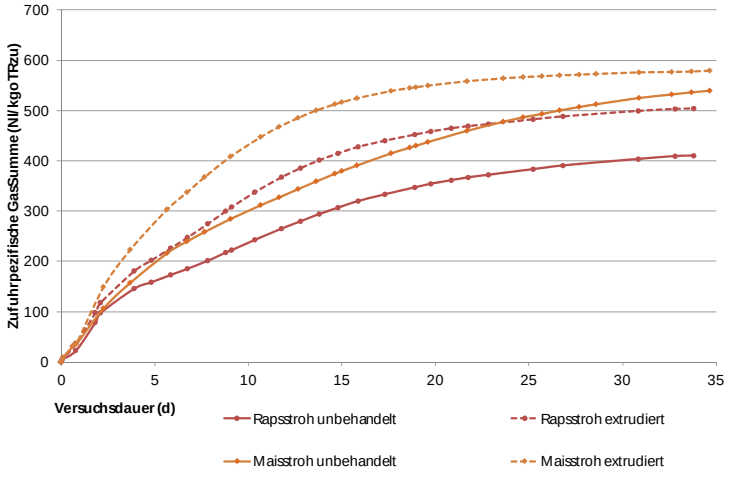
- Extrusion (Bioextrusion) beschleunigt und steigert den Biogas-/ Methanertrag signifikant



Ergebnisse - Extrusion

Energetische Biomassenutzung

- Extrusion (Bioextrusion) beschleunigt und steigert den Biogas-/ Methanertrag signifikant



Ergebnisse - Hydrolyse

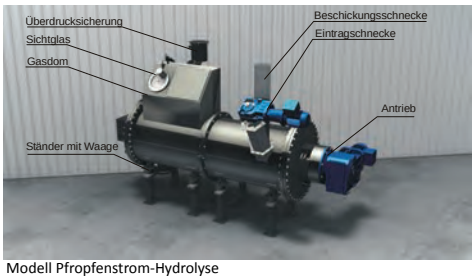
Energetische Biomassenutzung

- Hydrolyseversuche - Variation von Temperatur und ISV (Impfschlamm/Substrat Verhältnis), Enzymprodukt, thermische Inhibierung Impfsubstrat
- Mit steigender Hydrolysetemperatur Erhöhung des CSBgelöst und der Organischen Säuren (Optimum 55-65°C)
- Enzymwirkung: beschleunigte Versäuerung und erhöhte Freisetzung organischer Säuren (in Abhängigkeit der Dosierung)
- Reduktion der dynamischen Viskosität
- Verluste durch Methanbildung (10-20 Vol.%)
- Anaerobes Milieu

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Planung, Konstruktion und Fertigung einer Hydrolysestufe (Grundlage Lastenheft IKTS)
- Ausbildung Hydrolysestufe als Pfropfenstromreaktor mit Paddelrührwerk
- Örtlich diskrete quasikontinuierliche Enzymdosierung
- Thermophiler Betrieb
- Integration in Bestand der Biogas-Pilotanlage (Standort AZB Pöhl)



Modell Pfropfenstrom-Hydrolyse

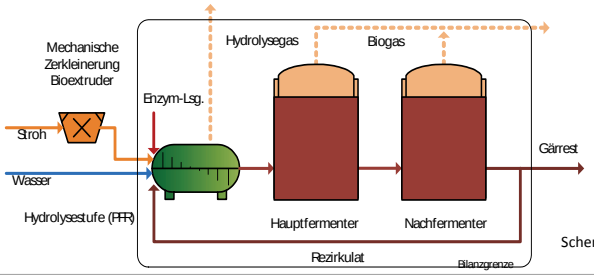
Einbindung in Biogas-Pilotanlage (IKTS - AZB Pöhl)

Ergebnisse - Pilotierung

Energetische Biomassenutzung

- Pilotversuch
  - 35 kg/d extrudiertes Gerstenstroh
  - t_H Hydrolyse 1,5 d
  - Einsatz von Enzymen und Hilfsstoffen
  - Prozesstemperatur Hydrolyse 55-60°C
  - Zweistufige mesophile Fermentation
  - Raumbelastung 3,0 kgoTR/m³d

Biogas-Pilotanlage (IKTS - AZB Pöhl)

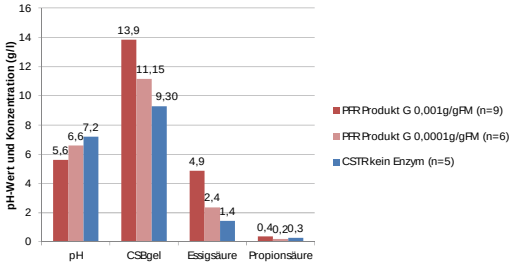


Schema Prozessführung Pilotversuch

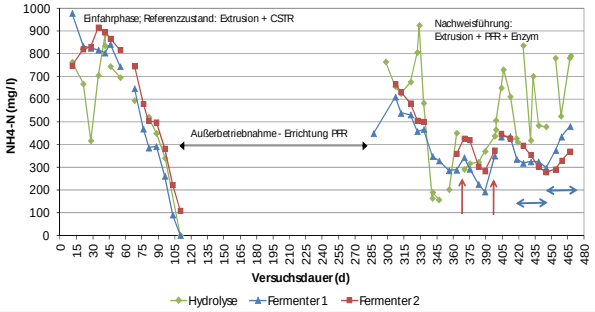
Ergebnisse - Pilotierung

Energetische Biomassenutzung

- Enzymeinsatz in separater Hydrolysestufe



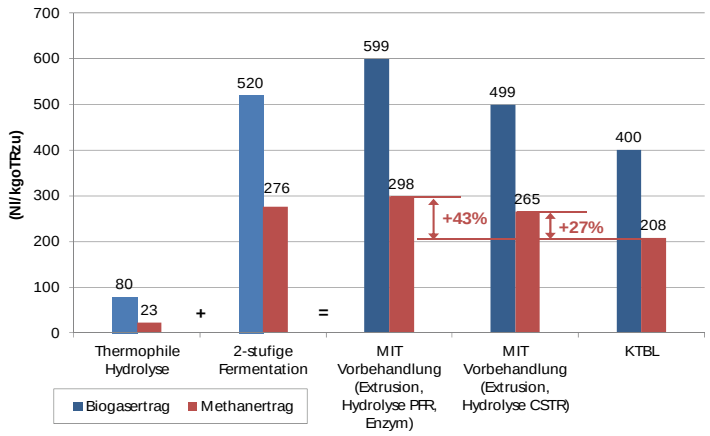
- N-Substitution durch Harnstoffzugabe



Ergebnisse - Pilotierung

Energetische Biomassenutzung

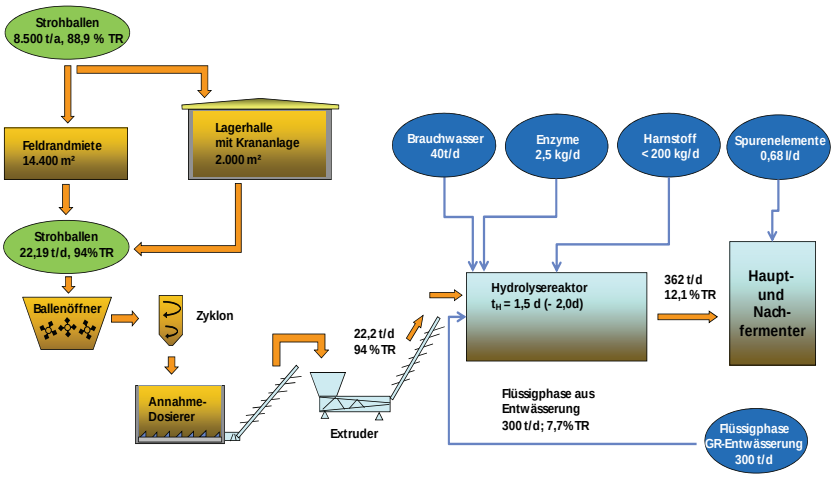
- Ergebnis bei kontinuierlicher Vergärung von Gerstenstroh (Monovergärung) im Pilotmaßstab



Ergebnisse - Wirtschaftlichkeit

Energetische Biomassenutzung

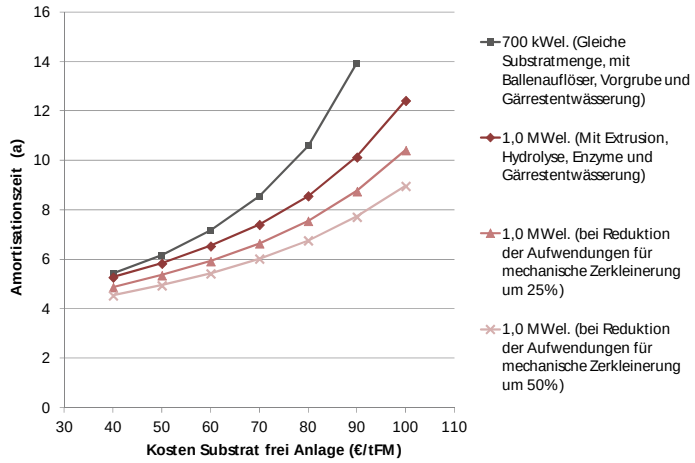
- Beispielrechnung für eine 1,0 MWel. BGA



Ergebnisse - Wirtschaftlichkeit

Energetische Biomassenutzung

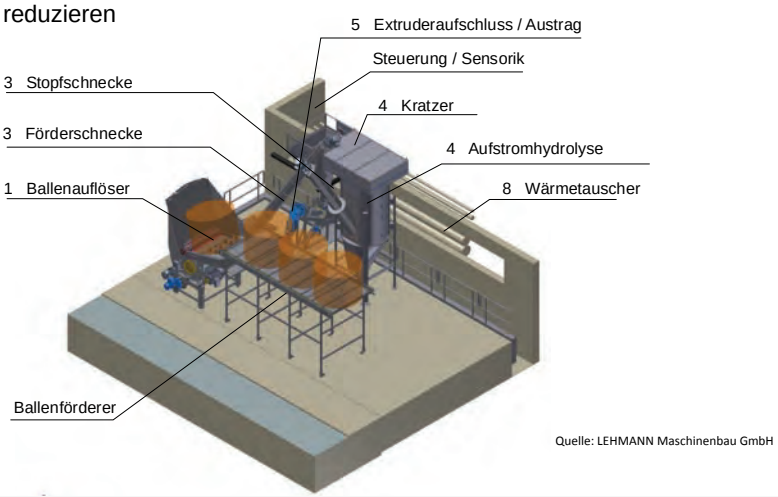
- Beispielrechnung für eine 1,0 MWel. BGA



Ergebnisse - Pilotierung

Energetische Biomassenutzung

- Aufstromhydrolyse und Bioextrusion
  - Entwicklung um Eigenstrombedarf des mechanischen Aufschlusses zu reduzieren



Quelle: LEHMANN Maschinenbau GmbH

Ergebnisse - Pilotierung

Energetische Biomassenutzung

Quelle: LEHMANN Maschinenbau GmbH

Stroh gehäckselt

Stroh nach Aufstromhydrolyse

Stroh nach Bioextrusion

Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

- Wirtschaftliche Biogaserzeugung aus lignozellulosehaltigen Reststoffen (Getreidestroh) darstellbar > weitere Optimierungen erforderlich
  - Verfahrensentwicklung mit Potenzial für Flexibilisierung
- Klimafreundliche Technologie zur energetischen Nutzung von Reststoffen
  - Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasen
- Stroh ist ein Koppelprodukt der Getreideproduktion
  - Kein zusätzlicher Flächenbedarf nötig (keine LUC-Effekte) (Alternative zum Anbau von Energiepflanzen)
- Rückführung von Gärresten auf landwirtschaftliche Flächen
  - Beitrag zur Humusreproduktion
  - Reduktion der Verwendung von Düngemitteln (Ressourcenschutz)
  - Nährstoffrückführung (Kreislaufprinzip)

Zukünftige Herausforderungen

Energetische Biomassenutzung

- Potentielle Folgeprojekte zur
  - Reduktion des Eigenstrombedarfs der mechanischen Vorbehandlung!
    - Auch andere Zerkleinerungsprinzipien sollten betrachtet werden
    - Alternative Antriebe
- Ergänzungsprojekte
  - Einsatz N-haltiger Co-Substrate zur Substitution der synthetischen N-Dünger
  - Erhöhung der Transportwürdigkeit von Stroh durch Pelletierung
    (Projekt: EFFIGEST Fkz:03KB081)
- Großtechnischer Langzeitnachweis
- Markteinführungsprojekt Demonstrations-BGA
  - Nachfrage potenzieller Investoren besteht!
  - Risikominimierung ist erforderlich

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Energetische Biomassenutzung

Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

UNIVERSITÄT HOHENHEIM

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

MEBA AVAT LANDESANSTALT für Agrartechnik & Bioenergie

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

Erschließung von Pferdemist als Gärsubstrat für Biogasanlagen

FKZ-Nr.: 03KB064

Laufzeit: 01.09.2011-30.09.2014

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Forum 2: Matthias Mönch-Tegeder und Dr. Hans Oechsner

Hintergründe

Energetische Biomassenutzung

- Steigender Pferdebestand in Deutschland (derzeit 1 Mio. Tiere)
- Mistanfall von ca. 12 t pro Pferd und Jahr
  - Hoher Anteil an Einstreumaterial
  - Mistlagerung und Rotte führt zur Freisetzung von umweltwirksamen Emissionen
  - Geringer Düngewert
- Verwertungsmöglichkeit in Biogasanlagen
  - Verringerung der Freisetzung von Emissionen
  - Alternatives Substrat zur Entspannung des Flächendrucks
  - Erzeugung von hochwertigem Dünger
  - Effiziente und umweltverträgliche Verwertung

Probleme bei der Verwertung von Pferdemist

Energetische Biomassenutzung

- Sehr inhomogenes Material
- Alternative Einstreumaterialien (Holzpellets, Sägespäne)
- Eintrag von Hemm- und Störstoffen
- Faserige Materialien führen zur Schwimmdeckenbildung und Verstopfungen
- Hohe Anforderungen an die Rührtechnik
- Langwieriger Substratabbau und z.T. geringer Methanertrag

Fragestellung

Energetische Biomassenutzung

- Gibt es Einschränkungen bei der anaeroben Nutzung von Pferdemist und mit welchen Methanerträgen ist zu rechnen?
- Kann die Verwertbarkeit durch eine Vorbehandlung verbessert werden?
- Unter welchen Voraussetzungen kann Pferdemist in Praxisanlagen eingesetzt werden?

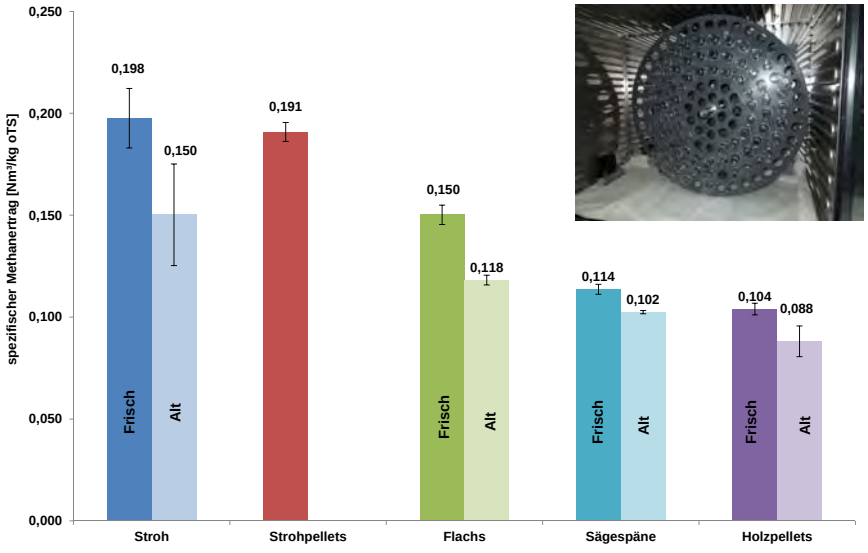
Vergärbarkeit von Pferdemist

Energetische Biomassenutzung

- Hohenheimer Biogasertragstest (HBT)
  - Nach VDI-Richtlinie 4630
  - Untersuchung von Pferdemist mit unterschiedlicher Einstreu
    - Stroh
    - Strohpellets
    - Flachs
    - Sägespäne
    - Holzpellets
  - Einfluss der Mistlagerung auf den spezifischen Methanertrag

Vergärbarkeit von Pferdemist mit unterschiedlicher Einstreu

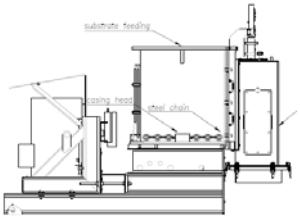
Energetische Biomassenutzung



Mechanische Aufbereitung von Pferdemist

Energetische Biomassenutzung

- Zerkleinerungsorgane in Form von rotierenden Ketten
- Zerkleinerung primär durch stumpfe Schläge auf das Material
- Materialkollision bewirkt zusätzliche Zerkleinerung
- Betriebsweise: Chargen oder kontinuierlich
- Gerätedaten:
  - Nennleistung: 55 kW
  - Nennstrom: 97,6 A
  - Drehzahl Schlagkopf: 1200 1/min
- Einstellbare Parameter Chargenbetrieb:
  - Zerkleinerungszeit
  - Befüllstop (Stromaufnahme) und Befüllzeit
  - Auswurfzeit
  - Durchsatz: 1,0 - 2,5 t FM /h

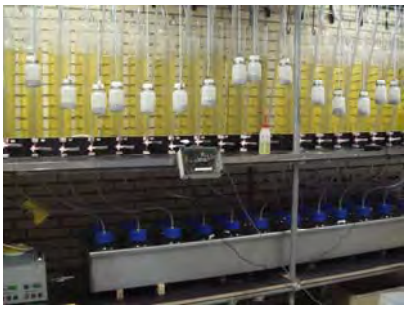


Mechanische Aufbereitung von Pferdemist Laborversuche

Energetische Biomassenutzung

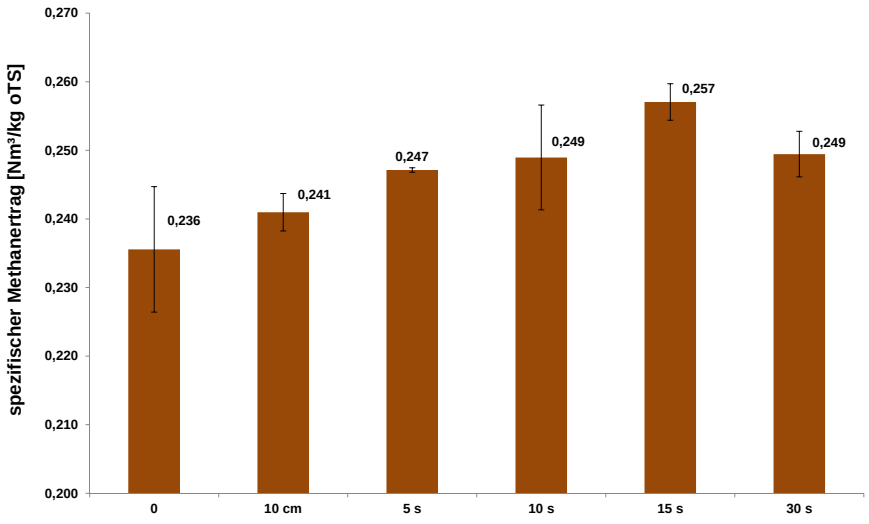
Ermittlung der optimalen Aufbereitungsintensität

- 2L-Batch Versuche
- Nach VDI-Richtlinie 4630
- Aufbereitungsstufen
  - Chargenbetrieb: 0 s, 5 s, 10 s, 15 s, 30 s
  - Durchflussbetrieb: 10 cm Schieberöffnung



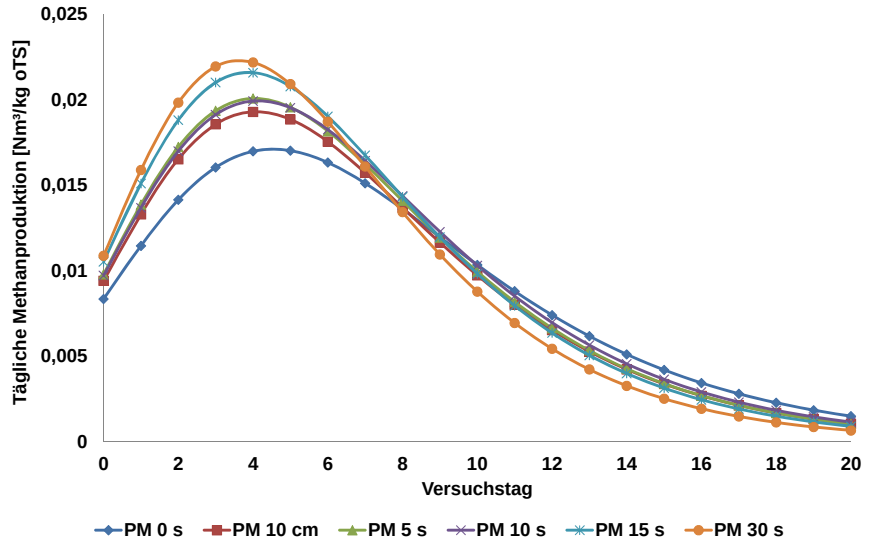
Mechanische Aufbereitung von Pferdemist
Spezifische Methanerträge

Energetische Biomassenutzung



Mechanische Aufbereitung von Pferdemist
Abbaukinetik

Energetische Biomassenutzung



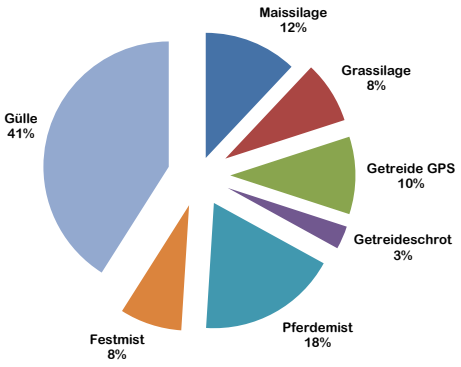
Verwertung von Pferdemist im Praxismaßstab

Energetische Biomassenutzung

Verwertung von Pferdemist im Praxismaßstab

Energetische Biomassenutzung

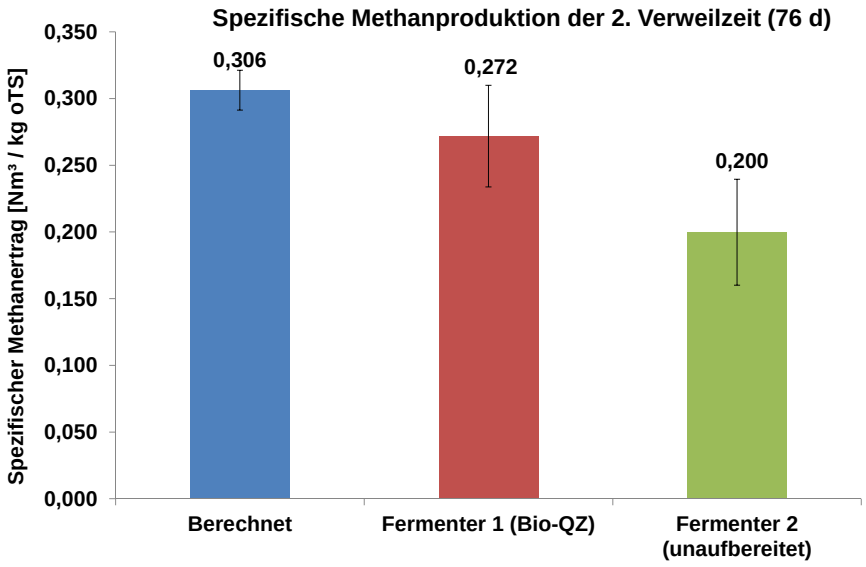
Rationszusammensetzung



Frischmasse	t/d	10.9± 2.0
Raumbelastung	kg / m³ d	2.7± 0.4
Verweilzeit	d	75.7± 13.9

Verwertung von Pferdemist im Praxismaßstab

Energetische Biomassenutzung



Schlussfolgerungen

Energetische Biomassenutzung

- Die Nutzung von strohhaltigen Pferdemist ist möglich.
- Alternative Einstreumaterialien eignen sich nur bedingt zur Biogaserzeugung.
- Eine Zwischenlagerung des Pferdemistes ist zu vermeiden (aerober C-Abbau, Verringerung des Methanertrags).
- Mechanische Aufbereitung bewirkt eine signifikante Steigerung des spezifischen Methanertrags (9 %) und der Abbaugeschwindigkeit (21 %) bei Pferdemist.
- Unbehandelter Pferdemist führt zu unzureichenden Abbaugraden und verfahrenstechnischen Problemen und sollte in der Praxis nicht verwendet werden.

Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- Erschließung weiterer Reststoffe und Abfälle durch mechanische Aufbereitung
- Einfluss der mechanischen Aufbereitung auf die Durchmischbarkeit der Fermenter und Vermeidung von Totzonen
- Möglichkeit der Flexibilisierung der Biogasproduktion durch gesteigerte Abbaugeschwindigkeit und angepasste Fütterung

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

MWM Heraeus DBFZ

Gefördert durch

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

REMISBIO
Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen von Biogasanlagen

FKZ-Nr. 03KB052

Laufzeit: 01.01.2011-31.12.2014

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Hintergrund und Ziele des Projektes

Energetische Biomassenutzung

- Hintergrund
  - Methanschlupf an allen methangasbetriebenen Blockheizkraftwerken (BHKW)
    - Brennstoff (1-2%) wird unverbrannt über Abgas in die Atmosphäre abgegeben
  - Methan: Höheres Treibhauspotenzial als CO_2: GWP = ca. 20
  - Bisher kein Katalysator verfügbar mit ausreichend hoher **Aktivität** bzgl. Totaloxidation von Methan bzw. **Stabilität** (unter entsprechenden Bedingungen; ca. 450 °C)
- Ziele
  - Entwicklung eines neuen Katalysators für Biogasanlagen
  - Testung des Katalysators an einer großtechnischen Anlage
  - Marktfähiges Produkt

Aufgaben und Vorgehen

Energetische Biomassenutzung

- Aufgaben
  - **Identifizierung** einer geeigneten Katalysatorstruktur und eines geeigneten **Edelmetalls/aktiven Phase**
  - **Nachweis** der grundsätzlichen Funktionalität des Katalysators
  - **Nachweis** der Funktionalität unter **realen Bedingungen** (Labormaßstab)
  - **Demonstration** der Funktionalität an **großtechnischer Anlage**

- Vorgehen
  - **Hochdurchsatzscreening** von verschiedenen Trägerzusammensetzungen und **unterschiedlichen aktiven Komponenten**
  - Übertragung **in monolithische Form** um Anwendbarkeit in der Praxis zu gewährleisten
  - Testung der Aktivität und Stabilität der Monolithe im Labormaßstab (mit synthetischem Abgas: **VGA**; mit realem Abgas: **MoKatTA**)
  - **Maßstabsvergrößerung der Monolithe** und Testung in **realem BHKW**

Aufgaben DBFZ im Projekt

Energetische Biomassenutzung

- Untersuchung von technischen Möglichkeiten zur Methanoxidation
  - Untersuchung der Ursachen der Untauglichkeit konventioneller Katalysatoren für Behandlung von Abgasen aus Biogasverbrennung
  - Technische und wirtschaftliche Bewertung der verfügbaren Methoden
  - Umfangreiche experimentelle Testung der neuartigen Katalysatormaterialien im Technikumsmaßstab

- Umsetzung von Maßnahmen an großtechnischer Anlage
  - Katalysator an realen Anlagen testen
  - Testung hinsichtlich der Abbauleistung unter verschiedenen Betriebsbedingungen über Zeitraum von mehreren Monaten
  - Erfassung und Analyse der Emissionen während dieser Testphase

Aufgaben DBFZ im Projekt

Energetische Biomassenutzung

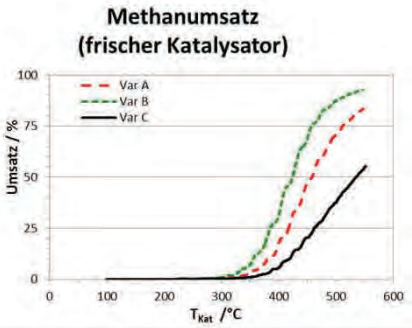
- Wirtschaftliche und technische Analyse der Wirksamkeit der Maßnahmen
  - Durchführung des Vergleichs von Aufwand und Nutzen in Bezug auf die Abbauleistung
  - Genaue Kalkulation der erreichbaren CO_2-Einsparung
  - Bestimmung der Vermeidungskosten für CO_2
  - Betrachtung der Auswirkungen auf die Gesamtwirtschaftlichkeit von Beispielanlagen
  - Bewertung der Ergebnisse der durchführten Untersuchungen hinsichtlich des bestehenden technischen und kostenseitigen Optimierungspotentiales der untersuchten Technologien

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Aktivitätsbestimmung konventioneller Katalysatoren
  - In stationärer Testanlage **VGA** (Labormaßstab)
  - Mit **synthetischen Abgas** (Testgas)
  - GHSV = 100 000 h^{-1}
  - Var A, B und C: Edelmetallkomponenten bzw. Washcoat unterschiedlich

Testgas	
CO_2	12 Vol.%
H_2O	12 Vol.-%
O_2	9 Vol.-%
CH_4	2500 ppm
CO	550 ppm
NO	120 ppm
N_2	Rest



Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Aufbau mobile Katalysatortestanlage (MoKatTA)
  - Zur Aktivitätsbestimmung der neuentwickelten Katalysatoren mit **realem Abgas**
  - GHSV = 100 000 h^{-1}
  - Teilvolumenstromentnahme aus Abgastrakt eines BHKW
  - Aufzeichnung von Temperatur-Umsatz-Kurven vor Ort ohne Beeinflussung des Betriebs des BHKW
  - Aufbau abgeschloßen, Einfahren der Anlage noch offen

Ergebnisse

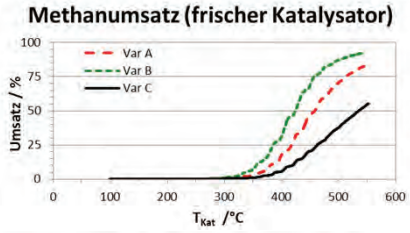
Energetische Biomassenutzung

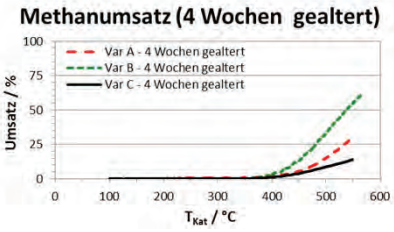
- Alterungsuntersuchungen an konventionellen Katalysatoren
  - Alterung im Abgastrakt von BHKW
  - Alterungsdauer: 4 und 9 Wochen
  - Befestigung auf Einschubmatrix

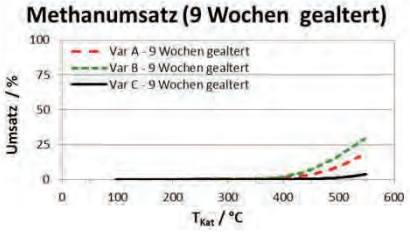
Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Alterungsuntersuchungen mit konventionellen Katalysatoren





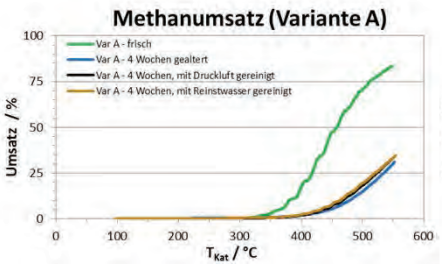


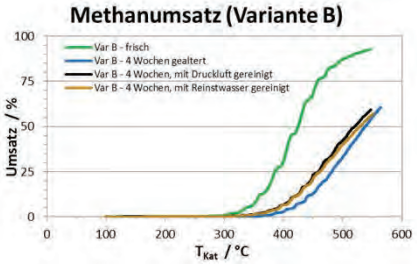
- Aktivitätsreihenfolge bleibt auch nach der Alterung unverändert
- Deutliche Abnahme der Methanumsätze in Abhängigkeit von der Alterungsdauer

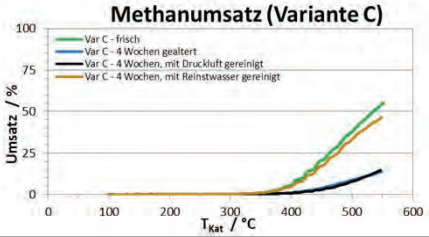
Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Regenerierung der gealterten Katalysatoren (4 Wochen)





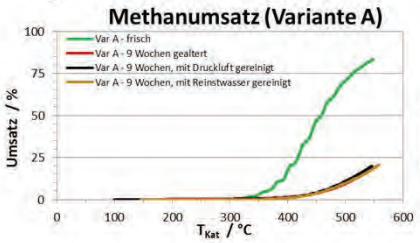


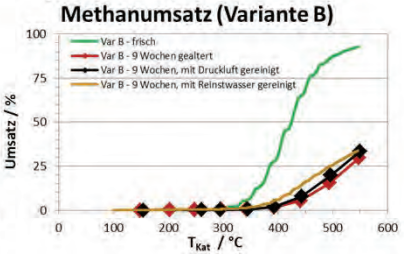
- Kaum Regenerierungseffekt durch Reinigung mittels Druckluft
- Var A und B: keine Regenerierung durch Waschen
- Var C: deutlicher Regenerierungs-effekt durch Waschen

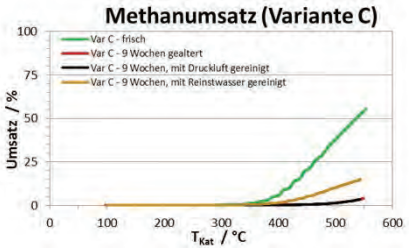
Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Regenerierung der gealterten Katalysatoren (9 Wochen)





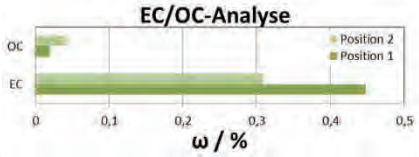


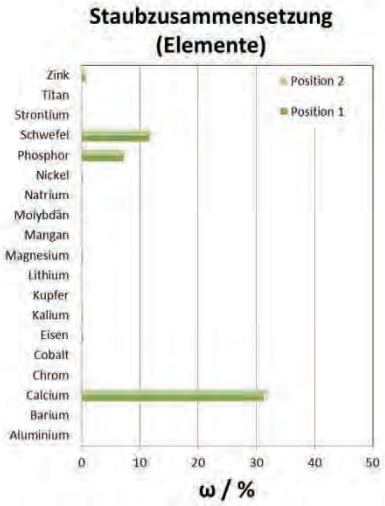
- Kaum Regenerierungseffekt durch Reinigung mittels Druckluft
- Var A und B: keine Regenerierung durch Waschen
- Var C: Regenerierungseffekt durch Waschen (geringer als nach 4 Wochen Alterung)

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Analyse des Staubes im Abgastrakt eines realen Biogas-BHKW (nach Ottomotorenprinzip)
  - Mittels Elementaranlayse nur Elemente nachweisbar, die auf Ölasche zurückzuführen waren
  - EC/OC-Analyse offenbarte, dass Rußanteil in Staub sehr gering war

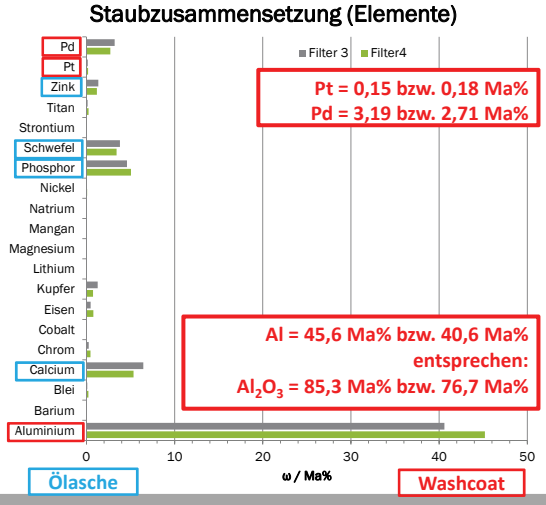




Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Analyse des Staubes, welcher bei der Druckluftreinigung der gealterten Katalysatorproben anfiel
  - Durch Druckluft-reinigung hauptsächlich Austrag von Washcoat
  - Daneben Elemente nachweisbar, die auf Ölasche zurückzuführen waren



Schlussfolgerungen

Energetische Biomassenutzung

- Getestete Standardkatalysatoren besitzen nur im frischen Zustand hohe Aktivität bezüglich der Umsetzung von Methan
- Schneller Verlust der Aktivität durch Alterung im realen Abgas → ist unwirtschaftlich, wenn entsprechend häufiger Wechsel erfolgen muss
- Durch Reinigung mit Druckluft oder Waschen mit dest. Wasser kann ursprüngliche bzw. ausreichend hohe Aktivität nicht wieder hergestellt werden
- Druckluftreinigung führt zum Austrag von Washcoat aus Katalysatoren → Verlust von aktiver Phase

Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- Untersuchung zur Regenerierung gealterter Standardkatalysatoren mit organischen Säuren
- Identifikation von Desaktivierungsursachen
- Untersuchungen neuartiger Katalysatoren, wenn verfügbar (2014)
  - → Mit synthetischem Abgas und mit realen Abgas
- Untersuchungen mit neuartigen Katalysatoren im großen Maßstab in einem BHKW

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank
- Projektpartner: MWM, Heraeus
- Fördermittelgeber: BMU
- Projektträger: PtJ

- Für Ihre Aufmerksamkeit!

Bei Fragen zum Projekt oder möglichen Kooperationen sind wir gerne für Sie ansprechbar.

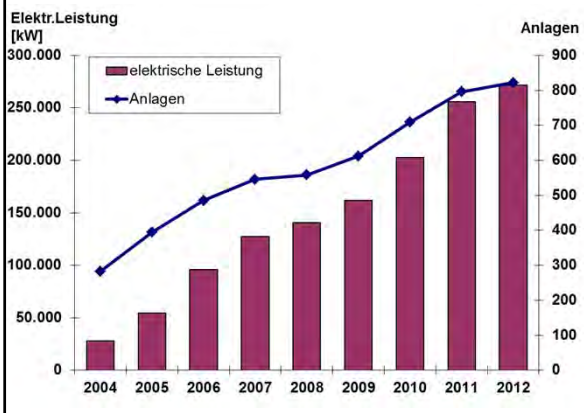
Entwicklungen im effizienten Betrieb von Biogasanlagen

Ergebnisse auf Basis einer Umfrage unter Biogasanlagenbetreibern in Baden-Württemberg

Marlies Härdtlein, Ludger Eltrop
Manfred Dederer, Jörg Messner

5. Statuskonferenz
Forum 2 – Mehr Effizienz in Biogasanlagen
14. November 2013, Leipzig

Biogasanlagen in Baden-Württemberg



Quelle: MLR Ref. 51 und Staatliche Biogasberatung Baden-Württemberg 2004-2012
Bearbeitung: LEL Schwäbisch Gmünd, Abt. 3; Stand: 31.12.2012

- Seit 2004 deutliche Zunahme der Anlagenzahl und installierten Leistung
- Bis Ende 2012:
  - ➢ Verdreifachung der Anzahl an Biogasanlagen
  - ➢ Verzehnfachung der installierten elektr. Leistung

→ Wie effizient sind die Biogasanlagen in BW?

→ Welche Entwicklungen haben sich in den letzten Jahren ergeben?

→ Wo liegen Stärken, wo Schwachstellen?

Zielsetzung und Inhalte der Umfrage

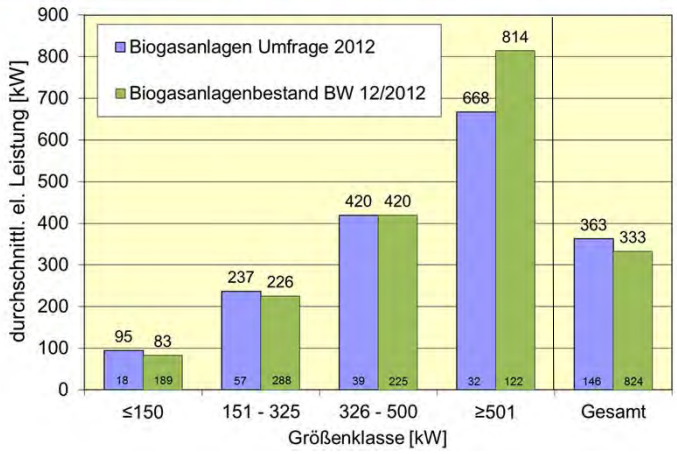
Ziele

- Erhebung des aktuellen technisch-ökonomischen Standes der Biogasanlagen in BW (2012)
- Ableitung von Entwicklungs- und Optimierungspotenzialen

Inhalte

- Substrate (Arten, eingebrachte Mengen, Transportwege)
- Störungen an Anlagenkomponenten
- Prozesstechnische Parameter (Fermenter, Nachgärer, Gärrestlager, BHKW etc.)
- Gasspeicherung
- Wärmeerzeugung und –absatz
- Wirtschaftliche Parameter, Kosten (Investkosten u. a. für Nachrüstungen, betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten)
- Bereitschaft zur Flexibilisierung

Umfrage: Repräsentativität der beteiligten Anlagen

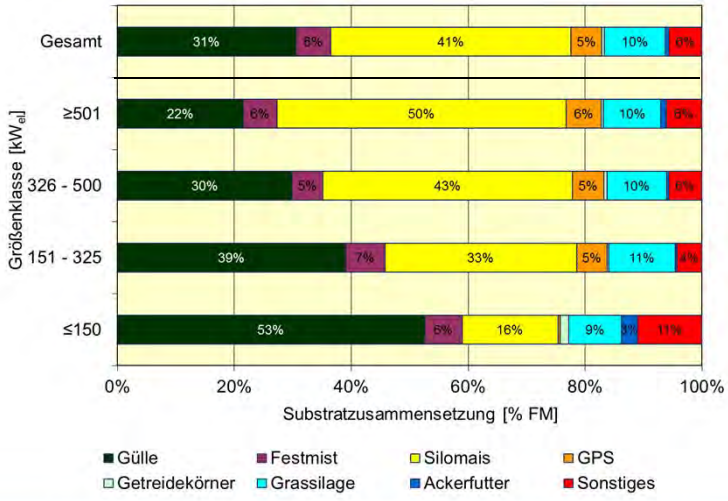


- Knapp 18% des Biogasanlagenbestandes in BW (Stand 12/2012 /Staatl. Biogasberatung BW 2013/)
- Inbetriebnahme: vor 2004 rd. 14%; 2004 bis 2008 rd. 43%; 2009 bis 2011: rd. 43%
- Zu mehr als 90% landwirtschaftliche Biogasbetriebe

Kennzeichnung der Effizienz der Anlagen

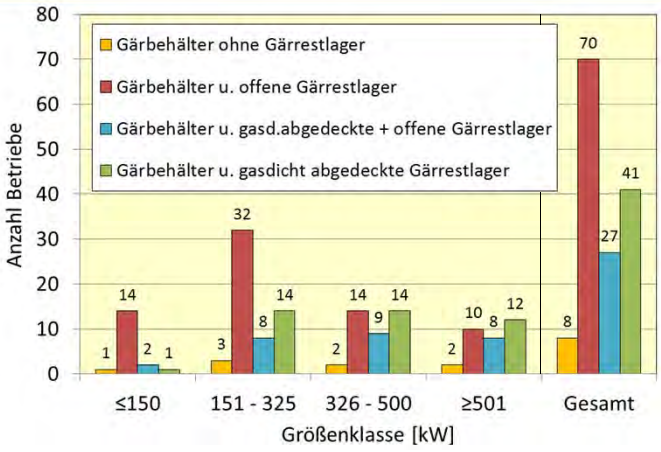
- Bewertete Parameter:
  - Substratzusammensetzung
  - Abdeckung der Gärrestlager, Verweilzeiten
  - Biogasausbeute
  - Anlagenauslastung
  - Wärmenutzung
  - Investitionskosten für Nachrüstungsmaßnahmen
- Wirkungskategorien:
  - energetisch-technische Bilanz, und
  - Minderung von Treibhausgasemissionen

Substratzusammensetzung nach Größenklassen [% FM]



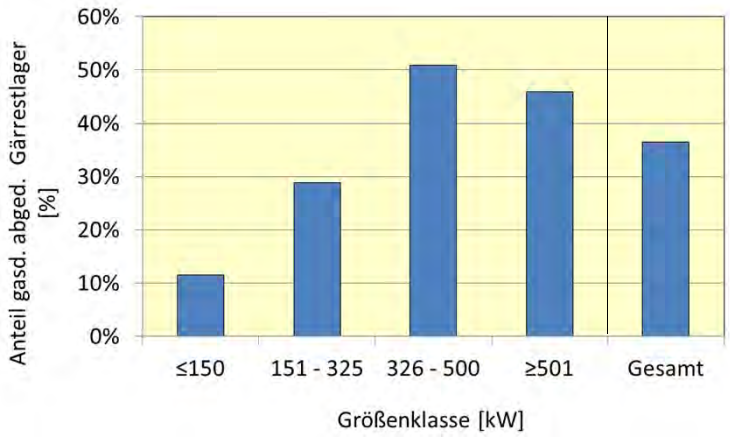
Je größer die Anlage desto weniger Gülle und desto mehr Silomais

Ausstattung mit Gärbehältern und Gärrestlagern



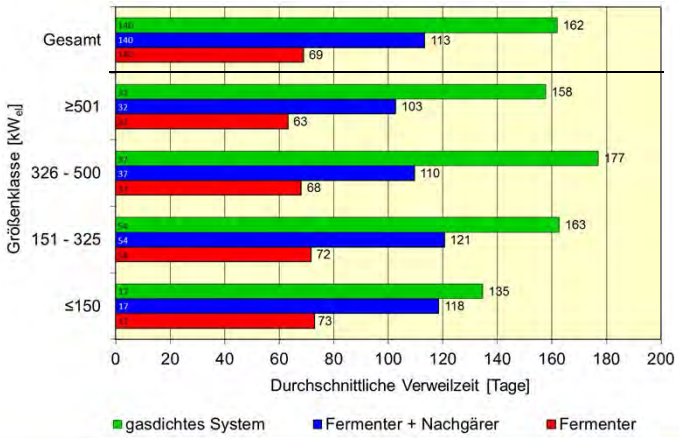
Kombination aus Gärbehältern (Fermenter, Nachgärer) und offenen Gärrestlagern ist noch vorherrschende Anlagenkonfiguration.

Gasdicht abgedeckte Gärrestlager



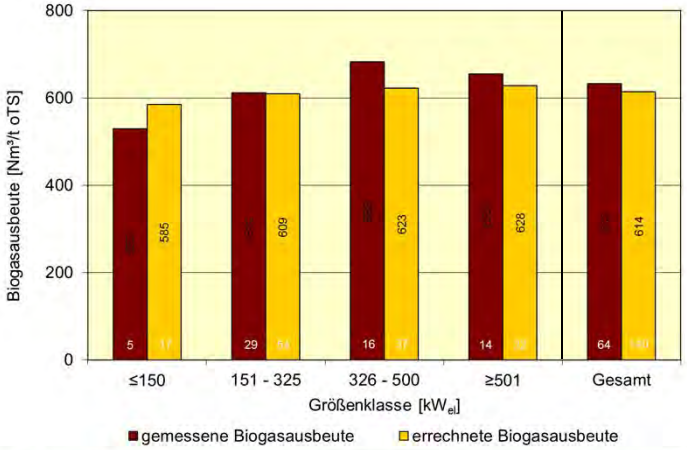
- Anteil an gasdicht abgedeckten Gärrestlagern liegt im Schnitt bei gut 35%
- Gegenüber der letzten Umfrage im Betriebsjahr 2009 ist der Anteil gestiegen

Verweilzeiten [Tage]



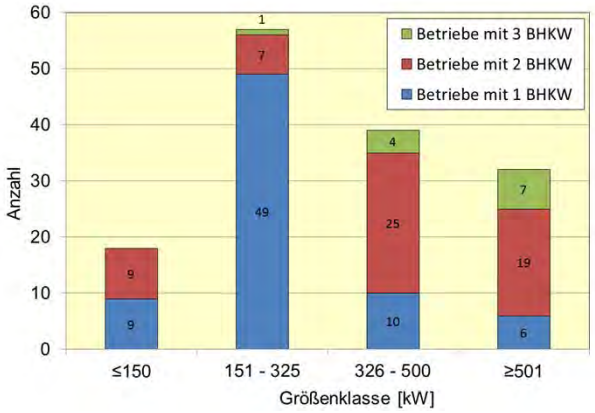
- Verweilzeiten je nach Anlagenkonfiguration sehr unterschiedlich
- Verweilzeiten im gasdichten System bei rd. 50% der Betriebe > 150 Tage
- Rd. 30% der Betriebe haben Verweilzeiten im gasdichten System < 120 Tage

Gemessene und berechnete Biogasausbeute



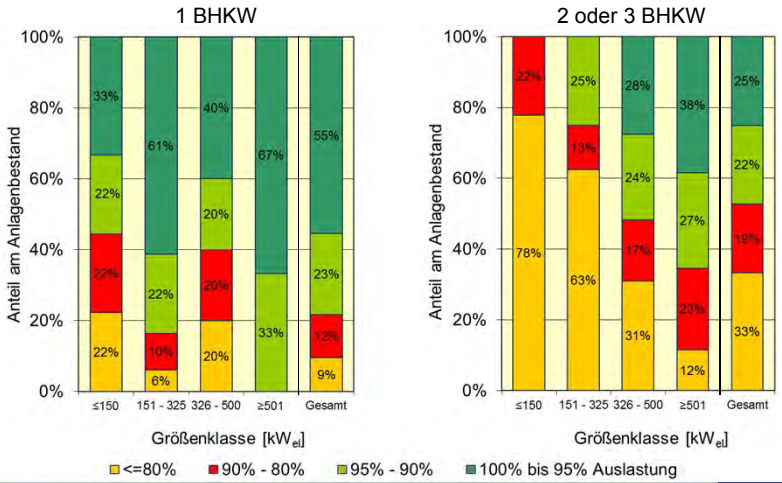
- Tendenziell Anstieg der (gemessenen und errechneten) Biogasausbeute mit zunehmender Anlagengröße
- Angaben zur gemessenen Biogasausbeute nur bei rd. 45% der Anlagen

Ausstattung der Biogasbetriebe mit BHKW



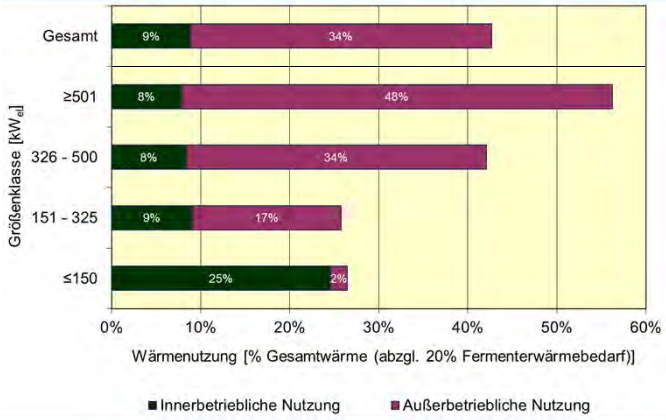
- Mit zunehmender Größenklasse steigt Anzahl der Betriebe mit mehreren BHKW
- rd. 30% Zündstrahlmotoren und 70% Gasmotoren
- Mit zunehmender BHKW-Leistung Anstieg des Wirkungsgrades von durchschnittlich 34% auf rd. 41% (alle Anlagen: 39%)

Anlagenauslastung



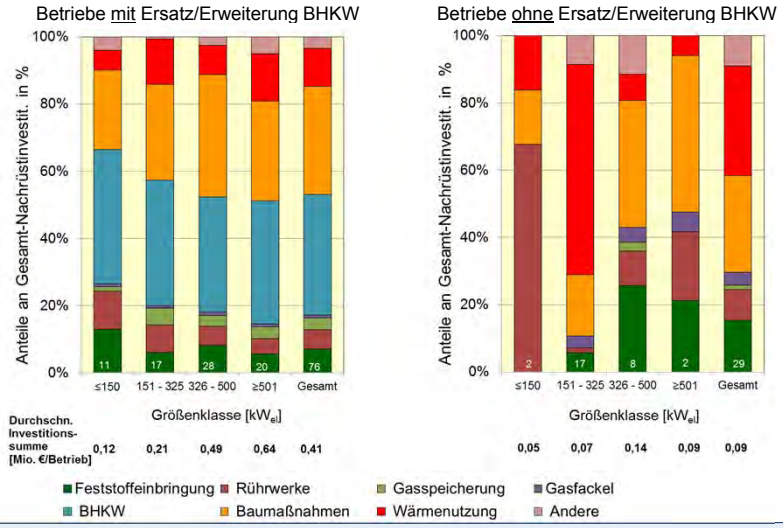
- mit 1 BHKW: über 75% der Anlagen erreichen Auslastung von über 90%
- mit 2 / 3 BHKW: weniger als 50% der Anlagen erreichen Auslastung von über 90%

Anteile der Eigenwärmenutzung und verkaufter Wärme [%]



- 9% der erzeugten Wärme (abzüglich 20% Bedarf Fermenter) wird betriebsintern genutzt, 34% extern.
- Höchste Anteile der Wärmenutzung in Größenklassen 326-500 und ≥ 501 kW
- Deutliche Zunahme der Wärmenutzung in den letzten Jahren

Nachrüstinvestitionen seit Inbetriebnahme



Nachrüstungen v. a. in den Bereichen BHKW, Baumaßnahmen, Wärmenutzung

Fazit

- Aus energetischer Sicht und in Bezug auf Treibhausgasemissionen stellen sich die Biogasanlagen in BW insgesamt als effizient betriebene Anlagen dar.
- Abhängig von der Anlagengröße und betriebsspezifisch zeigen sich zum Teil deutliche Unterschiede:
  - Kleine Anlagen setzen höhere Anteile an Gülle ein, mit zunehmender Anlagengröße steigt der Anteil an Silomais
  - Der Anteil an gasdicht abgedeckten Gärrestlagern ist mit 35% vergleichsweise gering; größere Anlagen haben i.d.R. bessere Ausstattung
  - Anlagen mit einem BHKW weisen eine sehr hohe Auslastung auf, da meist sehr gute Abstimmung zwischen Fermenter- und BHKW-Leistung; Anlagen mit 2 oder 3 BHKW zeigen betriebsspezifisch Potenziale zur Steigerung der Auslastung oder für flexiblen Anlagenbetrieb
  - In den Größenklassen über 326 kW ist der Ausbau der externen Wärmenutzung weit vorangeschritten; im Schnitt wird in diesen Anlagen mindestens 60% der erzeugten Wärme genutzt

Ausblick

Zukünftige technologische Anforderungen und Forschungsbedarf mit Bezug zu Kosten, THG-Minderung und Effizienzsteigerung

- Einzelbetrieblich z.T. große ungenutzte Möglichkeiten zur Reduzierung der THG-Emissionen bzw. des Restgaspotenzials (vgl. verfahrenstechnische Aspekte, bauliche Maßnahmen) -> Kosten
- Messtechnische Ausstattung u.a. zur Gaserfassung: Bereitstellung verlässlicher Messgeräte zu angemessenen Preisen für die Betreiber
- Verbesserung der Auslastung v.a. in Anlagen mit mehreren BHKW bzw. Beratung hinsichtlich betriebsspezifischer Optionen zum flexiblen Anlagenbetrieb
- Konzepte zum Ausbau der externen Wärmenutzung v.a. in den kleinen Größenklassen

Das Projekt wurde gefördert durch das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg mit Mitteln der Baden-Württemberg Stiftung

Das Projekt wurde zusammen mit der Staatlichen Biogasberatung Baden-Württemberg bearbeitet

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Kontakt: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, IER - Universität Stuttgart
Heßbrühlstr. 49; D - 70565 Stuttgart; www.ier.uni-stuttgart.de , Tel.+49-(0)711-685 87815,
Marlies.Haerdtlein@ier.uni-stuttgart.de

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

MEINSBERG KSI | CORDES+WINTERBERG BIOPROZESSE | elbe bioenergie | TEB Ingenieurbüro

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

Mobile Versuchsanlage zur Ertragssteigerung/Prozessoptimierung von Biogasanlagen (VESBA)

FKZ-Nr. 03KB045A

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.06.2013

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Aktueller und zukünftiger Forschungsbedarf

Energetische Biomassenutzung

- Prozesscharakterisierung und –optimierung mit Originalsubstraten: übertragbar und zeitnah
- Selektive und zuverlässige online erfassbare Messparameter zur Beurteilung der Prozessstabilität
- Erschließung aller nutzbaren biogenen Rest- und Abfallstoffe für die anaerobe Vergärung
- Energetische Nutzung von Biomassen aus der Landschaftspflege, agroindustriellen Reststoffen und Bioabfällen zur Treibhausgas(THG)-Minderung ohne Flächenkonkurrenz
- Zeitnahe Erkennung von Schwankungen der Substratqualität
- Adaptive Biogasproduktion als zukünftige technologische Anforderung:
  Substratverfügbarkeit ⇔ Energieeinspeisung

Neue Ansätze

Energetische Biomassenutzung

- Online-Messung von H_2, NH_3 und flüchtigen Fettsäuren in der Flüssigphase:
  Probleme:
  - Hohe H_2S-Konzentration
  - Hohe Viskosität
  - Biofilm-Bildung auf Sensoroberflächen
  - Querempfindlichkeiten durch hohe Variabilität der Substrate und Mikroorganismen
- Modellbasierte Fuzzy-Regelungen auf der Grundlage aller online bestimmten Parameter
- Fernüberwachung verschiedener Anlagen durch Expertensysteme
- Komplettcharakterisierung vor Ort

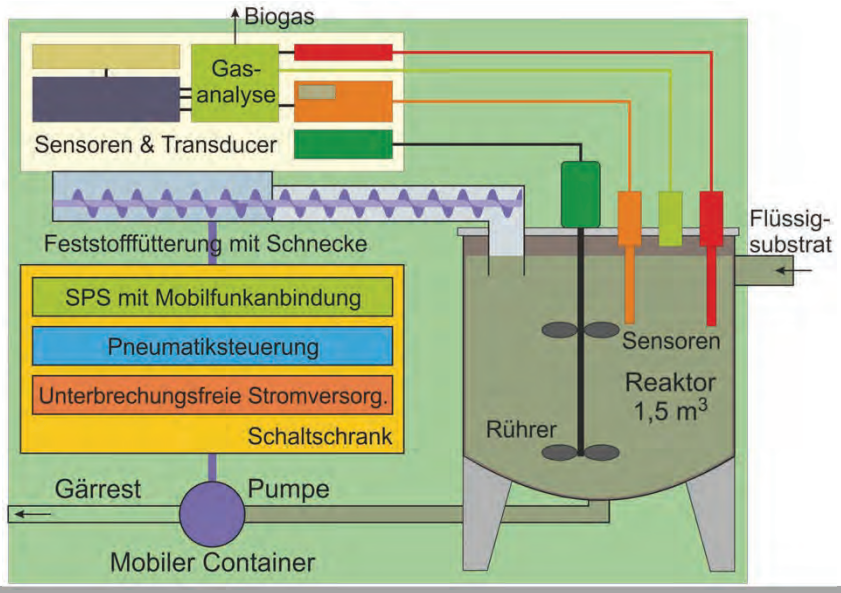
Steckbrief - VESBA

Energetische Biomassenutzung

- Winterfester, klimatisierter Container
- Außenliegende Anschlüsse für Ver- und Entsorgung
- Steuerung: SPS mit Fernwartungsmöglichkeit
- Fermentervolumen: ca. 1400 Liter
- Flexible Dosierung fester, breiiger und flüssiger Substrate
- Automatische Festsubstratdosierung mittels Schneckenförderung zu beliebigen Zeiten
- Gärverfahren: meso- oder thermophil
- Bisher installierte Messparameter:
  - Gasphase: CH_4, CO_2, H_2, Volumenstrom
  - Flüssigphase: H_2-gelöst, Redoxpotential, pH-Wert, Temperatur, Gasdruck, Füllstand, Schaum, Dichte

VESBA: Schematische Übersicht

Energetische Biomassenutzung

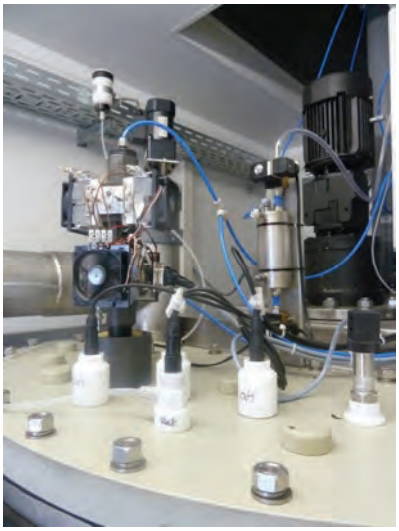


Feldeinsatz in Büstedt bei Wolfsburg

Energetische Biomassenutzung

Innenansicht und Detail

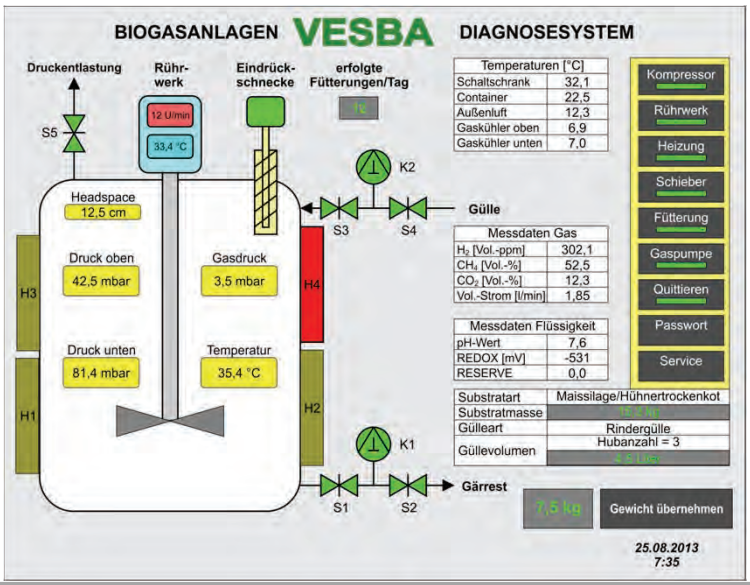
Energetische Biomassenutzung



Fermenterkopf mit Sensoren

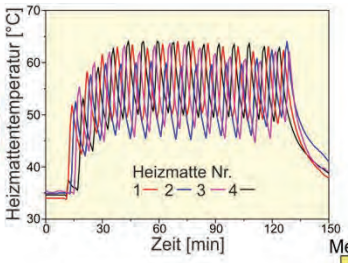
Steuerung

Energetische Biomassenutzung

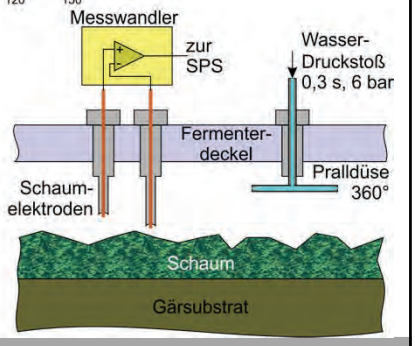


Details: Heizung und Schaumdusche

Energetische Biomassenutzung



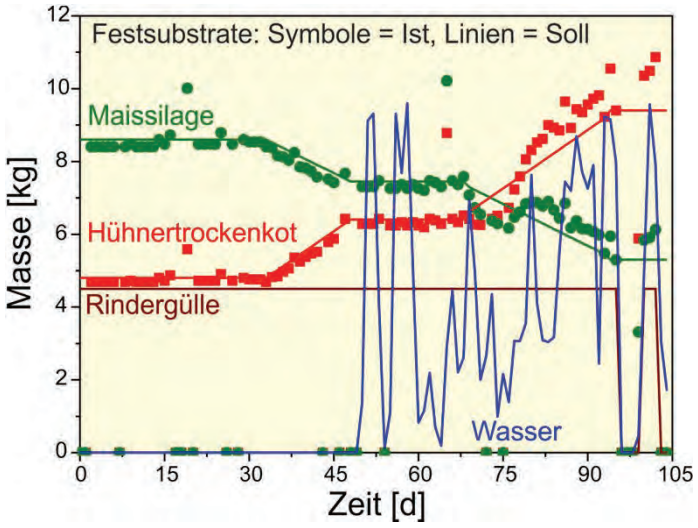
Zweipunktregelung mit erheblicher Hysterese während der Anfahrphase



Neu entwickelte Schaumerkennung und -bekämpfung,
Installation nach Start der Erhöhung des HTK-Anteils

Fütterung der VESBA

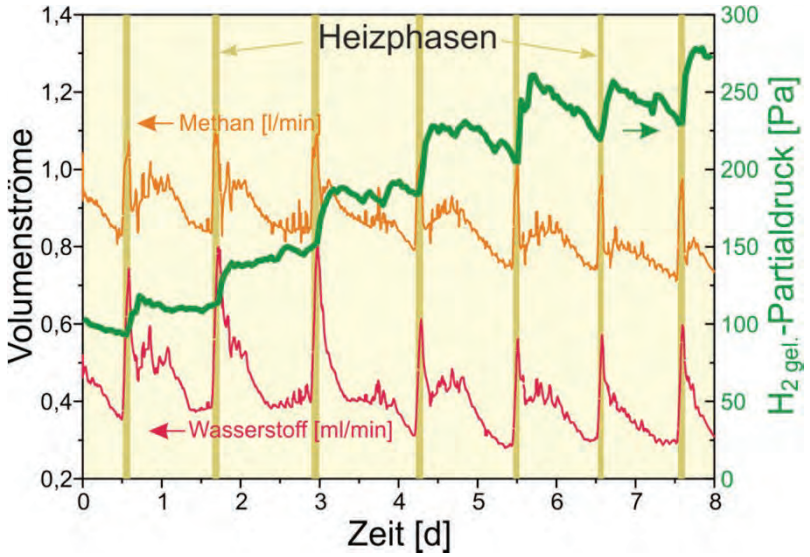
Energetische Biomassenutzung



Steigerung des HTK-Anteils von 27 auf 49 Masse-%

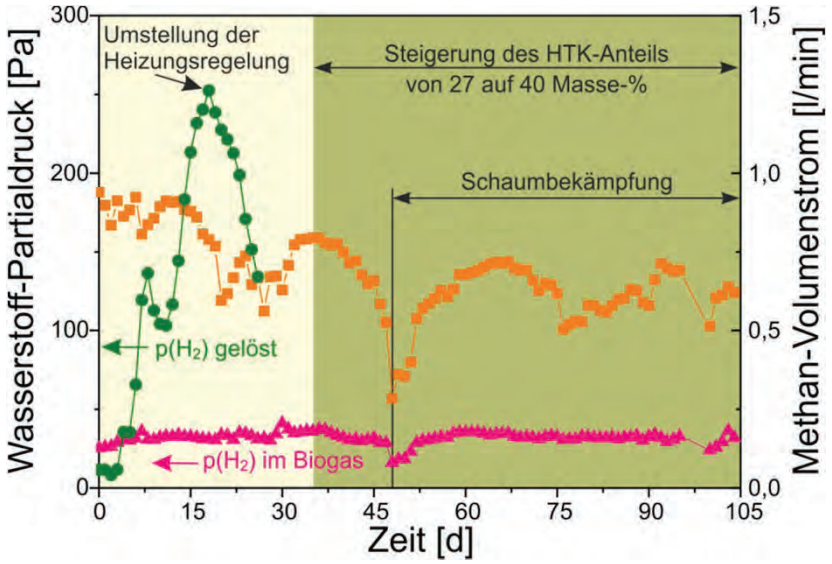
Wasserstoffpartialdruck

Energetische Biomassenutzung



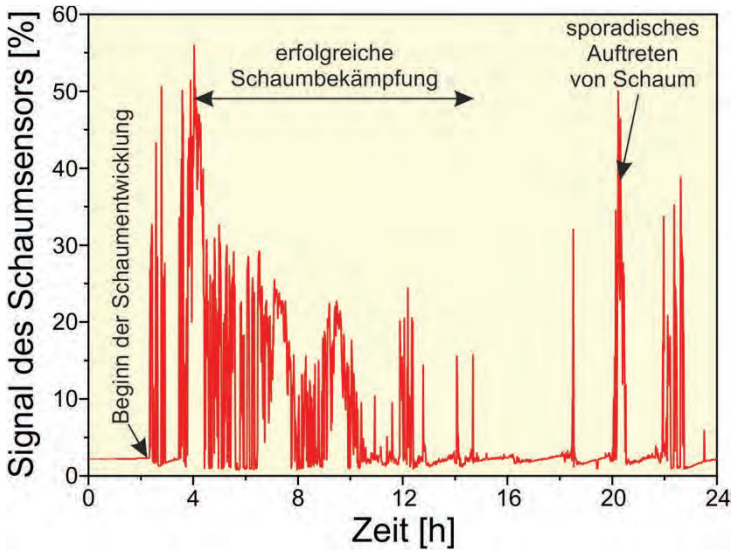
Tagesmittelwerte der Messkampagne

Energetische Biomassenutzung



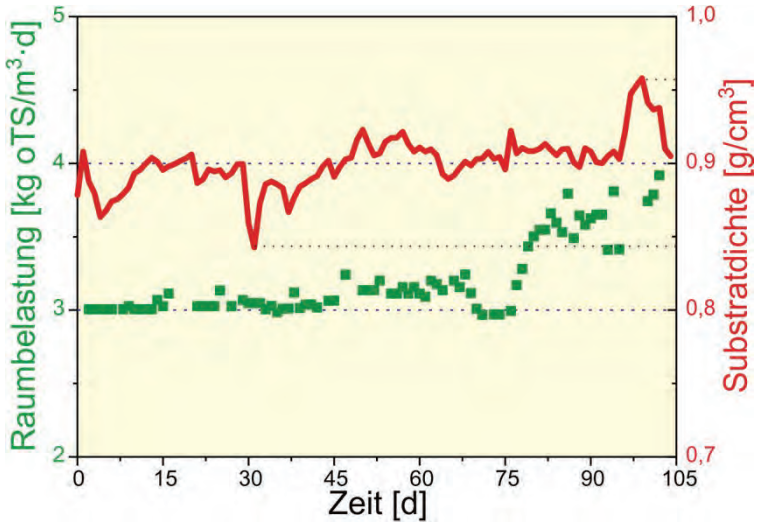
Schaumerkennung und -bekämpfung

Energetische Biomassenutzung



Raumbelastung und Substratdichte

Energetische Biomassenutzung



Dichteschwankungen um mehr als 10 %

Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

1. Mobile Biogas-Versuchsanlagen schaffen neue Möglichkeiten:
   - für die praxisnahe und prozessorientierte Ausbildung von Fachkräften für die Biogasbranche,
   - bestehende Biogasanlagen zu bewerten und zu optimieren,
   - weitere Biogaspotenziale zu erschließen und
   - Feldforschungen zur Dynamik zu intensivieren.
2. VESBA als flexibel einsetzbares Werkzeug für die Bewertung von Anlagen zur Vergärung biogener Rest- und Abfallstoffe
3. Langzeitstabile Gelöstwasserstoff-Messung und Inline-Schaumbekämpfung
4. Erfolgreicher Feldeinsatz über mehr als 100 Tage
5. Angepasste Automatisierung sichert größtmögliche Prozessanpassung und minimalen Betreuungsaufwand

Danksagung

Energetische Biomassenutzung

Das dieser Arbeit zugrunde liegende Vorhaben wurde „gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags“ unter dem Förderkennzeichen 03KB045A.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren, die für die Förderung danken.

Die Autoren danken Herrn A. Kohlhaas und Herrn S. Krause, Bioenergie Büstedt GmbH & Co. KG, Velpke, für die ausgezeichnete Betreuung der VESBA während des Langzeit-Feldversuches.

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Technische Universität Berlin

MEINSBERG KSI

teleBITcom

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

MultiSens – Multipositionssensorik und Lanzen-basierte Probenahme zur Optimierung und Flexibilisierung von Biogasprozessen

FKZ-Nr. 03KB059 A-C

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Hintergrund

Energetische Biomassenutzung

- Im Gasraum von Biogasanlagen machen sich durch die Vermischung Störungen in der Regel erst mit deutlicher Verzögerung bemerkbar
- Man sollte dort messen, wo Störungen zuerst auftreten, also in der Flüssigphase
- In der Flüssigphase herrscht ein laminares Strömungsprofil vor, eine homogene Durchmischung kann oftmals nicht gewährleistet werden
- Örtliche und zeitliche Gradienten können eine Bedeutung zur Prozessstabilität haben, die aber Anlagen-spezifisch aufzuklären ist
- Die Ausstattung mit Sensorik in der Flüssigphase ist in vielen Biogasanlagen ungenügend
- Es sollte mit geeigneten Multiparametersonden in der Flüssigphase an Stellen und zu Zeitpunkten gemessen werden, an denen kritische Konzentrationen von Störstoffen zuerst detektierbar sind.

Motivation

Energetische Biomassenutzung

- Entwicklung günstiger, einfach einsetzbarer und wartungsarmer Sensorik und Probenahmesysteme (Verknüpfung von *on line* und *off line* Analytik)
- Verminderung der Betriebsrisiken durch ein auf den Prozesszustand abgestimmtes Sensorik- und Probenahmeverfahren.
- Erhöhung der Prozessflexibilität durch ein an die lokalen Gegebenheiten angepasstes Füttermanagement (Rohstoffverfügbarkeit und –preis).
- Einbindung der Strategie in Prozessleitsystemtechnik und Modell-basierter Prozesskontrolle zur Verbesserung der Regelung.

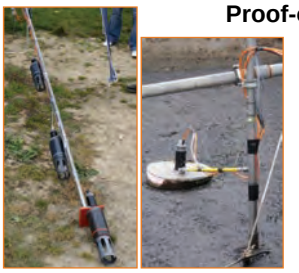
Sensoren müssen frei positionierbar sein, um Störquellen zu identifizieren und an der richtigen Stelle bedarfsgerecht Proben zu entnehmen.

Methodik

Energetische Biomassenutzung

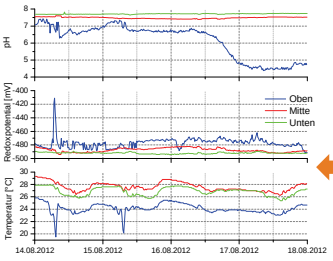
Proof-of-Concept Multipositionssensorik

Beispiel Hydrolyse

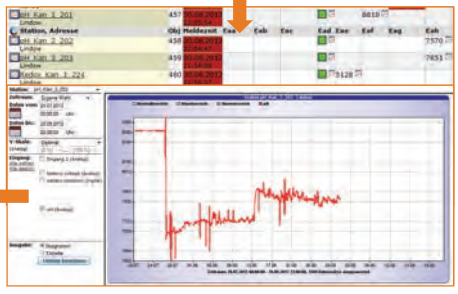


Multipositionssensorlanze (Kooperation KSI Meinsberg)

Funkbasierte Datenübertragung(teleBITcom)



Vertikale Gradientenevaluierung

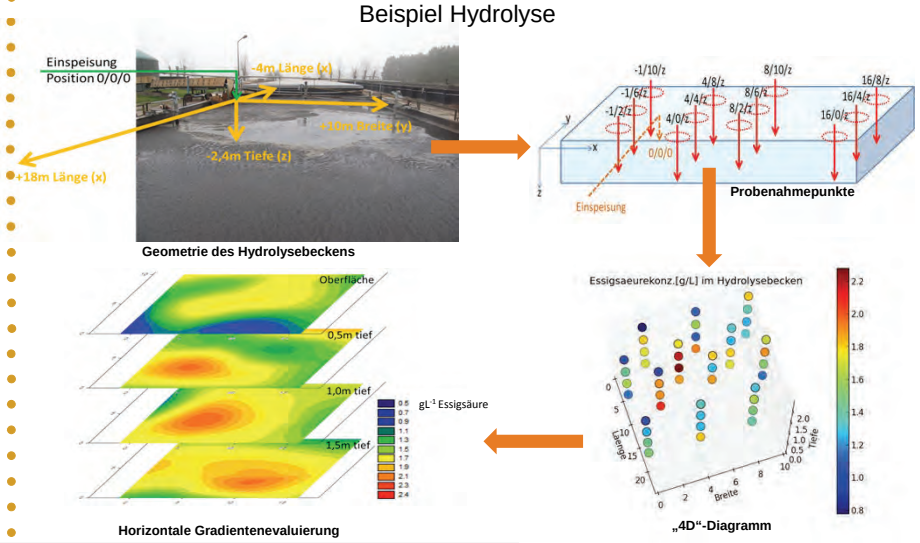


Zentrale on line Datenerfassung

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

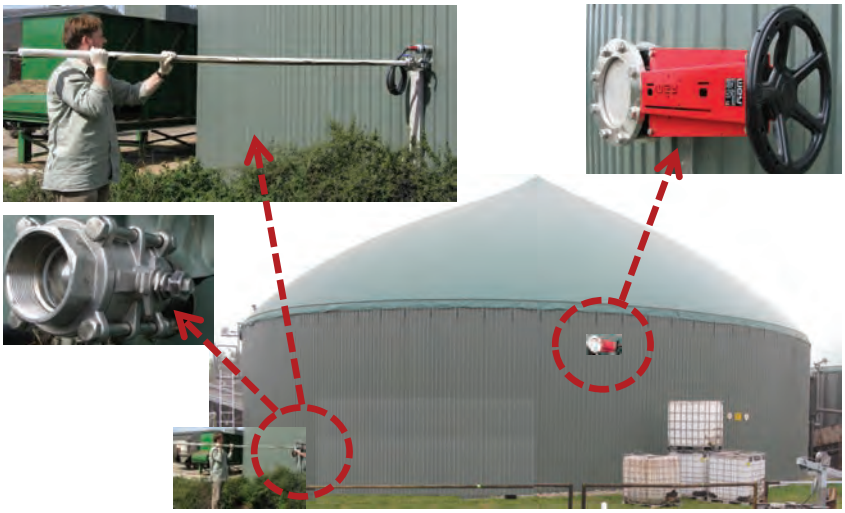
Proof-of-Concept Multipositionsprobenahme
Beispiel Hydrolyse



Methodik

Energetische Biomassenutzung

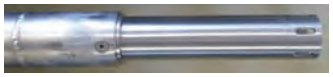
Nachrüstung Probenahme- / Messstellen an einem Biogasreaktor



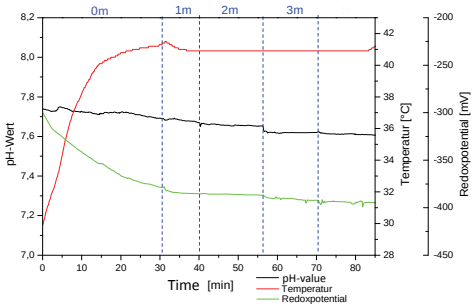
Methodik

Energetische Biomassenutzung

Tiefenabhängige Erfassung der Parameter mit Multiparametersonde



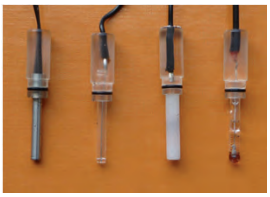
Eintauchtiefe der Lanze



Methodik

Energetische Biomassenutzung

Miniaturisierte elektrochemische Elektroden



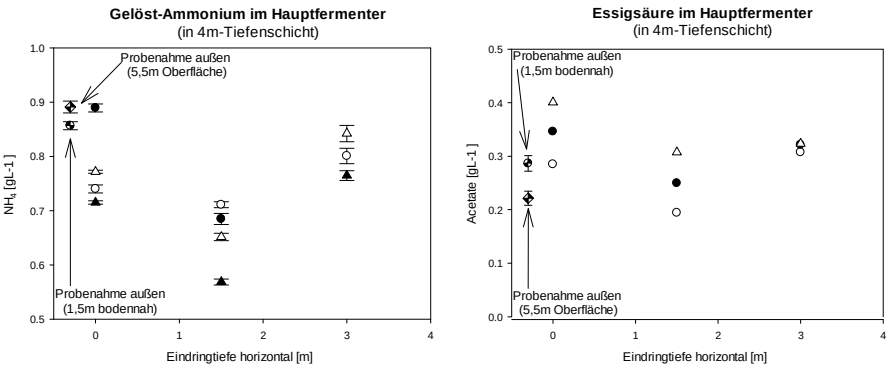
Von links nach rechts: Temperaturfühler, Redox-, Referenz- und pH-Elektrode (Durchmesser: max. 4 mm, Länge: 40 mm)

- **Temperaturfühler**: Pt1000
- **Redoxelektrode**: Platin
- **pH-Elektrode**: Glas (pH-sensitiv)
- **Referenzelektrode**: notwendig für die potentiometrische Messung von pH und Redoxpotential
- **Standzeiten:** > 4 Wochen ohne Nachkalibrierung

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

Tiefenabhängige Erfassung der Parameter mit Probenahmelanze



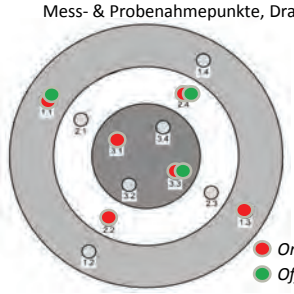
- Messwertstreuung abhängig von der Eintauchtiefe
- Konzentration abhängig von der vertikalen Positionierung

Methodik

Energetische Biomassenutzung

Untersuchungen am Versuchsreaktor der Universität Hohenheim

Mess- & Probenahmepunkte, Draufsicht

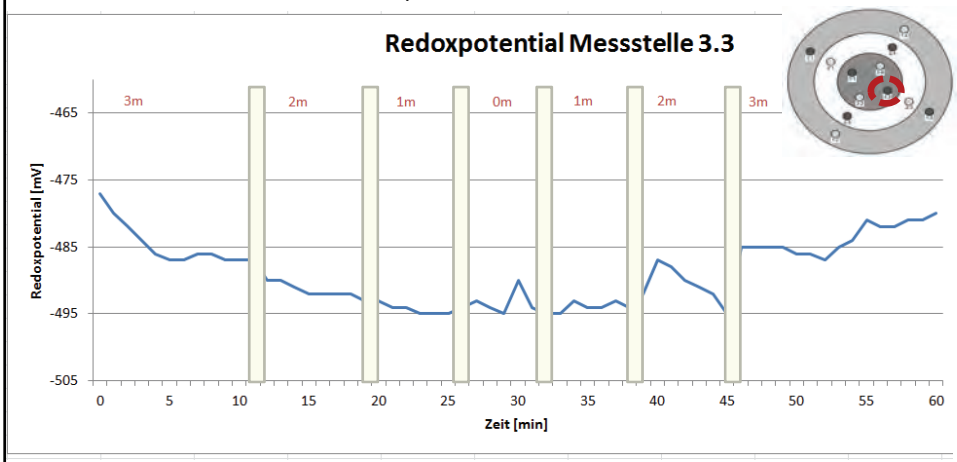


Zugangsschleuse für Messsonde

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

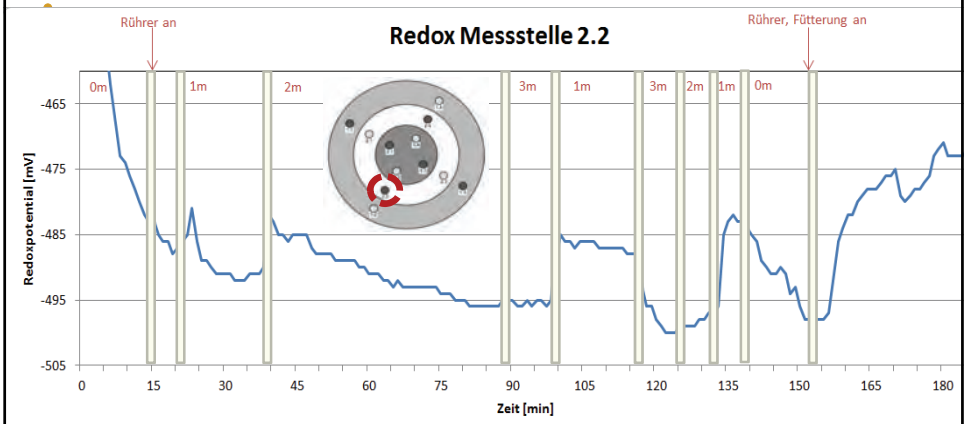
***On line* Untersuchungen am Versuchsreaktor der Universität Hohenheim**
Beispiel RedOx-Potential



Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

***On line* Untersuchungen am Versuchsreaktor der Universität Hohenheim**
Beispiel RedOx-Potential



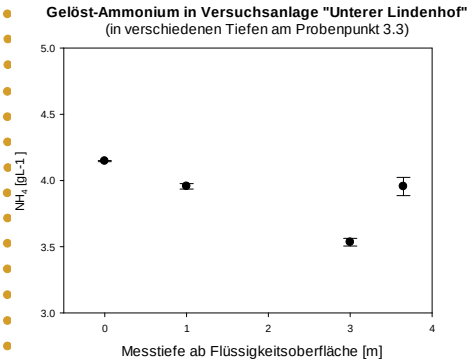
Variation des Redoxpotentials bis zu 10%

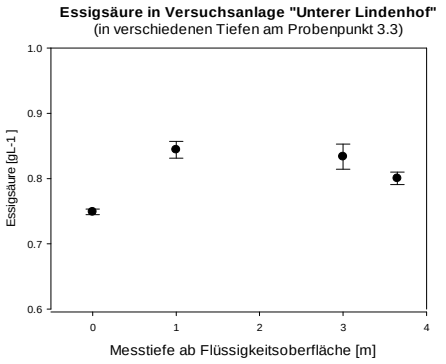
Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

***Off line* Untersuchungen am Versuchsreaktor der Universität Hohenheim**

Beispiel Ammonium & Essigsäure





Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

- Nachrüstung mit funkbasierter Multiparameter-Sensorik an geeigneter Stelle für verbesserte Anlagenüberwachung
- Anlagenspezifisches Verständnis der Bedeutung von Gradienten zur zielgerichteten Überwachung einer Anlage
- Auswahl kritischer Zonen zur Platzierung der Sensorik in der Flüssigphase und des Ortes der Probenahme
- Anlagengröße und Substratvorbehandlung haben großen Einfluss auf die Vermischung, der mit der vorgestellten Methodik evaluiert werden kann
- Integration der Rohdaten in individuelle Datenaufbereitungs- und Auswertungskonzepte.

Forschungsbedarf

Energetische Biomassenutzung

- Liefert die Berücksichtigung von Gradienten (zeitlich und örtlich) eine relevante Zusatzinformation zur Anlagenüberwachung?
- Kann durch die Nachrüstung von Sensorik in der Flüssigphase die Betriebsflexibilität gesteigert werden, ohne Ausbeuteeinbußen in Kauf zu nehmen?
- Kann unter Berücksichtigung einer optimierten Überwachung eine zustandsabhängige Regelung und Probenahme erfolgen?
- Kann mit den vorgestellten Konzepten über oftmals angewendete Fuzzy-Logik hinaus durch Methoden wie neuronale Netzwerke oder der Mechanismenerkennung *Modell-basiert* gesteuert werden?

?

Danksagung

Energetische Biomassenutzung

Mitglieder im Verbundvorhaben

Technische Universität Berlin

Prof. Dr. Peter Neubauer
Dr.-Ing. Stefan Junne
Dipl.-Ing. Erich Kielhorn

Dr.-Ing. Nico Cruz-Bournazou

www.bioprocess.tu-berlin.de

Prof. Dr. Winfried Vonau
Dipl.-Nat. Sandra Päßler

www.ksi-meinsberg.de

Prof. Dr. Christian Hälsig
Dipl.-Ing. Lutz Illmann

www.telebitcom.de

www.bioproscale.eu

Kooperationspartner
Versuchsanlage „Unterer Lindenhof“

Dr. Hans Oechsner
Dipl.-Ing. Hans-Joachim Nägele
M.Sc. Matthias Mönch-Tegeder

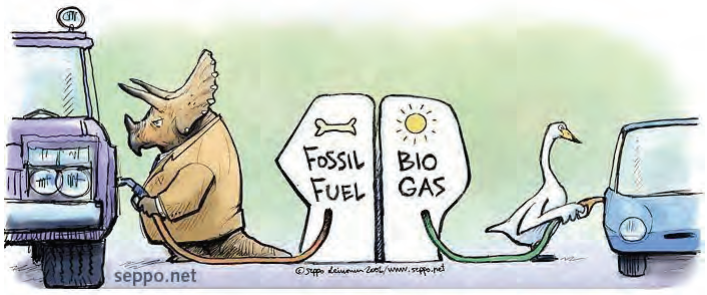
www.uni-hohenheim.de

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Energetische Biomassenutzung

Fragen ?



Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet vom

Fachgebiet Verfahrenstechnik
www.verfahrenstechnik.tu-berlin.de

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

Optimaler Einsatz der Mischtechnik in Biogasreaktoren

FKZ-Nr. 03KB018D

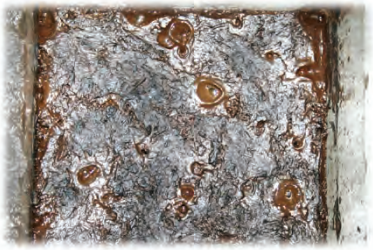
Laufzeit: 01.08.2009-31.07.2012

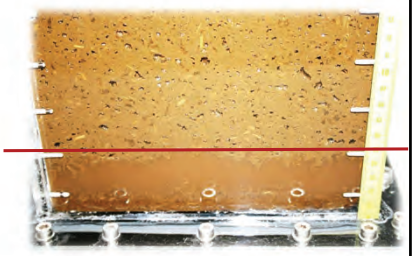
5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Forum 2: Manuel Brehmer, Technische Universität Berlin, FG Verfahrenstechnik

Rührtechnik in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung





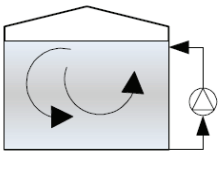
- Vermeidung von Prozessstörungen
  - Schwimm- & Sinkschichtenbildung
  - Verbesserung des Gasaustritts

Rührtechnik in Biogasanlagen

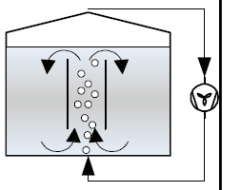
Energetische Biomassenutzung

- Bis zu 54 % des Eigenstrombedarfs
  - Quelle: DACHS et al. (2006)
- Einsatzhäufigkeit von TMR: ca. 63 %
  - Quelle: FNR (2009)
- Empirischer Einsatz der TMR
  - Quelle: EDER (2007)

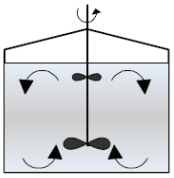
Quelle: KALTSCHMITT (2009)



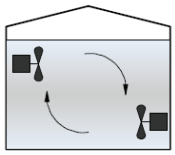
Externe Rezirkulation für geringe Trockenmassegehalte



Gasliftdurchmischung für geringe bis mittlere Trockenmassegehalte



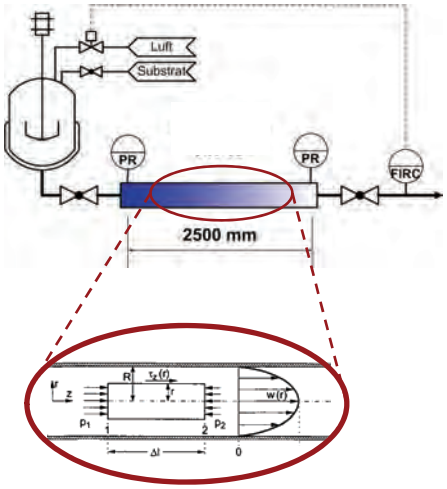
Axialrührwerk für mittlere bis hohe Trockenmassegehalte



Tauchmotorrührwerk für geringe bis hohe Trockenmassegehalte

Rohrviskosimeter

Energetische Biomassenutzung



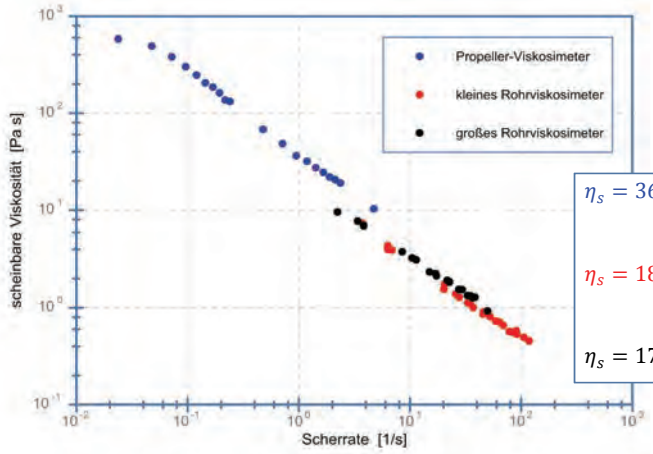
Messbereich:

Rohrdurchmesser	28, 43 und 68 mm
Scherrate	1-200 s^{-1}
Viskosität	0,01 – 60 Pa·s
Temperaturbereich	10 – 60 °C

Fließkurve

Energetische Biomassenutzung

- Substrat: Maissilage
- Trockenmasse: 8 %
- Temperatur: 21,5 °C



$$\eta_s = 36{,}6[Pa \cdot s^{0{,}17}] \cdot \dot{\gamma}^{(0{,}17-1)}$$

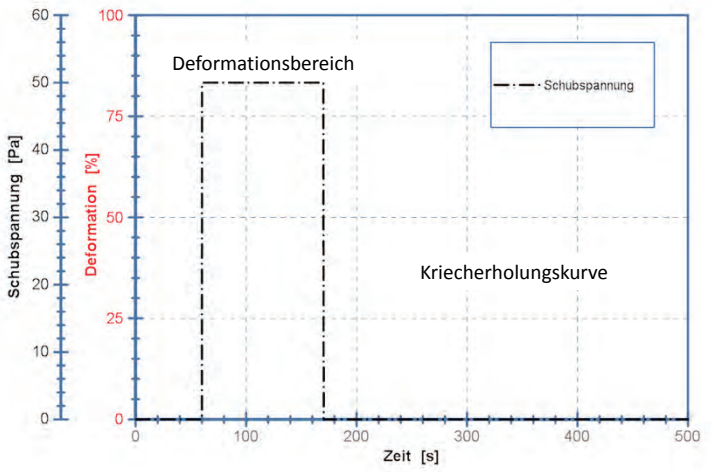
$$\eta_s = 18{,}5[Pa \cdot s^{0{,}25}] \cdot \dot{\gamma}^{(0{,}25-1)}$$

$$\eta_s = 17{,}9[Pa \cdot s^{0{,}22}] \cdot \dot{\gamma}^{(0{,}22-1)}$$

Kriechversuche

Energetische Biomassenutzung

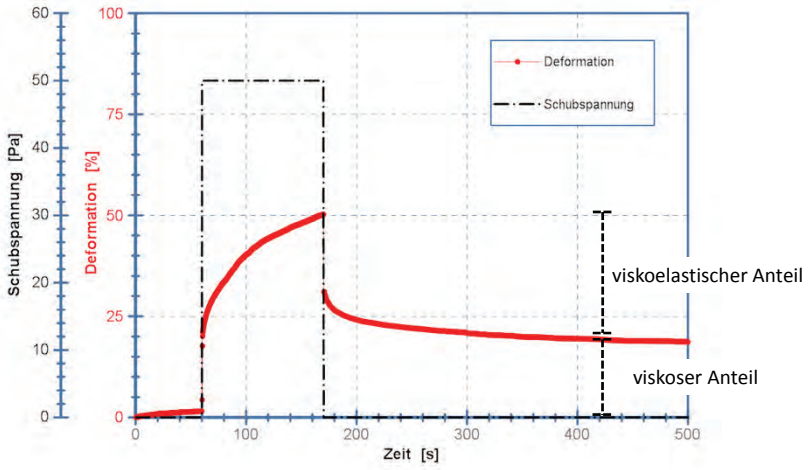
- Substrat: Maissilage
- Trockenmasse: 8 %
- Temperatur: 21,5 °C



viskoelastisches Fließverhalten

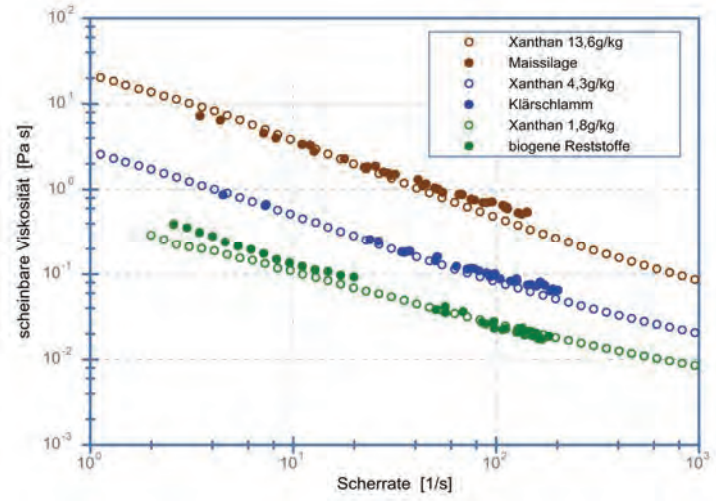
Energetische Biomassenutzung

- Substrat: Maissilage
- Trockenmasse: 8 %
- Temperatur: 21,5 °C



Fließverhalten div. Gärsubstrate

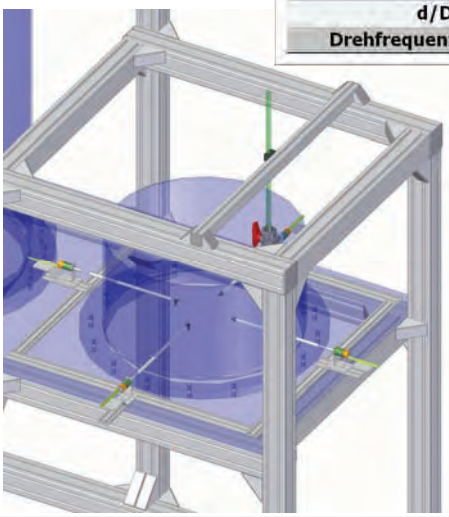
Energetische Biomassenutzung

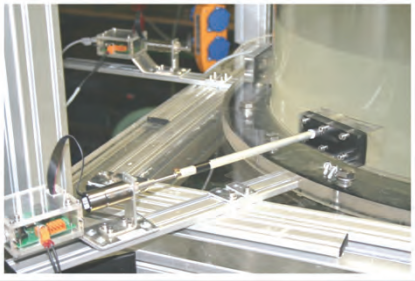


Technikum

Energetische Biomassenutzung

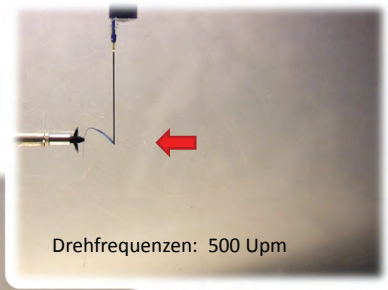
	Technikum	Biogasanlage
d/H	~ 0,09	~ 0,09
d/D	~ 0,03	~ 0,03
Drehfrequenz [U/min]	50-5000	375



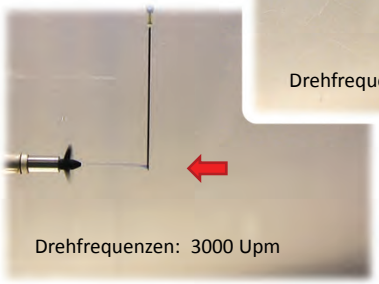


Invertzuckersirup 0,466 Pa·s

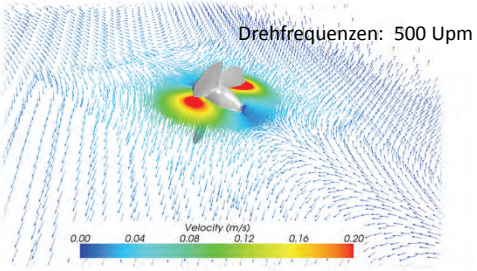
Energetische Biomassenutzung



Drehfrequenzen: 500 Upm



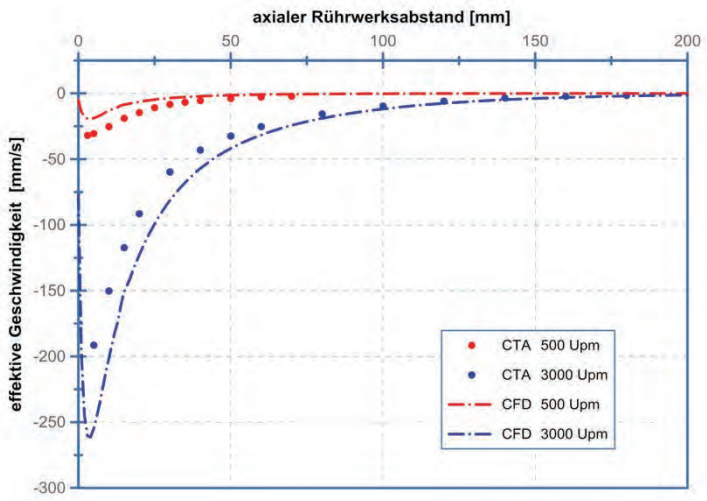
Drehfrequenzen: 3000 Upm



Drehfrequenzen: 500 Upm

Invertzuckersirup 0,466 Pa·s

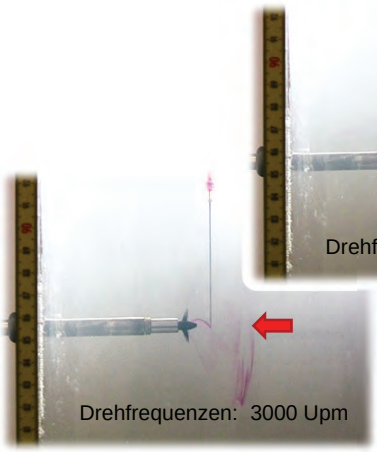
Energetische Biomassenutzung

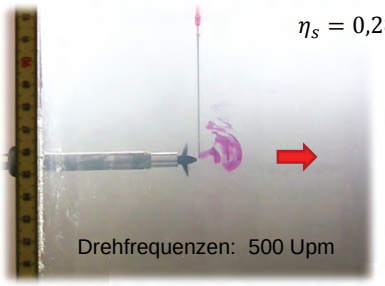


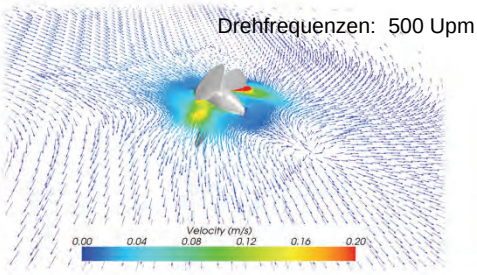
Xanthanlösung

Energetische Biomassenutzung

$$\eta_s = 0{,}28[Pa \cdot s^{0{,}40}] \cdot \dot{\gamma}^{(0{,}40-1)}$$

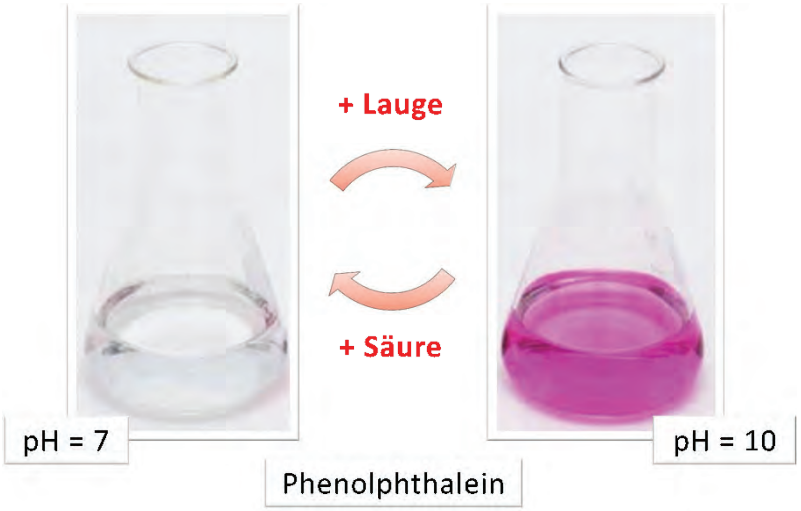






Mischzeitbestimmung

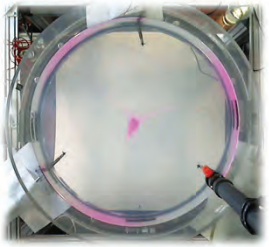
Energetische Biomassenutzung

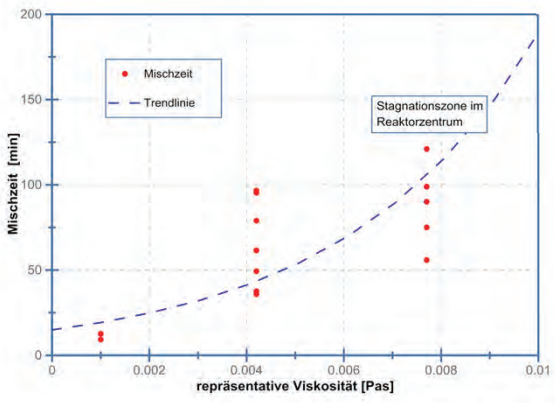


Einfluss der Rheologie

Energetische Biomassenutzung

Fluid: variabel
Drehfrequenz: 3000 Upm
Rührwerke: 3 mit d=20 mm
Azimutwinkel: 75°
spezifischer Wandabstand: 3,5

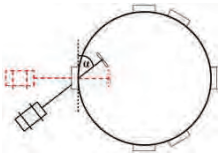


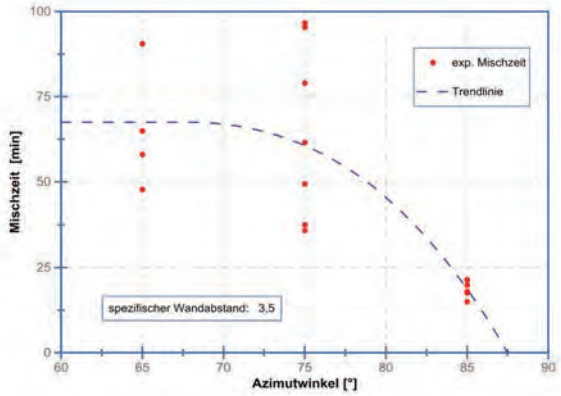


Einfluss des Azimutwinkels

Energetische Biomassenutzung

Fluid: Xanthanlösung 1 g/kg
Drehfrequenz: 3000 Upm
Rührwerke: 3 mit d=20 mm
Azimutwinkel: variabel
spezifischer Wandabstand: 3,5

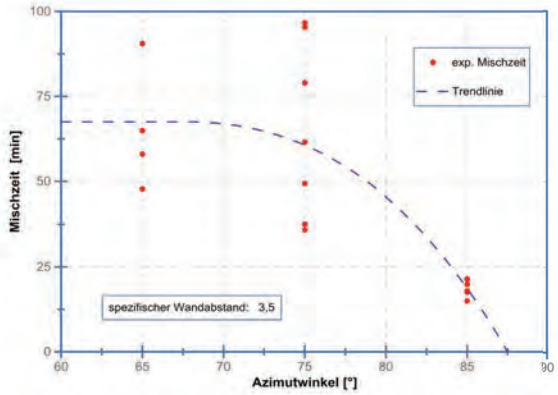




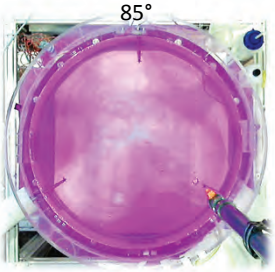
Einfluss des Azimutwinkels

Energetische Biomassenutzung

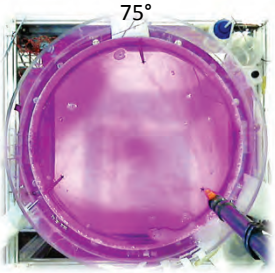
Fluid: Xanthanlösung 1 g/kg
Drehfrequenz: 3000 Upm
Rührwerke: 3 mit d=20 mm
Azimutwinkel: variabel
spezifischer Wandabstand: 3,5



85°



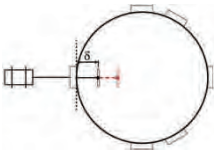
75°

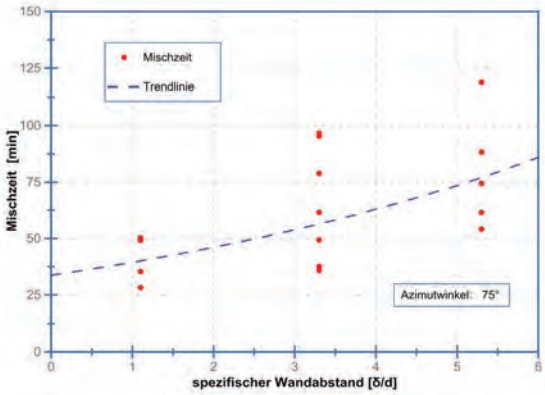


Einfluss des Wandabstands

Energetische Biomassenutzung

Fluid: Xanthanlösung 1 g/kg
Drehfrequenz: 3000 Upm
Rührwerke: 3 mit d = 20 mm
Azimutwinkel: 75°
spezifischer Wandabstand: variabel





Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

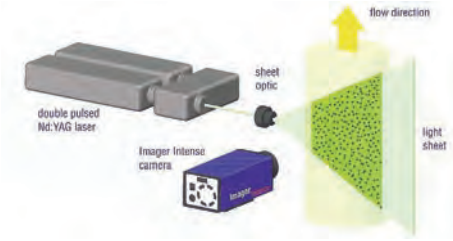
- Gärsubstrate zeigen ein strukturviskoses und viskoelastisches Verhalten
- Die Numerik bildet die sich ergebenen Strömungsprofile nur unzureichend ab
- Die Ausbildung einer Zirkulationsströmung kann die Mischzeit negativ beeinflussen
- Bei der Wahl des Azimutwinkels ist allerdings die Korrespondenz der Rührwerke stets zu gewährleisten
- Die Festlegung des Wandabstands sollte in Abhängigkeit des Ausbreitungswinkels des Propellerfreistrahls erfolgen

Quelle: KSB AG

Ausblick

Energetische Biomassenutzung

Bestimmung der Geschwindigkeitsfelder unter Einsatz der Particle Image Velocimetry



Quelle: LA Vision GmbH

Analytische Untersuchungen zum Schub und zur Hydrodynamik eines Propellerrührwerks in strukturviskosen Medien (u.a. nach ISO 21630)

Quelle: NI

Energetische Biomassenutzung

Technische Universität Berlin
Fachgebiet Verfahrenstechnik

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. Manuel Brehmer

Sekretariat: ACK 7 • Ackerstraße 71-76 • D – 13355 Berlin
Telefon: +49(0)30 314 - 72791 Fax: +49(0)30 314 - 72756
manuel.brehmer@tu-berlin.de www.verfahrenstechnik.tu-berlin.de

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam

HELMHOLTZ ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG UFZ

DBFZ

KIT Karlsruher Institute of Technology

Gefördert durch

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Klimaschutz – DIE BMU KLIMASCHUTZ-INITIATIVE

Koordiniert vom

PtJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

LEIPZIGER SCHAUMTESTER

Testset und dessen Verwendung zur Bestimmung der Schaumneigung von Substrat in Biogasanlagen

FKZ-Nr. 03KB018C

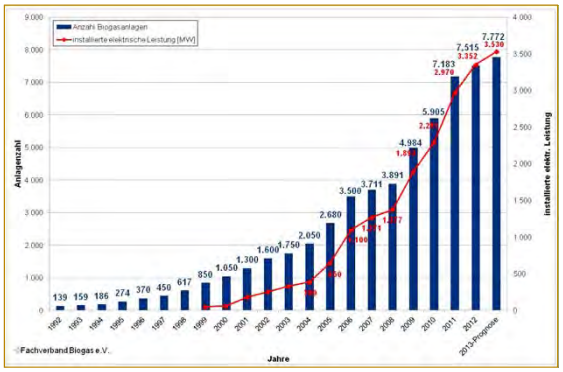
Laufzeit: August 2009 - Juli 2012

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Forum 2: Dr. Lucie Moeller, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung

Einleitung

Energetische Biomassenutzung



Deutschland, 2012 (Hochrechnung DBFZ):

7.600 Biogasanlagen mit
3.200 MWel installierter Leistung

davon ca. 100 BGAs zur Vergärung biogener Abfälle*

* Kern M., Raussen T.: Biogas-Atlas 2011/12. Anlagenbuch der Vergärung biogener Abfälle in Deutschland. Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, 2011.

Einleitung

Energetische Biomassenutzung

- Die häufigsten Prozessstörungen im Biogasreaktor:

  - Übersäuerung des Fermenterinhaltes
  - Bildung von Schwimmschichten
  - übermäßige Schaumbildung

Foto: Patrick Pfeffer

Schaumbildung in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

Erfahrungen mit der Schaumbildung in der Praxis

15 Biogasanlagen, die biogenen Abfall nutzen

(in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen; 2011)

→ **1** Biogasanlage: **schaumfrei**

→ 2 Biogasanlagen: Schaumbildung im Prozess der biologischen Entschwefelungsstufe

→ **12** Biogasanlagen: **Schaumbildung im Biogasreaktor**

- → 7 x regelmäßig
- → 2 x einmalig
- → 3 x in der Vergangenheit (Lösung: Anpassung der Betriebs-bedingungen)

SMUL: **5 von 36** NawaRo-Anlagen in Sachsen schäumten im Jahr 2012

Schaumbildung in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

Folgen der Schaumbildung im Biogasreaktor

Betriebstörungen und Schäden

- → Ausfall von **Schiebern** und der **Rezirkulatpumpe**
- → Verschmutzung und Verstopfung der **Leitungen**
- → Störung der **Messsonden**
- → Störung von **Mikroorganismen** (unzureichende Versorgung der MOs im Schaum)
- → Umkehrung des **Feststoffprofils** im Reaktor
- → **Konstruktionsschäden**

Ökonomische Folgen

- → **Reinigungs- und Reparaturkosten**
- → **Energieverlust** durch gestörten Prozess & durch zusätzliches Rühren
- → zusätzliche **Arbeitsstunden**
- → Kosten für **Entschäumer**

Schaumbildung in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

Maßnahmen bei der Schaumbildung im Biogasreaktor

- → „Hungerkur“
- → Absenken des Pegels im Fermenter
- → Verdünnen mit Wasser
- → Optimierung von Rührzyklus und Fütterungsinterval
- → Supplementierung mit Spurenelementen
- → Zugabe von Antischaummitteln

Schaumbildung in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

1. Ungeeignete **Prozessführung** und ungünstige Umstände

- → Überfütterung
- → plötzliche Temperaturschwankungen
- → ungünstiges Rührmanagement
- → Nährstoffmangel
- → Ablagerungen im unteren Bereich des Biogasfermenters

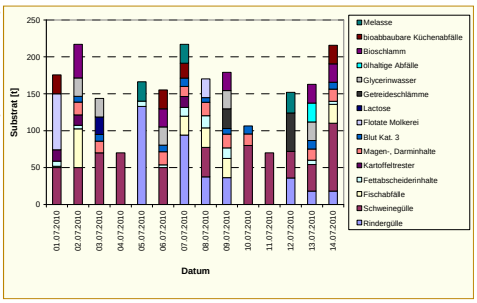
Schaumbildung in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

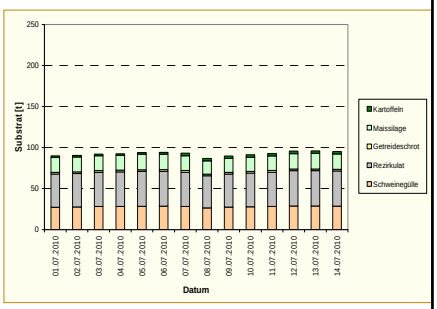
Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

1. Ungeeignete **Prozessführung** und ungünstige Umstände
2. Nutzung von risikoreichen **Substraten**

Abfall-Biogasanlage



NawaRo-Biogasanlage



Schaumbildung in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

1. Ungeeignete **Prozessführung** und ungünstige Umstände
2. Nutzung von risikoreichen **Substraten**

→ **viel Stickstoff**, bzw. **Protein**
- Schlachtabfälle, Molkereiabwasser
- Hühnertrockenkot

→ **leicht abbaubare Substrate**
- Obst- und Gemüseabfälle
- Zuckerrübenschnitzel

→ **Hefen**
- Biertreber, Brot, schlecht abgedeckte Silagen

→ **Schimmelpilze** (*Penicillium roqueforti*, *Mucor hiemalis* usw.)
→ Mycotoxine

→ **filamentöse Mikroorganismen**
(anaerobe Stabilisierung des Klärschlamms in Faultürmen)

Schaumbildung in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

Nutzung von risikoreichen **Substraten**

→ Allgemein:

Proteine + Schleimstoffe + Feinpartikel
(Schaumbildung ↔ Schaumstabilisierung)

- speziell rasch abbaubare („lösliche“) Proteine

- in Lösung gefaltet
- auf der Oberfläche entfaltet, werden unlöslich und daher schaumstabilisierend

Schaumbildung in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

Nutzung von risikoreichen **Substraten**

→ Allgemein:

Proteine + **Schleimstoffe** + **Feinpartikel**

(Schaumbildung ↔ Schaumstabilisierung)

a) von Mikroorganismen
- Polysaccharide als Speicherstoffe oder als Hülle bzw. Biofilm

b) aus Pflanzen
- z. B. Pektin aus Hülsenfrüchten, Fructosane im Roggen

→ Erhöhung der **Viskosität**
(Gasblasen werden in der Matrix eingeschlossen)

Schaumbildung in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

Nutzung von risikoreichen **Substraten**

→ Allgemein:

Proteine + **Schleimstoffe** + **Feinpartikel**

(Schaumbildung ↔ Schaumstabilisierung)

- bieten mehr Ansiedlungsfläche für Mikroorganismen

→ schnelleres Wachstum und Produktion von Proteinen und Schleimstoffen

- z. B. fein gemahlenes Getreidekorn

Schaumbildung in Biogasanlagen

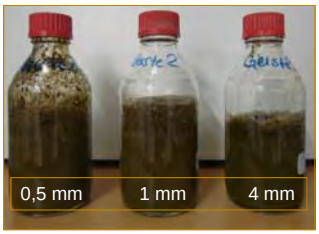
Energetische Biomassenutzung

Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

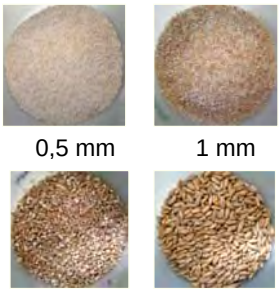
Nutzung von risikoreichen **Substraten**

fein gemahlenes Getreidekorn:

Getreide: Abhängigkeit der Intensität der Schaumbildung von der Mahlstufe des Getreidekorns



Gärmaterial aus einer NawaRo-Anlage mit Gerstenschrot: 0,5 mm, 1 mm und 4 mm



0,5 mm | 1 mm | 4 mm | Korn

Schaumbildung in Biogasanlagen

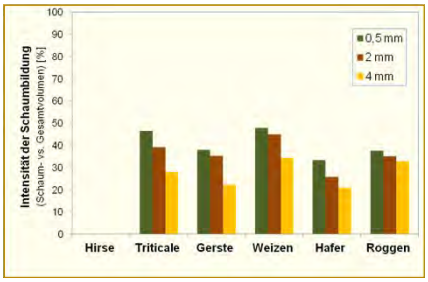
Energetische Biomassenutzung

Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

Nutzung von risikoreichen **Substraten**

fein gemahlenes Getreidekorn:

Getreide: Abhängigkeit der Intensität der Schaumbildung von der Mahlstufe des Getreidekorns



Schaumbildung in Biogasanlagen

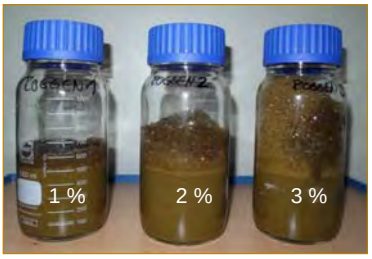
Energetische Biomassenutzung

Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

Nutzung von risikoreichen **Substraten**

fein gemahlenes Getreidekorn:

Getreide: Abhängigkeit der Intensität der Schaumbildung von der Menge des Getreidekorns



Gärmaterial aus einer NawaRo-Anlage mit 1, 2 und 3 % (w/w) Roggenschrot (2 mm)

Schaumbildung in Biogasanlagen

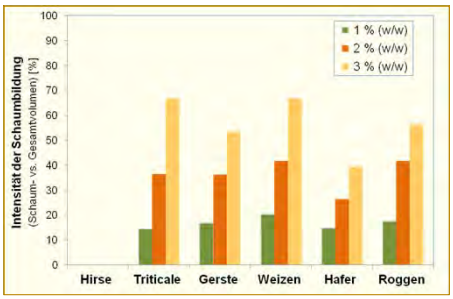
Energetische Biomassenutzung

Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

Nutzung von risikoreichen **Substraten**

fein gemahlenes Getreidekorn:

Getreide: Abhängigkeit der Intensität der Schaumbildung von der Menge des Getreidekorns



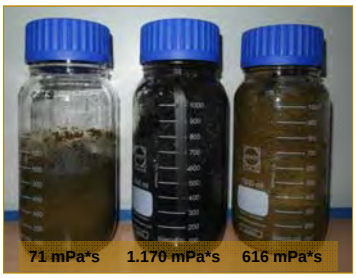
Schaumbildung in Biogasanlagen

Energetische Biomassenutzung

Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor

Nutzung von risikoreichen **Substraten**

Rolle des Ausgangs-Gärmaterials:

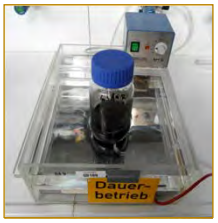


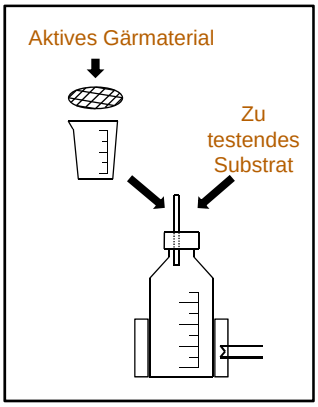
Gärmaterial aus drei NawaRo-Anlagen
mit 2 % (w/w) Zuckerrübensilage

Gärmaterial aus einer NawaRo-Anlage:
mit 2 % (w/w) Triticale und ohne Substrat (Referenz)

LEIPZIGER SCHAUMTESTER

Energetische Biomassenutzung



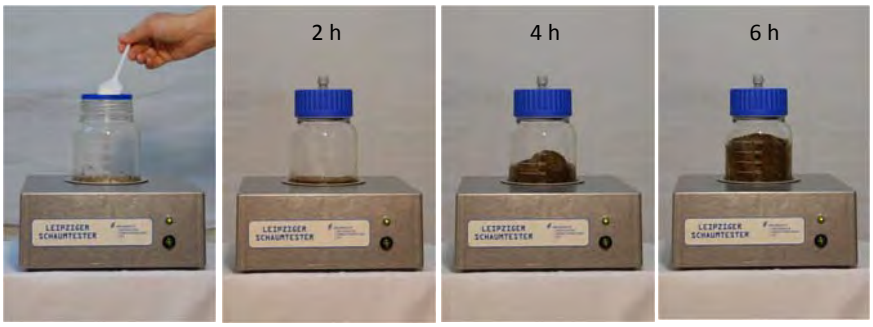


Zu bestellen bei:
EISMANN & STÖBE GBR
EMISSIONS- UND UMWELTTECHNIK
Tel.: +49 (0)341 2373251
E-Mail: info@antoc.de

Moeller, L., Zehnsdorf, A., Beyer, D. (2013) Testset zur Bestimmung der Schaumneigung von Substrat für Biogasanlagen. Gebrauchsmuster, DE 202013000693U1.

LEIPZIGER SCHAUMTESTER

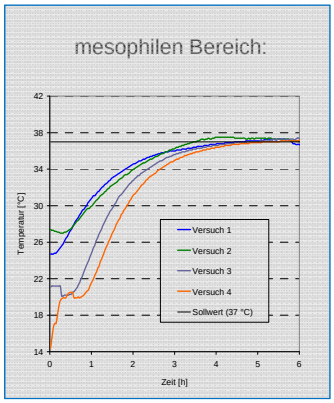
Energetische Biomassenutzung

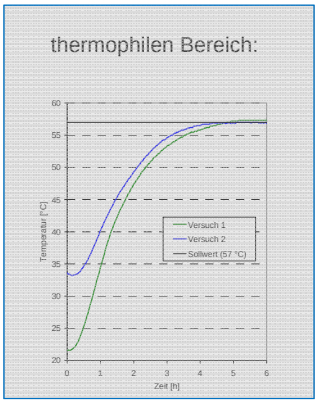


LEIPZIGER SCHAUMTESTER

Energetische Biomassenutzung

Verlauf der Temperierung des Gärmaterials im …





Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

- Schaumbildung im Prozess der anaeroben Vergärung ist ein häufiges Phänomen, dem bisher in der Wissenschaft nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde

- Schaum in Biogasanlagen entsteht als Folge von:
  - ungeeigneter Prozessführung
  - der Nutzung von risikoreichen Substraten

- LEIPZIGER SCHAUMTESTER stellt eine große Hilfe dar, indem eine mögliche schaumprovozierende Neigung von Substraten explizit und frühzeitig beurteilt werden kann
  - im Ergebnis erfährt der Anlagenbetreiber, ob er das vorgelegte Substrat nutzen darf oder ob Vorsicht notwendig ist
  - der Schaumtester kann auch zur Diagnose von Schaumereignissen in BGAs angewendet werden
  - Nutzung sowohl für mesophile als auch thermophile Anlagen möglich

Ausblick - Forschungsbedarf

Energetische Biomassenutzung

- Vermeidung der Schaumentwicklung nach Zugabe von risikoreichen Substraten:
  - Zuckerrübensilage
  - Getreideschrot
  - Hefe

- Erforschung von Ursachen der Schaumbildung infolge von Betriebsstörungen (z. B. plötzliche Temperaturschwankugnen)

- Rolle des Silierprozesses in der Schaumneigung von Maissilagen
- Ursachen der Schaumbildung im Biogasreaktor bei Beschickung mit Pferdemist
- Ursache der Schaumbildung nach Zugabe von gewissen Fettabscheiderinhalten
- …

Danksagung

Energetische Biomassenutzung

- Firma Eismann & Stöbe GBR
- AG Bioprozesstechnik (UFZ), vor allem Dr. Kati Görsch und Jörn Klingenberg
- Grit Weichert, Stefan Moeller
- Projektpartnern (GFZ Potsdam, DBFZ, TU Berlin, KIT)
- BMU (Förderprogramm „Energetische Biomassenutzung“)

Energetische Biomassenutzung

Forum 3

Neue Brennstoffe für Verbrennungs- und Vergasungsanlagen

Energetische Biomassenutzung

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wurde bearbeitet von

Hochschule Zittau/Görlitz

ZAE BAYERN

Fraunhofer IFF

DBFZ

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

Das Bundesmessprogramm und die Transformation des Energiesystems

FKZ-Nr. 03KB017

Laufzeit: 01.08.2009 – 30.04.2012

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Vorab - Werbung

Energetische Biomassenutzung

Gemeinsame Veröffentlichung aller Projektpartner des Bundesmess-programms

Martin Zeymer [a)], André Herrmann [a)], Katja Oehmichen [a)], Roman Schneider [b)], Ralf Schmersahl [a)], Patric Heidecke [c)], Ling He [c)], Florian Volz [d)]

[a)] Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH (DBFZ)

[b)] Hochschule Zittau/Görlitz (HSZG)

[c)] Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF)

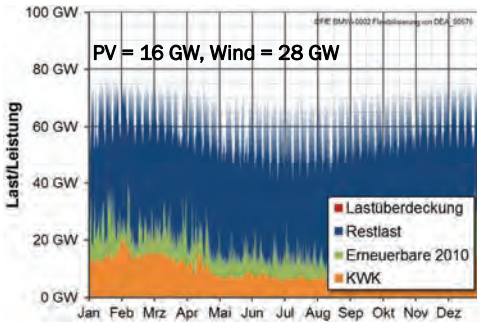
[d)] Zentrum für angewandte Energietechnik Bayern (ZAE)

Hintergrund

Energetische Biomassenutzung

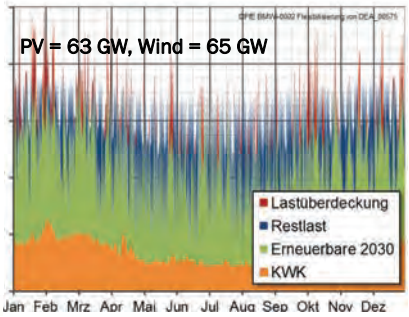
- EEG als effektives Instrument der Förderung Erneuerbarer Energien
- Erfolg trotz Abschottung der Technologien und ohne Berücksichtigung der Preisbewegungen am Strommarkt sowie der Kosten der Systemintegration

Lastgang in Deutschland – 2010



- 0 Stunden negative Restlast
- 5.900 Volllaststunden zur Restlastdeckung
- 0 GWh „Überschussstrom“

Lastgang gemäß BMU Leitstudie – 2030



- 821 Stunden negative Restlast
- 3.400 Volllaststunden zur Restlastdeckung
- ca. 8000 GWh „Überschussstrom“

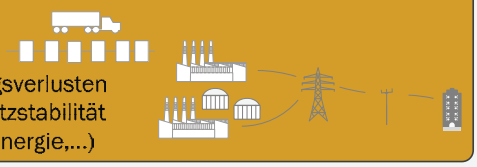
Quelle: Von Roon 2013

Kosten der Energiebereitstellung

Energetische Biomassenutzung

Gestehungskosten (frei Anlage)
- Rohstoffbereitstellungskosten
- Kosten der Konversion zum Sekundärenergieträger

Bereitstellungskosten auf Netzebene (frei Übergabe an den Verbraucher)
- Netzinfrastrukturkosten
- Berücksichtigung von Übertragungsverlusten
- Kosten zur Gewährleistung der Netzstabilität (z. B. für Reservekapazität, Regelenergie,...)



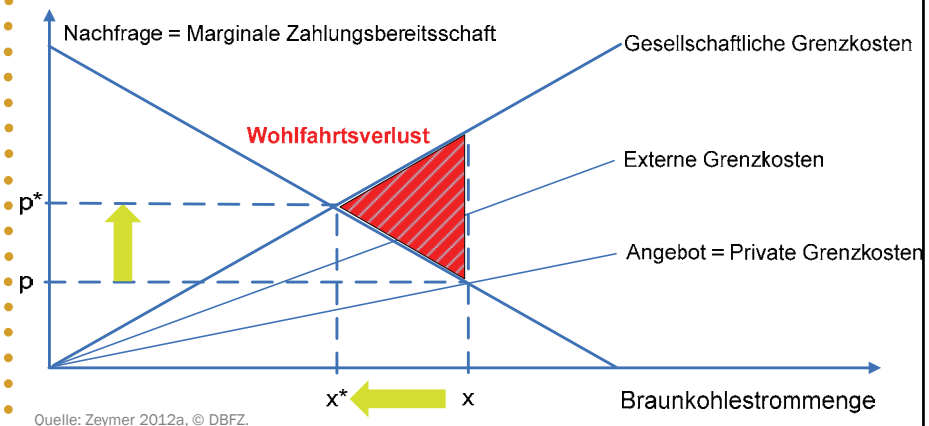
Systemkosten der Energiebreitstellung (gemeinschaftliche Kosten bzw. social cost)
- Bereitstellungskosten inkl. externer Effekte (z. B. Kosten von Emissionen, Biodiversitätsverlust, Wohlfahrtsverlust zu geringer Innovationstätigkeit, ...)

Quelle: Zeymer et al. 2013, © DBFZ.

Systemkosten und externe Kosten

Energetische Biomassenutzung

- Preisbildung unter vollständigem Wettbewerb



Quelle: Zeymer 2012a, © DBFZ.

Instrumente des sozialen Planers

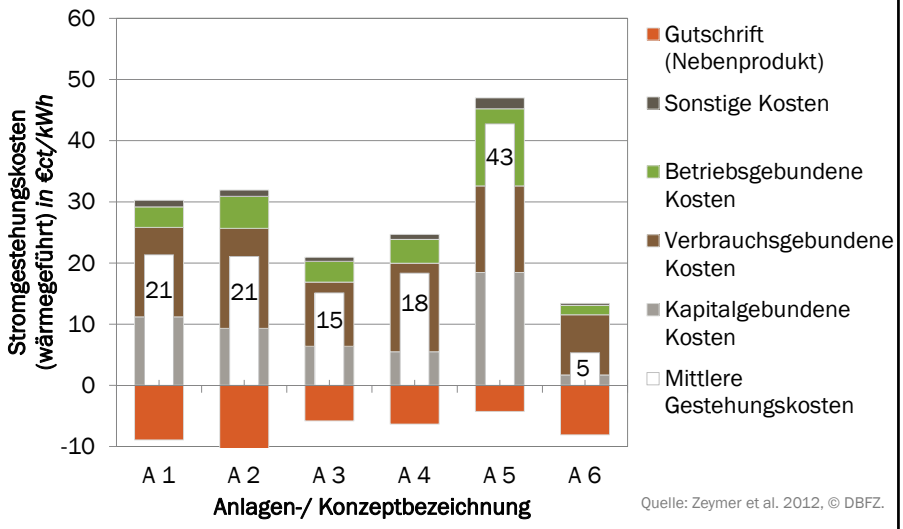
Energetische Biomassenutzung

Instrument	Wirkung	Beispiel
Ordnungsrecht	Negative Externalitäten limitieren (z. B. Gesundheitsschäden durch Luftverschmutzung)	TA Luft (Grenzwerte für Luftschadstoffe)
Eigentumsrechte für Allmendegüter	Internalisierung der Externalitäten	Europäischer Emissionshandel
Besteuerung	Nachfrageeffekt	Ökosteuer
Subventionen/ Quoten (**Preis-/** Mengen-**instrumente**)	Substitutionseffekt	**EEG/** Biokraftstoffquoten

Quelle: Zeymer 2012b, © DBFZ.

Gestehungskosten der kleintechnischen BV

Energetische Biomassenutzung



Quelle: Zeymer et al. 2012, © DBFZ.

Annahmen: 6.000 Volllaststunden p.a., 100 % Wärmenutzung bei 5 €ct/kWh

Bereitstellungskosten - Kapazitätseffekt

Energetische Biomassenutzung

- Kostensenkende Einbeziehung der positiven Effekte der Energiebereitstellung über Biomasse
  - **Kapazitätseffekt durch Ersatz fossil, thermischer KW: 0,6 - 1,6 €ct/kWh$_{el}$**

Bereitstellungskosten für gesicherte Leistung (Quelle: Zeymer et al. 2013)

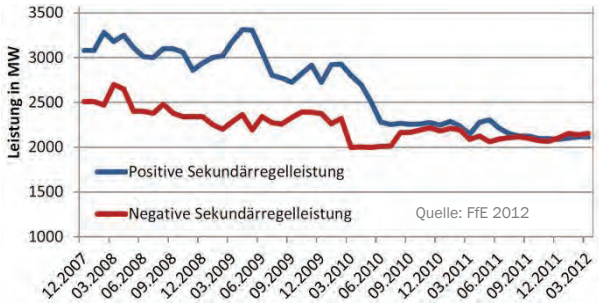
	A_{FK} in €/(a·kW)	H_{FK} in h/a	H_{RK} in h/a	L_{RK} in %	K_{GL} durch Erd-gas-GUD-KW in €ct/kWh	K_{GL} durch Stein-kohle-KW in €ct/kWh
Erdgas GuD-KW	50	6.000	-	-	-	-
Steinkohle-KW	115	6.000	-	-	-	-
Photovoltaik	-	-	1.030	1 %	0,8	1,8
Windenergie-anlage	-	-	2.200	6 %	0,7	1,5
Biomasse-BHKW	-	-	6.000	88 %	0,1	0,2

  - **Verringerte Aufwendungen für den Netzausbau: ca. 1,0 €ct/kWh$_{el}$**

Bereitstellungskosten – Regelenergie

Energetische Biomassenutzung

- Zusätzlicher Erlös durch Regelenergie-bereitstellung:
  - **2,4 €ct/kWh$_{el}$ (AP)**
  - **1,7 €ct/kWh$_{el}$ (LP) bei 6.000 Volllast-stunden p.a.**

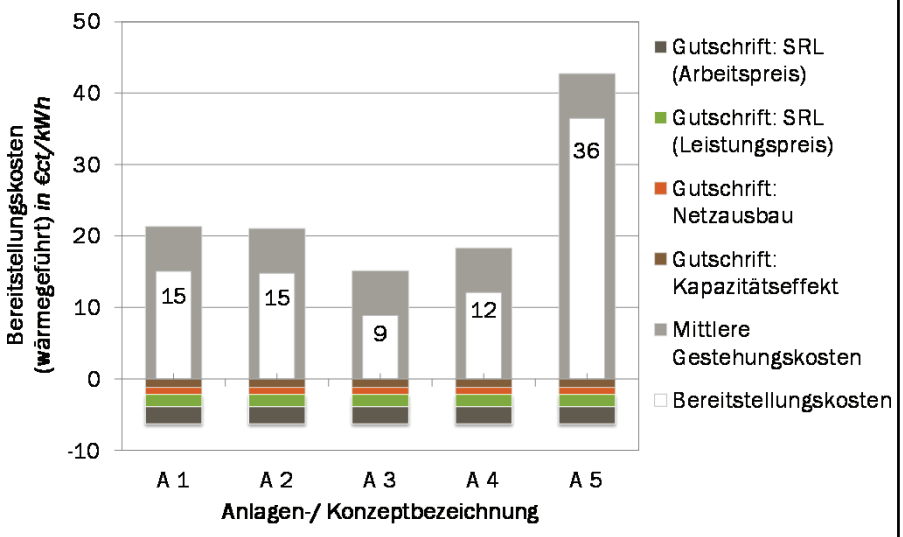


Arbeits- und Leistungspreis für negative SRL und negative Minutenreserve (Quelle: FfE 2012.)

Jahr	Negative, sekundäre Regelenergie		Negative Minutenreserve	
	Arbeitspreis [€/MWh]	Leistungspreiserlös [€/(MW·a)]	Arbeitspreis [€/MWh]	Leistungspreiserlös [€/(MW·a)]
2008	17,47	59.000	1,55	21.000
2009	9,73	82.000	4,94	68.000
2010	19,87	138.000	9,77	27.000
2011	23,74	102.000	11,52	37.000

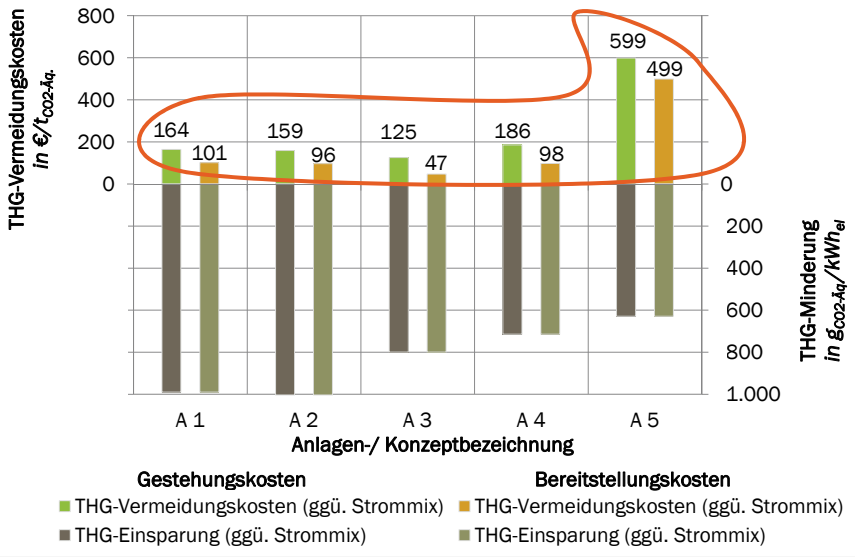
Bereitstellungskosten der kleintechnischen BV

Energetische Biomassenutzung



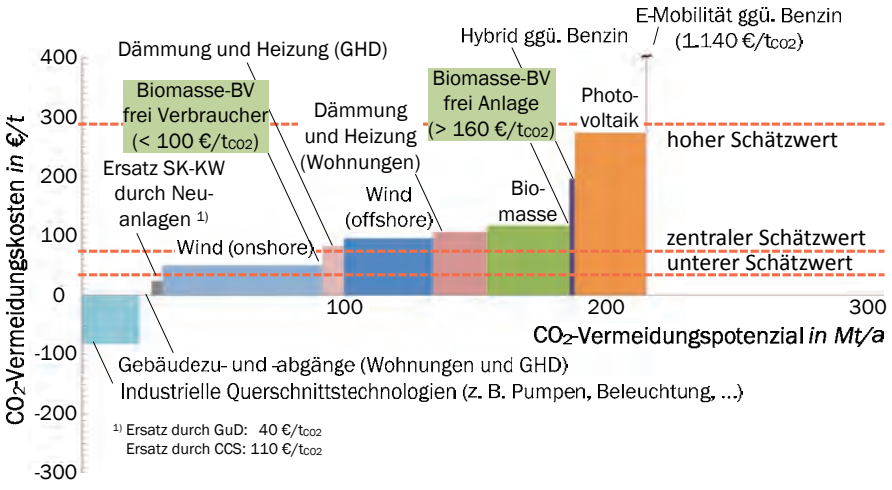
Kosteneffizienz der Biomassevergasung

Energetische Biomassenutzung



Einordung in das Gesamtsystem der EE

Energetische Biomassenutzung



Quelle: veränderte Darstellung basierend auf ifo 2012

Schlussfolgerungen

Energetische Biomassenutzung

- EEG als ein mögliches Instrument der Förderung Erneuerbarer Energien mit signifikanten Auswirkungen auf das Energiesystem
- Vielfältige Stärken der Biomassevergasung gegenüber anderen Erneuerbaren Energien liegen im Bereich der Bereitstellung
- Positive Effekte der Biomassenutzung bleiben durch das EEG 2012 und eine ausschließliche Gestehungskostenrechnung unberücksichtigt
- THG-Vermeidungskosten auf Ebene der Bereitstellungskosten < 100 €/$t_{CO2\text{-}Äq.}$
- Notwendigkeit von Instrumenten, um Anreize zur Flexibilisierung zu schaffen und positives Potenzial der Biomassevergasung zu entfalten
- **BMU-Projektantrag zusammen mit der HSZG:** Biomassevergasung – eine kosteneffiziente und bedarfsgerechte KWK-Option (Vision)

Literatur

Energetische Biomassenutzung

IfO (Hrsg.) (2012): Die Zukunft der Energiemärkte - Ökonomische Analyse und Bewertung von Potenzialen und Handlungsmöglichkeiten. IfO-Institut, München, 2012. Online verfügbar unter: www.cesifo-group.de/DocDL/ifo_Forschungsbericht_57.pdf, abgerufen am 10.10.2013.

FfE (Hrsg.) (2012): DEA – Verbund dezentraler Erzeugungsanlagen, Teilprojekt des Forschungsvorhabens „EnEff:Stadt – Chancen und Risiken im Rahmen des IEKP". Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE), München, 2012. Online verfügbar unter: http://www.ffe.de/download/article/269/20120820_Endbericht_DEA_Verbund-dezentraler-Anlagen.pdf

SRU (Hrsg.) (2005): Potenziale und Instrumente zur CO_2-Verminderung von PKW - Auszüge aus dem Sondergutachten Umwelt und Straßenverkehr. Online verfügbar unter: http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/06_Hintergrundinformationen/2005_08_SG_Strassenverkehr_Auszuege.pdf?__blob=publicationFile

Von Roon, S.: Deckung der Residuallast - Potenziale zur Flexibisierung von Erzeugung und Verbrauch. Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft (FfE), München, 2013. Online verfügbar unter: http://www.gruene-fraktion-bayern.de/sites/default/files/fg_von_roon_ffe_gmbh_flexibilisierung_verbrauch_erzeugung120713.pdf, abgerufen am 25.11.2013.

Zeymer (2012a): „Total Economic Value Approach" und Methoden zur Erfassung nutzungsunabhängiger Werte. Vortrag des Workshops: „Die Ökonomie der Ökosysteme und der Biodiversität ", Grimma, 11.-13.07.2012.

Zeymer (2012b): Biomassenutzung im Stromsektor – eine nachhaltige Option?. Seminararbeit im Rahmen des Seminars: Aktuelle Probleme der Umweltökonomik und der Umweltpolitik, Leipzig, 2012.

Zeymer, M.; Herrmann; A., Oehmichen, K.; Scheider, R; Schmersahl, R.; He, L.; Heidecke, P.; Volz, F. (2013): Kleintechnische Biomassevergasung – eine nachhaltige Option. DBFZ Report 18, Leipzig, 2013

Vielen Dank für eure Unterstützung!

Energetische Biomassenutzung

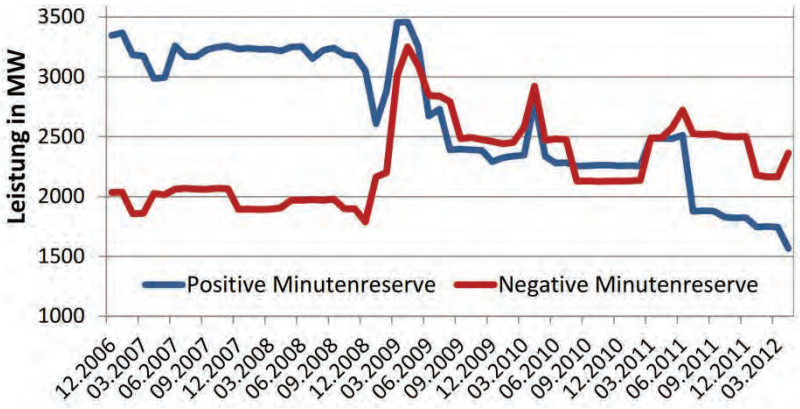
Dabei sind besonders zu erwähnen:

- das BMU, Herr Matura und Frau Neumann vom PTJ sowie unsere Projektpartner
- alle beteiligten Hersteller und Betreiber:
  - Herr Egeler und Team
  - Herr Burkhardt
  - Herr Labek
  - Herr Schmid
  - Herr Richter/Herr Lenz
  - Herr Hellbusch
  - Herr Heigl
  - Herr Werner
- das Projektteam der Programmbegleitung

- Ralf Schmersahl, Eyck Schotte, Helmar Tepper und Ingmar Schüßler

Backup - Minutenreserve

Energetische Biomassenutzung



Quelle: FfE 2012

5. Statuskonferenz
„Fünf Jahre BMU-Förderprogramm Energetische Biomassenutzung –
Wege zur effizienten Bioenergie!“
14.11.2013, Leipzig

Vergleich verschiedener Methoden zur Teeranalytik auf Basis von SPA und nasschemischen Verfahren bei der thermochemischen Biomassevergasung

Stefanie Reil*
Christoph Baumhakl°, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl°, Julian Messer*, Hildegard Stork°,
Prof. Dr.-Ing. Stefan Beer*

*** Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden**
Fakultät Maschinenbau/Umwelttechnik
Kaiser-Wilhelm-Ring 23
92224 Amberg
www.oth-aw.de

° Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik
Fürther Str. 244f
90429 Nürnberg
www.evt.cbi.fau.de

Forschungsvorhaben
Untersuchung zur Festbettvergasung von Biomasse in „stratified downdraft“-Reaktoren

- **Ziel**
  Identifikation der Betriebsparameter für
  - möglichst niedrigen Teergehalt im Produktgas,
  - möglichst vollständige Umsetzung des eingesetzten Vergasungsgutes,
  - Stabilisierung der Oxidationszone

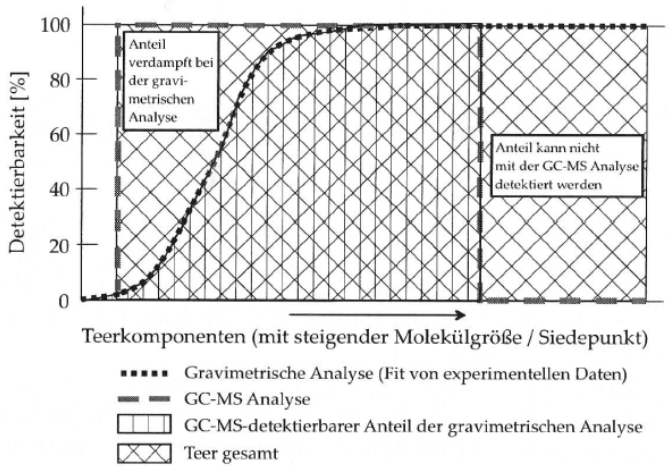
- **Herausforderung** insbesondere bei Versuchsanlagen ohne kontinuierlichem Betrieb:
  ausreichend lange Versuchsdauer, um eine belastbare Teeranalytik mit Mehrfachbestimmung zu ermöglichen

→ **Vergleich verschiedener Messverfahren zur Teeranalytik**

Hintergrund
Technikumsanlage
Methodik
Ergebnisse
Fazit

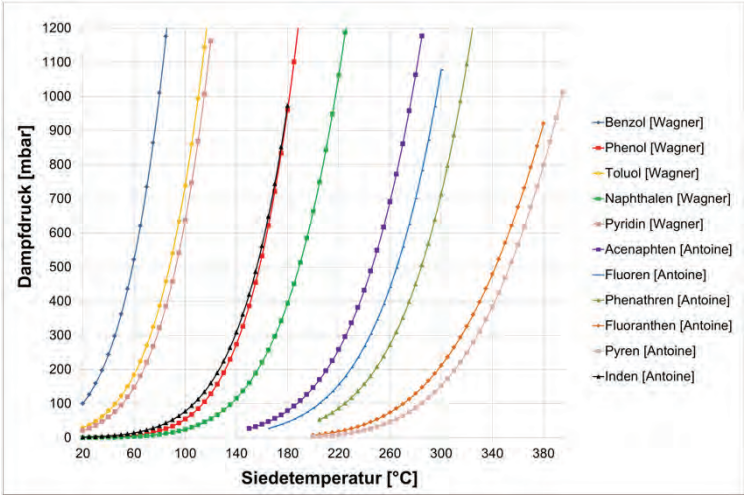
Gefördert durch: Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst

Detektierbarkeit der Teere

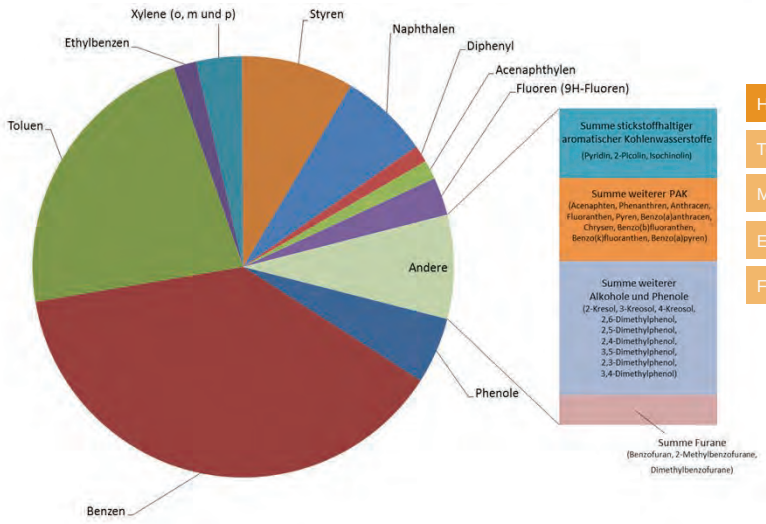


Bildnachweis:
KÜBEL, M.: Teerbildung und Teerkonversion bei der Biomassevergasung - Anwendung der nasschemischen Teerbestimmung nach CEN-Standard. Stuttgart, Universität Stuttgart, Dissertation, 2007. – ISBN 978-3-86727-224-7

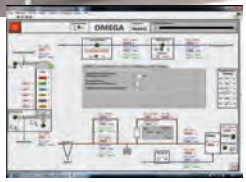
Siedeverhalten ausgewählter Teere



Typische Zusammensetzung des GC-detektierbaren Teers bei der Gleichstromvergasung

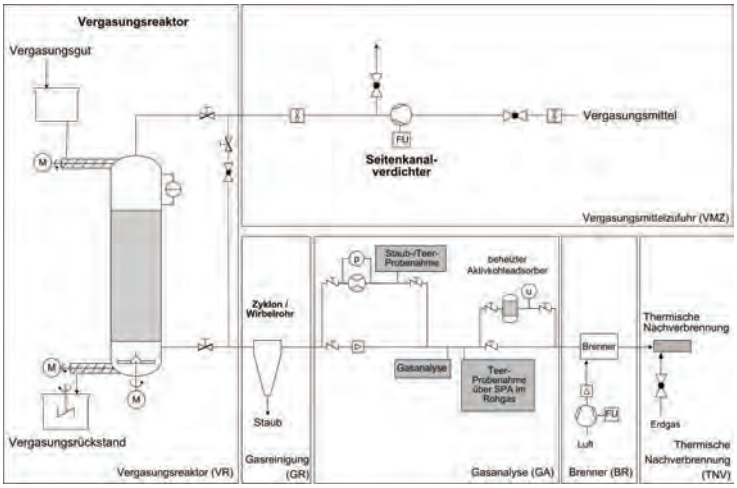


Technikumsanlage



Gleichstrom-Betrieb	
Vergasungsverfahren	autotherm, stratified downdraft - open core
Vergasungsgut	Holzhackschnitzel, naturbelassen
Vergasungsgutmassenstrom	9 bis 20 kg/h
Wassergehalt des Vergasungsguts	5 bis 25 Ma-%
Vergasungsmittel	Luft, 25 bis 56 m^3_N/h, 20 bis 250 °C, 21 bis 27 Vol.% O_2
Leerrohrgeschwindigkeit	0,4 bis 0,9 m/s

Technikumsanlage
Anlagenkonzept



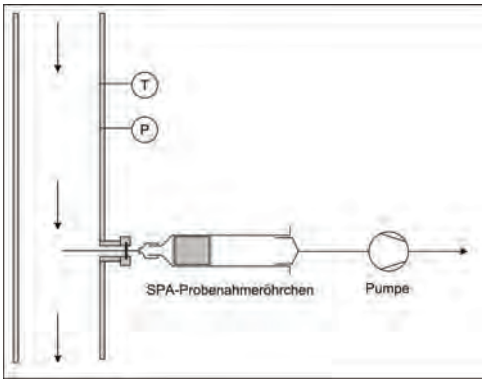
Methodik für die Teermessung

1) SPA-Analyse (solid phase adsorption) mit unterschiedlichen Methoden:
   - KTH: SUPELCLEAN LC-NH2
   - FAU: CHROMABOND C18ec

2) Teermessung nach DIN CEN/TS 15439 sowie

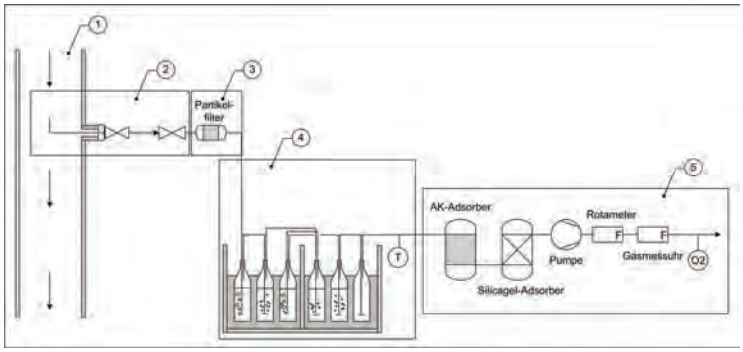
3) Teerprobenahme mit trockener Kühlfalle und nachgeschalteter SPA

Methodik
1) SPA-Analyse



- Probenahme:
  Auskondensation und Adsorption der Teerkomponenten auf einer festen Phase
- Analyse:
  - Eluierung der Probenahmeröhrchen
  - Untersuchung des Eluats mit GC

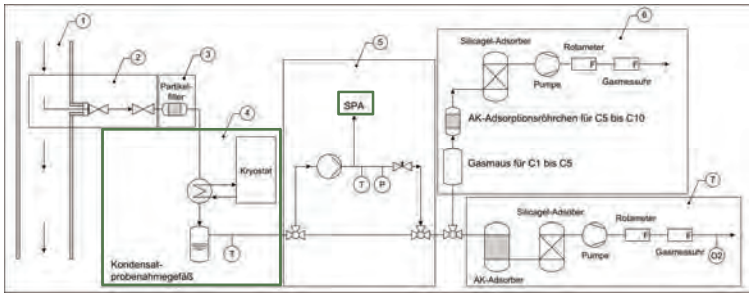
Methodik
2) Teermessung nach DIN CEN/TS 15439



- Probenahme der Teere oberhalb der Kondensationstemperatur
- Vollständiges Kondensieren und Lösen der Teere aus der Gasphase in einem Lösungsmittel (Isopropanol) bei tiefer Temperatur
- Anschließende nasschemische Analyse

① Gasstrom
② Modul 1 (Gasvorbereitung)
③ Modul 2 (Partikelabtrennung)
④ Modul 3 (Teerabtrennung und -kondensation)
⑤ Modul 5 (Volumenerfassung und Sauerstoffüberwachung)

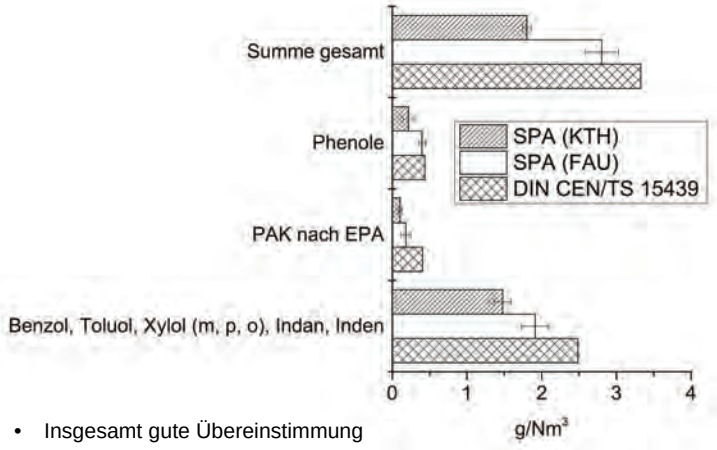
Methodik
3) Teerprobenahme mit trockener Kühlfalle und nachgeschalteter SPA



- Kondensation der schweren Teere über einfache Gaskühlung und anschließender nasschemischer Analyse
- Leichtflüchtige Teere, die nicht kondensieren, werden über nachgeschaltete SPA erfasst
- Nach Gaskühlung:
  Gasprobenahme auf Aktivkohle und über Gasmaus möglich

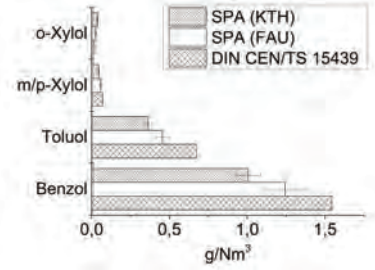
① Gasstrom
② Modul 1 (Gasvorbereitung)
③ Modul 2 (Partikelabtrennung)
④ Modul 3 (Abtrennung der schweren Teere)
⑤ Modul 4 (Messung der leichtflüchtigen Teere)
⑥ Modul 5 (Messung C2 bis C10)
⑦ Modul 6 (Volumenerfassung und Sauerstoffüberwachung)

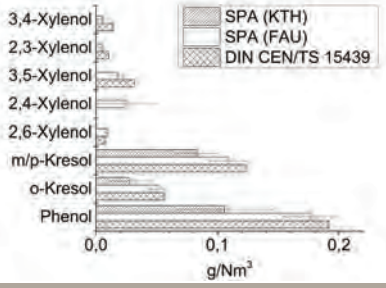
Ergebnisse
SPA-Analysen KTH und FAU im Vergleich zur nasschemischen Beprobung nach DIN CEN/TS 15439



- Insgesamt gute Übereinstimmung
- Bei den Analysen durch die FAU:
  - Identifizierung von mehr Komponenten als durch KTH
  - Detektion von Phenolen annähernd wie bei der Messung nach DIN

Ergebnisse
SPA-Analysen KTH und FAU im Vergleich zur nasschemischen Beprobung nach DIN CEN/TS 15439

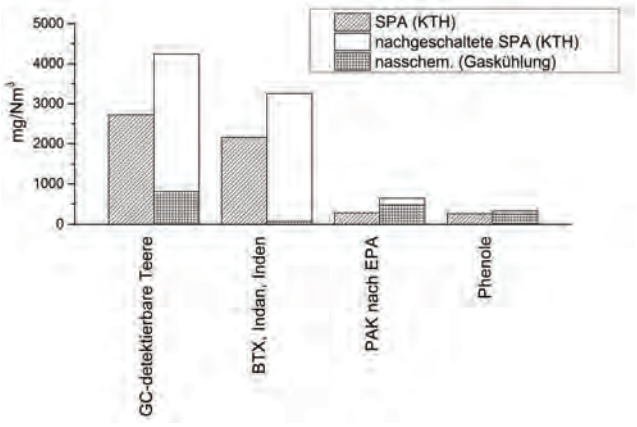




Größter Unterschied zwischen SPA und nasschemischer Probenahme nach DIN CEN/TS 15439 bei Benzol und Toluol

SPA-Analyse durch FAU zeigt im Vergleich zur KTH-Untersuchung höhere Ergebnisse bei Phenolen

Ergebnisse
Teerprobenahme mit trockener Kühlfalle und nachgeschalteter SPA



→ Vergleich mit einer SPA-Analyse im Rohgas liefert eine ähnliche Tendenz wie bei der Beprobung nach DIN CEN/TS 15439

→ Direkter Vergleich bleibt zu prüfen

Ergebnisse
Vergleich Teermessverfahren

Probenahme-verfahren	Nasschemische Analyse nach DIN CEN/TS 15439	SPA	Kombination aus Kondensation und SPA
Probenahmedauer	lang	kurz	mittel
Reproduzierbarkeit	hoch	rel. hoch	rel. hoch
Komplexität	hoch	gering	mittel
Aussagekraft	- Gut (schnelle Abkühlung) - Mittelwert über längeren Messzeitraum	- Gut - Momentaufnahme → Erhöhung der Aussagekraft: Mittelung mehrerer Einzelmessungen	- Relativ gut (ggf. Reaktionen bei der Teerprobenahme)
Analyseparameter	- GC detektierbarer Teer (quantitative und qualitative Aussage - Gravimetrische Teerbestimmung (Erfassung der hochmolekularen Komponenten)	- GC detektierbarer Teer (quantitative Aussage zu einzelnen Teerverbindungen) - Analyse hochmolekularer Teere wäre noch zu prüfen	- GC detektierbarer Teer (quantitative und qualitative Aussage (GC-Screening) - Gravimetrische Teerbestimmung (Erfassung der hochmolekularen Komponenten) - Wassergehalt
Potentielle Fehlerquellen	Undichtigkeiten im Messsystem (Sauerstoffüberwachung)	- Störeinflüsse (z.B. Rostbetätigung) - Einfluss von Lagerdauer und - temperatur	- Undichtigkeiten im Messsystem (Sauerstoffüber-wachung) - Störeinflüsse (z.B. Rostbetätigung)

Zusammenfassung

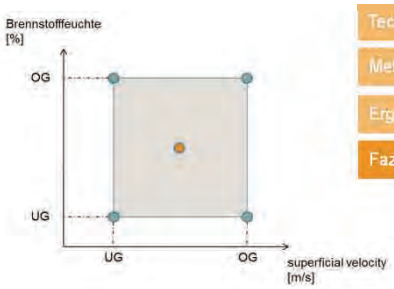
- Mit der Versuchsanlage sind repräsentative Messungen und ein stationärer Anlagenbetrieb erzielbar
- Die bisherigen Analysen zeigen das hohe Potential der SPA-Probenahme insbesondere im Hinblick auf eine kurze Probenahmedauer
- Für eine gute Aussagekraft der SPA-Analyse ist eine möglichst schnelle Analyse und eine geringe Lagertemperatur (~ -20°C) notwendig

Ausblick

- Detaillierte Untersuchung der Einflussparameter auf die Teerentstehung in Arbeit

- Weitere Untersuchungen zum Adsorptionsverhalten von BTX an Aktivkohle im Vergleich zur Probenahme über SPA

- Systematische Untersuchung des Einflusses der Vergasungsparameter
  - Leerrohrgeschwindigkeit / superficial velocity
  - Feuchte des Vergasungsgutes



- Erweiterung und Evaluierung eines Rechenmodells für die Wärme- und Stoffaustauschvorgänge bei der Vergasung von Biomasse in „stratified downdraft“-Reaktoren

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

stadtwerke rosenheim

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

Untersuchungen zum Einfluss von Temperatur, Verweilzeit und Aufheizrate in der Pyrolyse auf die Bildung von Benzol und weiteren Teerverbindungen

FKZ-Nr. 03KB046

Laufzeit: 01.09.2010-31.05.2013

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Voraussetzungen für das Projekt I

Energetische Biomassenutzung

- **2005 - Grundsatzentscheidung für Holzvergasung in Rosenheim**
  - Ziel: mehr regenerative Energie in Rosenheim (zu MVA und Wasserkraft)
  - Gute Speichereigenschaften (Biomasse und Wärme)
  - Hoher elektrischer Wirkungsgrad
- **2007 - Start mit der eigenen Entwicklung**
  - Keine Anlagen für Hackschnitzel im Dauerbetrieb
  - Keine Entwicklungspartner erkennbar

  → Entwicklungsziel: Das Teerproblem muss im Vergaser gelöst werden
- **August 2008 bis März 2009 - Diplomarbeit zur Teermessung in Zusammenarbeit mit der Hochschule Weihenstephan/Triesdorf**
- **August 2009 - Treffen der AG Holzvergasung der FEE e.V.**

  Problem der Benzolemissionen wird öffentlich diskutiert

  (→ Genehmigungsrelevant, daher elementar)

Voraussetzungen für das Projekt II

Energetische Biomassenutzung

- **Sommer 2009 - erste Hypothese zur Korrelation Benzol Teer**

  Aufgrund der (2009) vorhandenen Messergebnisse sollte es möglich sein ein Holzgas zu erzeugen, das teerfrei ist und nur sehr geringe Benzolkonzentrationen enthält (< 100 mg/m³)

  Hintergrund für < 100 mg/m³ Benzol:

  - 2009/2010 keine Erfahrungen über Wirkung und Lebensdauer von Katalysatoren verfügbar
  - Emissionsgrenzwert für Benzol von 1 mg/m³ wäre mit einer Konzentration im Holzgas von < 100 mg/m³ auch ohne Katalysator einhaltbar
  - Problem CO noch nicht im Fokus

- **August 2009 - Projektskizze PyRO**

Voraussetzungen für das Projekt III

Energetische Biomassenutzung

- Mai 2009 bis April 2011 - erstes Forschungsprojekt (Messprojekt) über Teer und Benzol im Auftrag des Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
- Mai 2010 – Projektantrag PyRO

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- **Bereitstellung oder Entwicklung geeigneter Verfahren für die Messung der relevanten Komponenten Teer und Benzol**

  Wichtiger Aspekt: einfache Handhabung, ungiftige Lösungsmittel

- **Reduzierung der Teer- und Benzolgehalte durch die Optimierung der Pyrolysebedingungen**

  Durch die Untersuchung des Einflusses der Parameter

  - Temperatur
  - Aufheizrate
  - Verweilzeit
  - Brennstofffeuchte
  - Biomasseart

  auf die Qualität des Produktgases.

Projektziele in Bezug auf die AP

Energetische Biomassenutzung

- **AP 1 - Literaturrecherche und Stand des Wissens**

  Strukturierte und umfassende Darstellung zum Stand des Wissens

- **AP 2 - Pyrolyseschnecke (Versuchsstand)**

  Bau eines Versuchsstandes für die Untersuchung der Einflussparameter auf die Pyrolyseprodukte

- **AP 3 – Validierung der Benzol- und Teermesstechnik**

  Untersuchung und Beurteilung von Messverfahren für die Bestimmung des Teer- und Benzolgehaltes im Produktgas

- **AP 4 – Pyrolyseversuche**

  Praktische Untersuchungen des Einflusses verschiedener Parameter auf die Qualität des Produktgases

- **AP 8 – Einfluss der Oxidations- und Reduktionstemperatur**

  Untersuchung der Temperatur auf die Qualität des Produktgases

AP 1 Literaturrecherche und Stand des Wissens

Energetische Biomassenutzung

- **Ziel:**
  Strukturierte Darstellung zum Stand des Wissens
  - Zusammenstellen und Analysieren der verfügbaren Literaturtitel zum Thema Pyrolyse
  - Erstellen eines Abstracts zu jedem Titel
  - Darstellung der Literaturwerte in einem Dreiecksdiagramm

    In diesem Diagrammtyp können die in der Literatur beschriebenen Ergebnisse übersichtlich dargestellt werden. Die Einordnung erfolgt in ein System aus (Holz-) Kohle, Permanentgas und kondensierbare Substanzen (inkl. Teer).
  - Ergänzung des Diagramms mit eigenen Werten (aus AP 4)
- **Ansatz für die praktischen Untersuchungen:**
  Wie kann das System für die Biomassevergasung optimiert werden?

AP 2 Pyrolyseschnecke

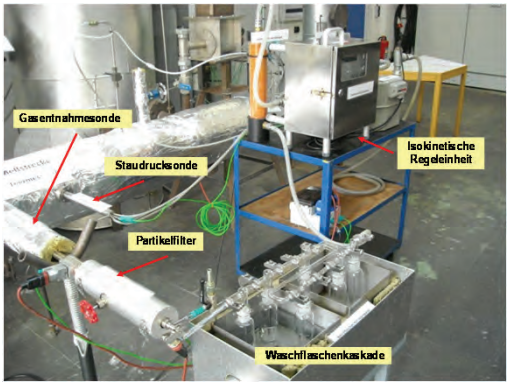
Energetische Biomassenutzung

- **Ziel:**
  Bau eines Versuchsstandes für die Untersuchung der Einflussparameter auf die Pyrolyseprodukte
  - Durchmesser DN 200
  - Länge: ca. 3,5 m
  - Drehzahlgeregelte Hohlschnecke
  - Aufheizen mittels Heizmanschetten
  - Isolierung aus Steinwolle
  - Beheizte Probenahme-stelle

AP 3 Validierung der Teer- und Benzolmesstechnik

Energetische Biomassenutzung

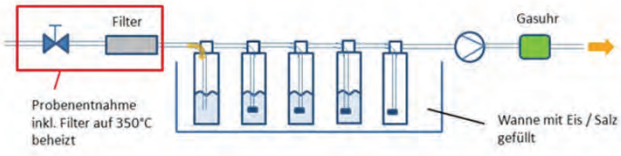
- Ziel:
  Untersuchung und Beurteilung von Messverfahren für die Bestimmung des Teer- und Benzolgehaltes im Produktgas und im Abgas des Motors
- Messung nach DIN/CEN-TS 15 439



AP 3 Validierung der Teer- und Benzolmesstechnik

Energetische Biomassenutzung

- Vereinfachtes Verfahren in Anlehnung an DIN/CEN-TS 15 439
  - Verzicht auf isokinetische Regeleinheit
  - Reduzierte Anzahl an Waschflaschen
  - Fritten mit höherer Porosität
  - Verzicht auf warmes Wasserbad



Gute Handhabbarkeit des Messverfahrens, Probleme lediglich bei der Anpassung auf die Probenahmebedingungen am Versuchsstand bezüglich Druck und Durchfluss

AP 3 Validierung der Teer- und Benzolmesstechnik

Energetische Biomassenutzung

- **Messung nach DIN/CEN-TS 15 439**

Erfahrungen aus über 50 Teerprobenahmen haben zu folgender Einschätzung geführt:

- Die Teerprobenahme und -analytik nach DIN sind sehr aufwändig und weisen eine hohe Fehlerquote auf
- Einzelne Teermessungen zur Beurteilung des Vergasungsprozesses nur bedingt geeignet
- Teermessungen sind aufgrund des hohen zeitlichen und finanziellen Aufwandes, der begrenzten Aussagekraft und der großen Messunsicherheit nicht für die Optimierung von Anlagen geeignet

Die Messung von Teer ist nicht für die Verfahrensentwicklung geeignet

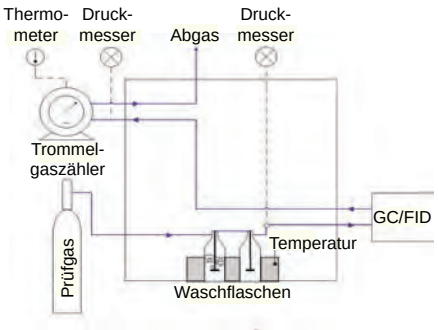
AP 3 Validierung der Teer- und Benzolmesstechnik

Energetische Biomassenutzung

- **Eigenes Verfahren zur Messung von Benzol**

Entwicklung eines vereinfachten Messaufbaus zur Bestimmung von Benzol

- Messung mit nur einer Waschflasche
- Umfangreiche Versuche mit Prüfgas im Rahmen einer Diplomarbeit



AP 3 Validierung der Teer- und Benzolmesstechnik

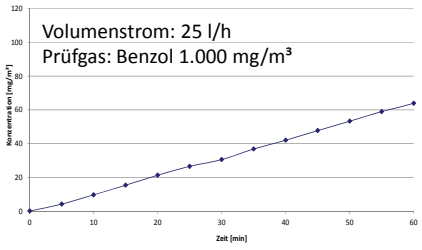
Energetische Biomassenutzung

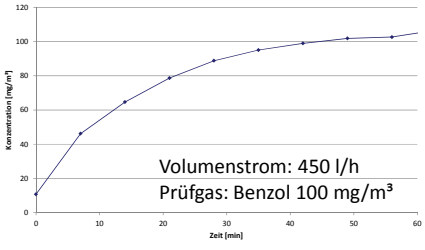
- **Eigenes Verfahren zur Messung von Benzol**
  - Wiederfindungsraten > 80 % konnten reproduzierbar erreicht werden

AP 3 Validierung der Teer- und Benzolmesstechnik

Energetische Biomassenutzung

- **Eigenes Verfahren zur Messung von Benzol**
  - Im Gegensatz den ersten Ergebnissen zeigten die weiteren Versuche, dass die Anreicherung nicht linear verläuft
    → Daraus ergeben sich Probleme bei hohen Durchflussraten





Mit dem entwickelten Messprinzip kann unter Laborbedingungen einfach und reproduzierbar gemessen werden.
Für Messungen an Anlagen ist das Verfahren jedoch ungeeignet.

AP 3 Validierung der Teer- und Benzolmesstechnik

Energetische Biomassenutzung

► **Messung von Benzol durch Adsorption an verschiedenen Materialien**

Zur Überprüfung des Adsorptionsverhaltens und der Desorption wurde Prüfgas über verschiedene Materialien geleitet

- Aktivkohle: gute Adsorption; schlechte Desorption mit IPA, EtOH, MeOH; gute Desorption mit Aceton, jedoch hoher Messfehler aufgrund der hohen Flüchtigkeit von Aceton
- Tenax: sofortiger Durchbruch, zu geringe Adsorption
- XAD-2: gute Adsorption, jedoch nicht reproduzierbar

Bei den Versuchen konnte keine Adsorptionsverfahren gefunden werden, das mit den von uns favorisierten Lösungsmitteln (nicht oder nur gering toxisch) eine einfache und reproduzierbare Messung zulässt.

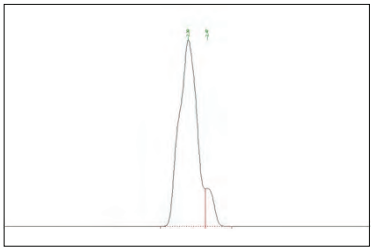
AP 4 Pyrolyseversuche - Messungen

Energetische Biomassenutzung

► **Messungen möglicher Vorläufer von Benzol (Ethan, Ethen, Ethin und Propan)**

- Mit eigens dafür beschafften Prüfgas wurde die Möglichkeit der Erfassung mittels GC/FID getestet

Die Bestandteile konnten mit der vorhandenen Gerätekonfiguration (bzw. Säule) nicht getrennt werden. Zudem werden die entsprechenden Anteile im Holzgas durch den wesentlich größeren Methanpeak überlagert.



AP 4 Pyrolyseversuche

Energetische Biomassenutzung

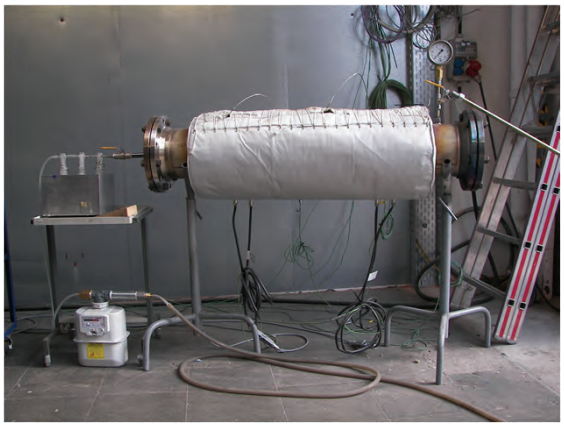
Praktische Versuche an Anlagen zur Pyrolyse (kontinuierlich und Batch-Betrieb) zur Untersuchung der Einflüsse verschiedener Parameter auf die Qualität des Produktgases.

- **Versuche am Batch-Reaktor**
  - Pyrolyse kleiner Mengen Biomasse
  - Abschätzung der Versuchsverlaufes an der kontinuierlich arbeitetenden Anlage bezüglich:
    - Gasentwicklung
    - Teerentwicklung
    - Druckentwicklung
    - Aufheizverhalten der Heizmanschetten
  - Bessere Möglichkeit zur Bilanzierung
    - Erfassen der gesamten Gasmenge
    - Einfaches Entleeren und Wiegen der Reststoffe

AP 4 Pyrolyseversuche

Energetische Biomassenutzung

- **Versuche am Batch-Reaktor**

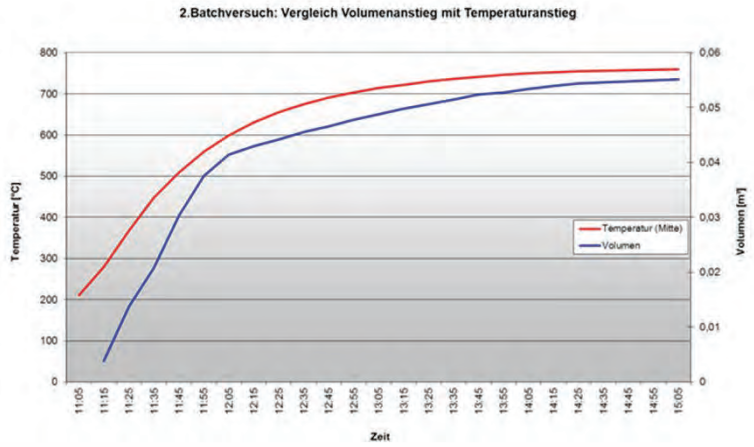


AP 4 Pyrolyseversuche

Energetische Biomassenutzung

- **Versuche am Batch-Reaktor**

  Zeitlicher Verlauf von Temperatur und Druck im Batch-Reaktor



AP 4 Pyrolyseversuche

Energetische Biomassenutzung

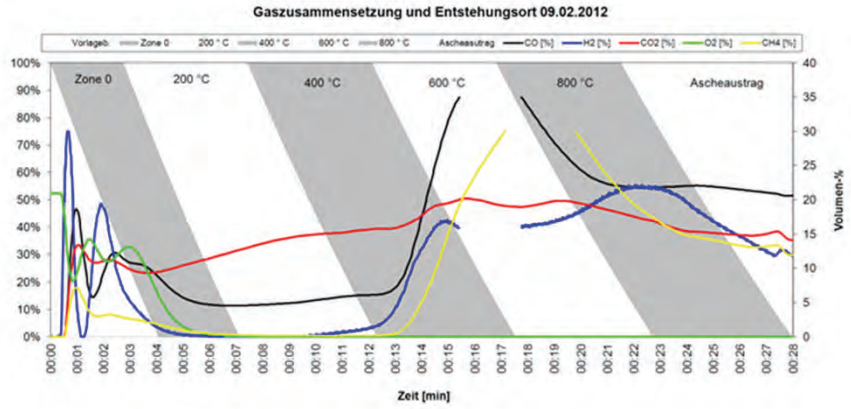
- **Versuche an der kontinuierlich arbeitenden Versuchsanlage**

AP 4 Pyrolyseversuche

Energetische Biomassenutzung

- **Versuche an der kontinuierlich arbeitenden Versuchsanlage**

  Zeitlicher Verlauf der Gaszusammensetzung mit markierten Temperaturzonen



AP 4 Pyrolyseversuche

Energetische Biomassenutzung

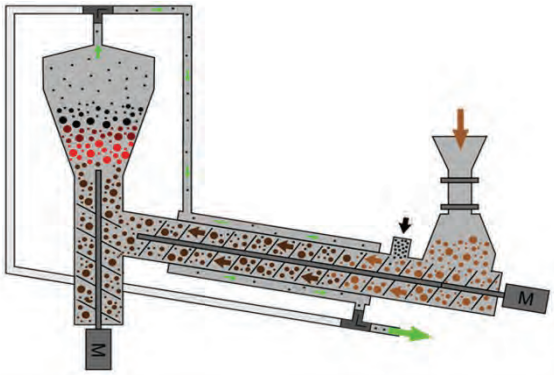
- **Versuche an der kontinuierlich arbeitenden Versuchsanlage**
  - Probleme bei der messtechnischen Erfassung der relevanten Daten
  - Trotz der Vorversuche kommt es zu unerwartet hoher Gasentwicklung
  - Im Zuge eines weiteren Versuches führt ein Druckanstieg zum Bersten eines Messstutzens -> unkontrolliert austretendes Gas entzündet sich

Aufgrund dieses Zwischenfalls sowie der Probleme bei der Messtechnik werden die weiteren Versuche an der Vergasungsanlage der Stadtwerke Rosenheim durchgeführt.

AP 4 Pyrolyseversuche

Energetische Biomassenutzung

- **Weiterführende Versuche am bestehenden Vergaser der SWRO (PGW 300)**
  - Untersuchung der Einflüsse von Temperaturen (Pyrolyse, Oxidation ...)
  - Weitere Betrachtung des Einflusses der Brennstofffeuchte



AP 8 Einfluss der Oxidations- und Reduktionstemperatur

Energetische Biomassenutzung

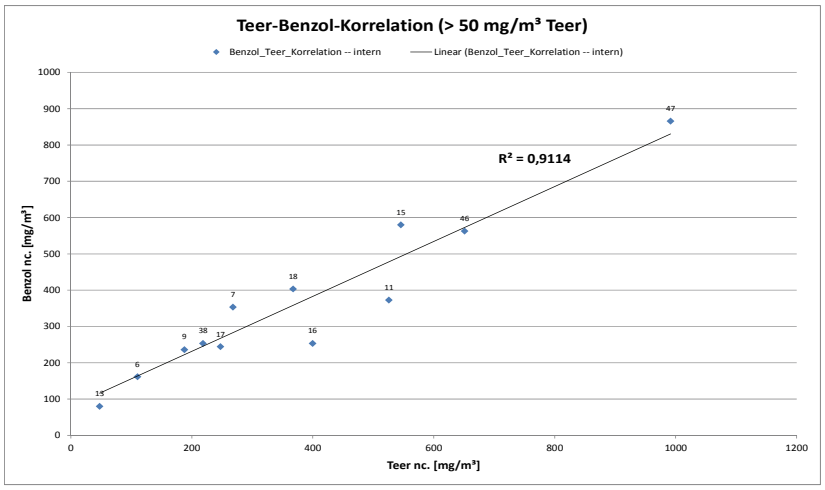
- **Ziel:**
  Untersuchung der Temperatur auf die Qualität des Produktgases
  - Für die Untersuchung der Temperaturabhängigkeit der Benzolkonzentration standen Versuchsergebnisse von internen sowie externer Anlagen zur Verfügung
  - Die durchgeführten Teermessungen (intern & extern) zeigen, dass Benzol als Leitsubstanz verwendet werden kann
  - Bei weiteren Versuchen wurde daher ausschließlich Benzol gemessen (Vorteile: mehr Messwerte, kurze Messintervalle)

Benzol als Leitsubstanz

AP 8 Einfluss der Oxidations- und Reduktionstemperatur

Energetische Biomassenutzung

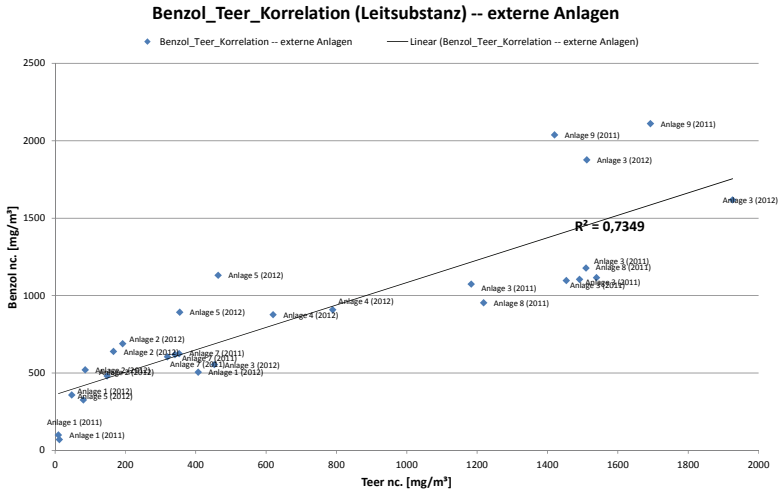
Benzol als Leitsubstanz (Anlagen der SWRO)



AP 8 Einfluss der Oxidations- und Reduktionstemperatur

Energetische Biomassenutzung

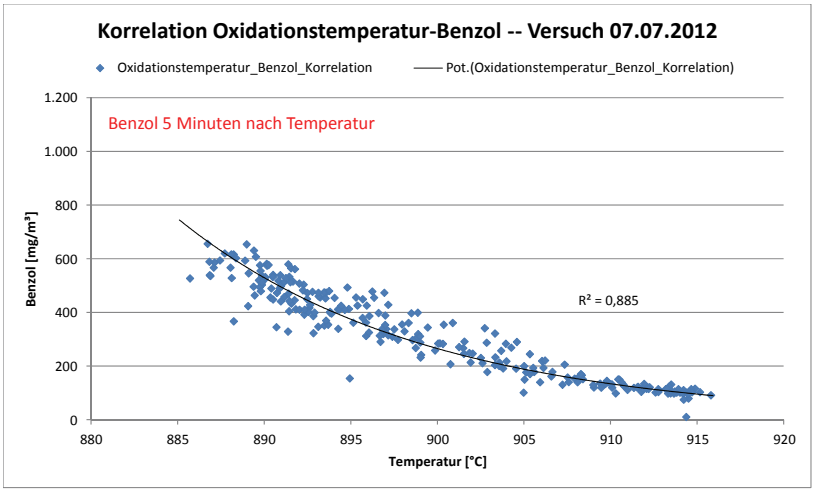
Benzol als Leitsubstanz (externen Anlagen)



AP 8 Einfluss der Oxidations- und Reduktionstemperatur

Energetische Biomassenutzung

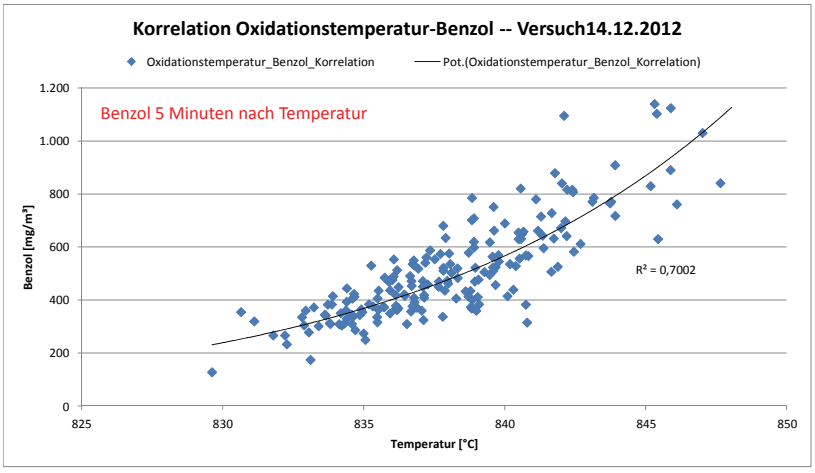
Korrelation (Benzol - Oxidationstemperatur) an einer Anlage der SWRO



AP 8 Einfluss der Oxidations- und Reduktionstemperatur

Energetische Biomassenutzung

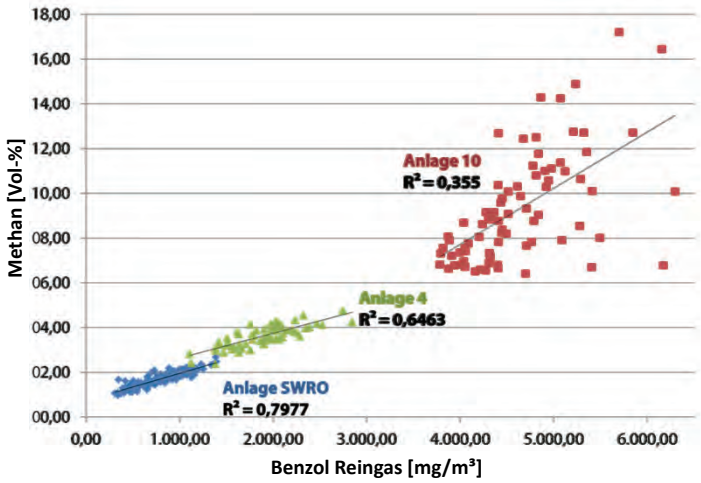
Korrelation (Benzol - Oxidationstemperatur) an einer Anlage der SWRO



AP 8 Einfluss der Oxidations- und Reduktionstemperatur

Energetische Biomassenutzung

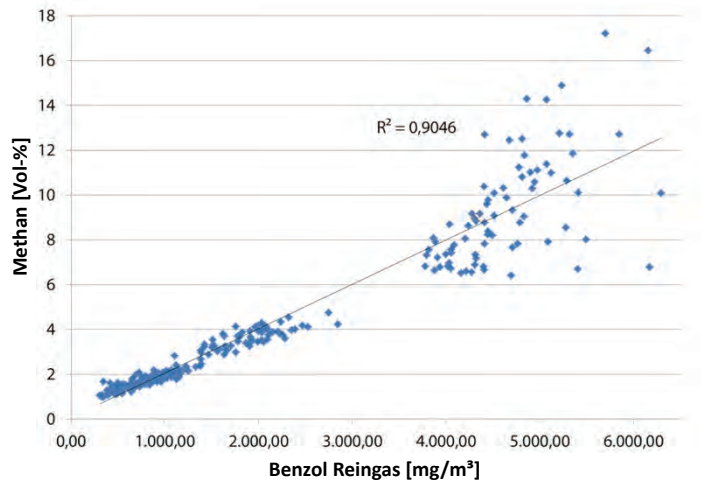
Einzelne Korrelationen (Methan - Benzol) an drei externen Anlagen



AP 8 Einfluss der Oxidations- und Reduktionstemperatur

Energetische Biomassenutzung

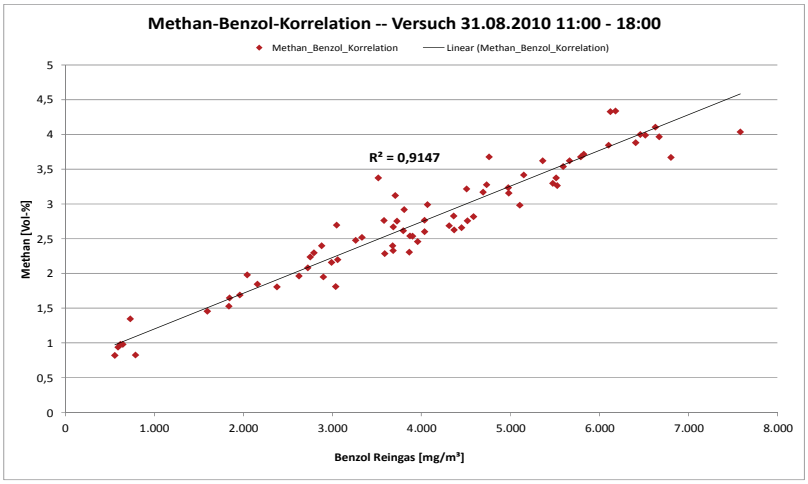
Korrelation (Methan - Benzol) über drei externe Anlagen



AP 8 Einfluss der Oxidations- und Reduktionstemperatur

Energetische Biomassenutzung

Korrelation (Methan - Benzol) an einer Anlage der SWRO



AP 8 Einfluss der Oxidations- und Reduktionstemperatur

Energetische Biomassenutzung

- **Korrelationen sind erkennbar aber zeitversetzt**
- **Korrelationen treten dabei aber in zwei verschiedene Richtungen auf (Benzol steigt bei höheren Temperaturen / Benzol fällt bei höheren Temperaturen)**
- **Die Ursache dafür konnte bisher nicht geklärt werden**
- **Mögliche Erklärungen werden gerne angenommen**

Anschlussprojekte

Energetische Biomassenutzung

- **„Biomassevergasung zur Strom- und Wärmeerzeugung aus beliebiger fester Biomasse“**

  Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

- **„Entwicklung eines Verfahrens zur Vergasung von asche- und chlorhaltiger Biomasse am Beispiel Stroh (stROhgas)“**

  Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

- **„Innovatives bedarfsangepasstes Kommunal-Energieträger-Konzept – IbeKET“**

  Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Projektpartner)

Kontakte

Energetische Biomassenutzung

- **Im Laufe des Projektes wurden zahlreiche Kontakte (sowohl wissenschaftlich als auch technisch) geknüpft**
- **Viele technische Fragen (auch ohne direkten Projektbezug) konnten innerhalb dieses Netzwerkes besprochen werden**

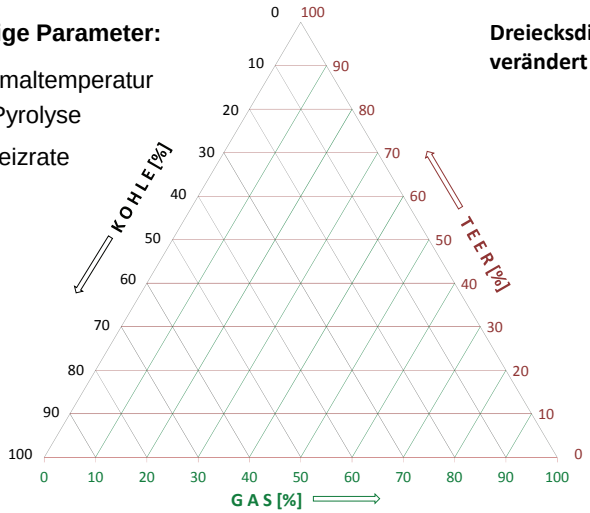
Verwertung

Energetische Biomassenutzung

► **Ergebnisse aus Literaturrecherche und AP 4 - I**

Wichtige Parameter:

- Maximaltemperatur der Pyrolyse
- Aufheizrate



Dreiecksdiagramm verändert nach Overend

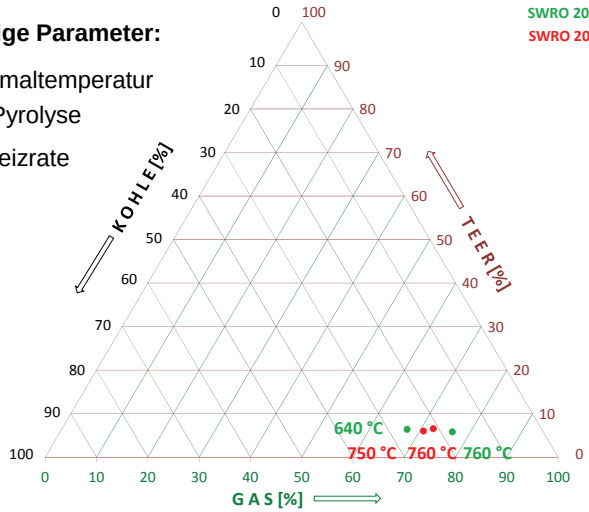
Verwertung

Energetische Biomassenutzung

► **Ergebnisse aus Literaturrecherche und AP 4 - II**

Wichtige Parameter:

- Maximaltemperatur der Pyrolyse
- Aufheizrate



SWRO 2012 (1,8 °C/min): Holz
SWRO 2012 (2,4 °C/min): Holz

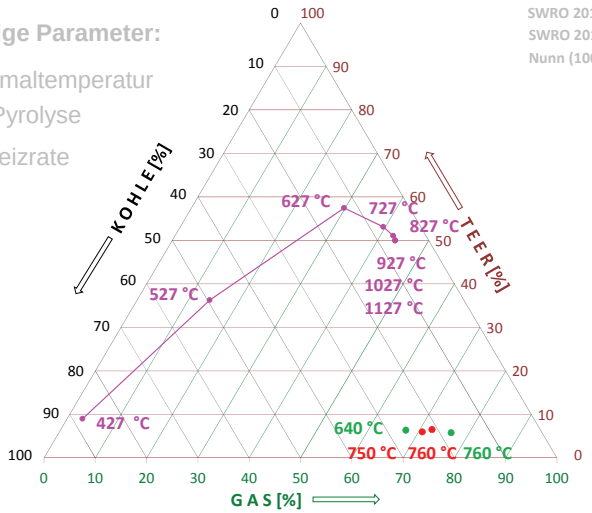
Verwertung

Energetische Biomassenutzung

► Ergebnisse aus Literaturrecherche und AP 4 - III

Wichtige Parameter:

- Maximaltemperatur der Pyrolyse
- Aufheizrate



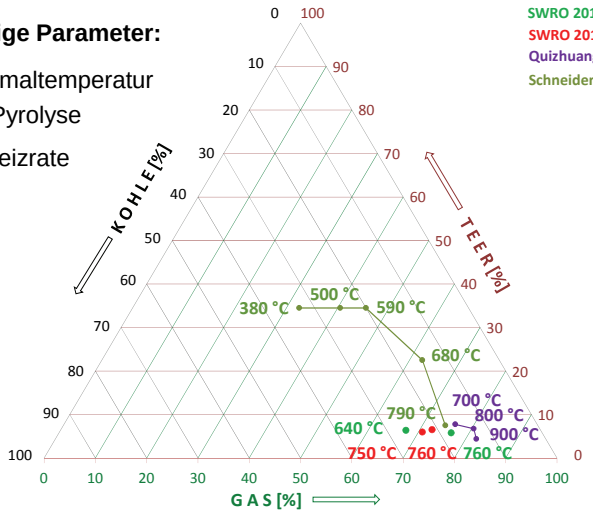
Verwertung

Energetische Biomassenutzung

► **Ergebnisse aus Literaturrecherche und AP 4 - IV**

Wichtige Parameter:

- Maximaltemperatur der Pyrolyse
- Aufheizrate



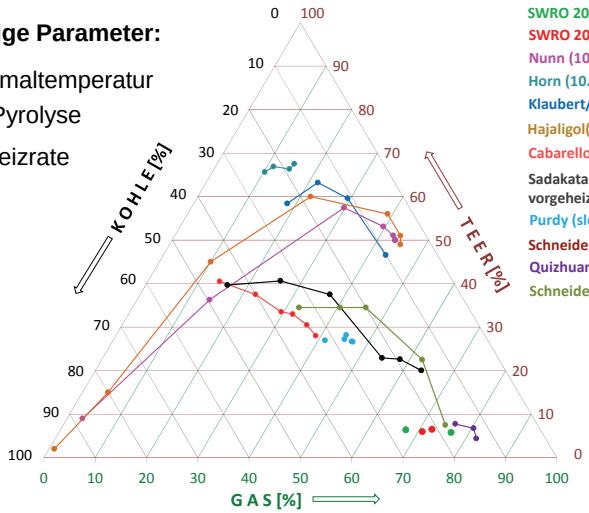
Verwertung

Energetische Biomassenutzung

► **Ergebnisse aus Literaturrecherche und AP 4 - V**

Wichtige Parameter:

- Maximaltemperatur der Pyrolyse
- Aufheizrate

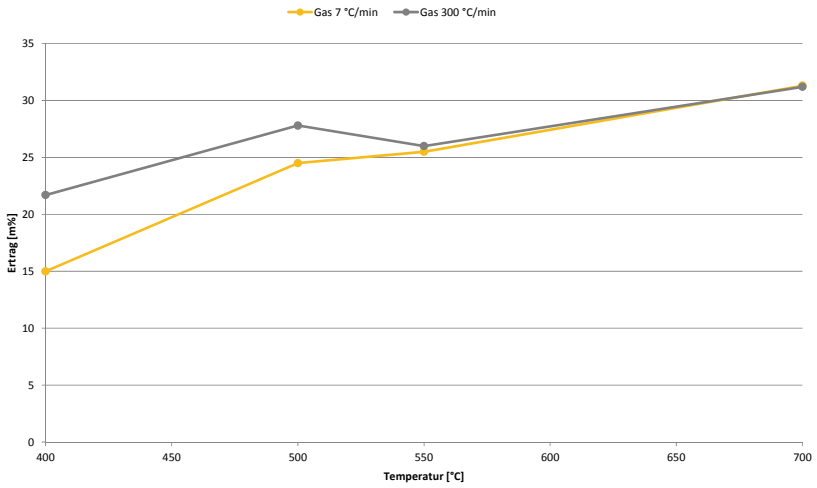


SWRO 2012 (1,8 °C/min): Holz
SWRO 2012 (2,4 °C/min): Holz
Nunn (1000 C°/s): Holz
Horn (10.000 °C/s): Holz
Klaubert/Toft (1000 °C/s): Holz
Hajaligol(1000°C/s): Cellulose
Cabarello (20.000 °C/s): Holz
Sadakata (16,7 °C/s, vorgeheizter Reaktor): Holz
Purdy (slow): Holz
Schneider (slow): Holz
Quizhuang (slow): Holz
Schneider (slow): Holz

Verwertung

Energetische Biomassenutzung

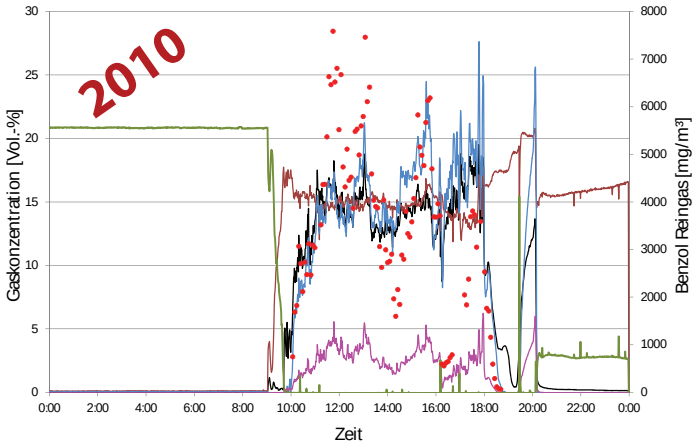
Werte aus der Pyrolyse von Tabak



Verwertung

Energetische Biomassenutzung

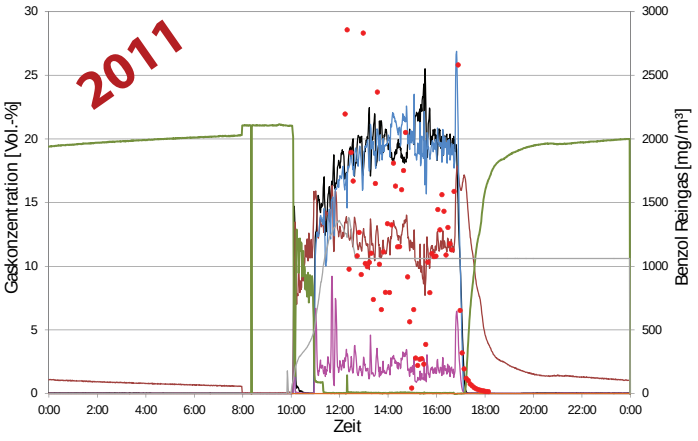
► **Entwicklung unseres Verfahrens - I**



Verwertung

Energetische Biomassenutzung

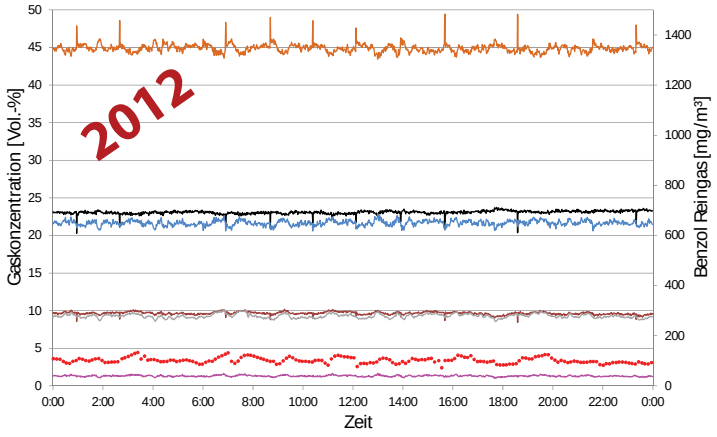
► **Entwicklung unseres Verfahrens - II**



Verwertung – das Ergebnis

Energetische Biomassenutzung

► **Entwicklung unseres Verfahrens - III**



Verwertung – das Ergebnis

Energetische Biomassenutzung

► **Unser Prototyp für den Markteintritt**

Energetische Biomassenutzung

ELER

Freistaat Thüringen

Land Brandenburg

Natur Schutz Fonds

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

„Energieholz & Biodiversität“

– Die Nutzung von Energieholz als Ansatz zur Erhaltung und Entwicklung national bedeutsamer Lebensräume“

FKZ-Nr.: 03KB020A

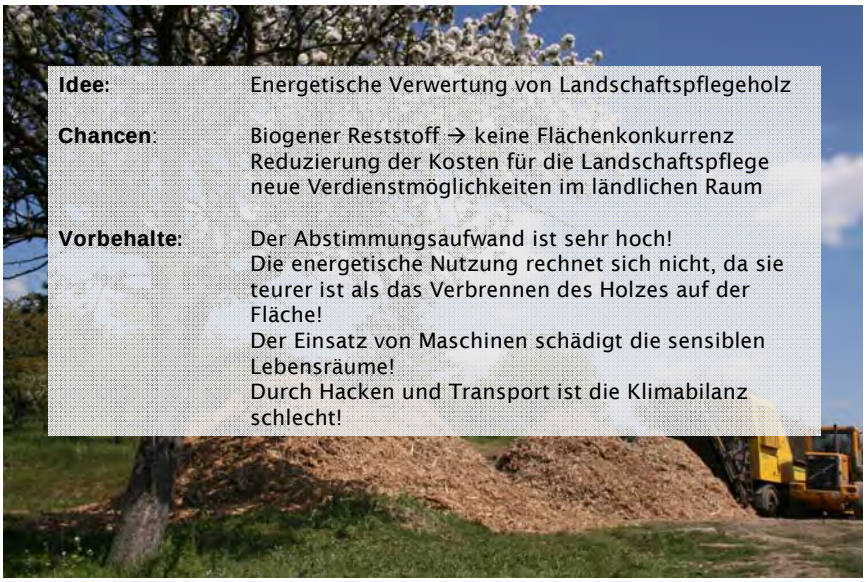
Laufzeit: 01.07.2009-30.09.2013

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Forum III: Dr. Dierk Conrady, Naturstiftung David, Erfurt

„Energieholz & Biodiversität“

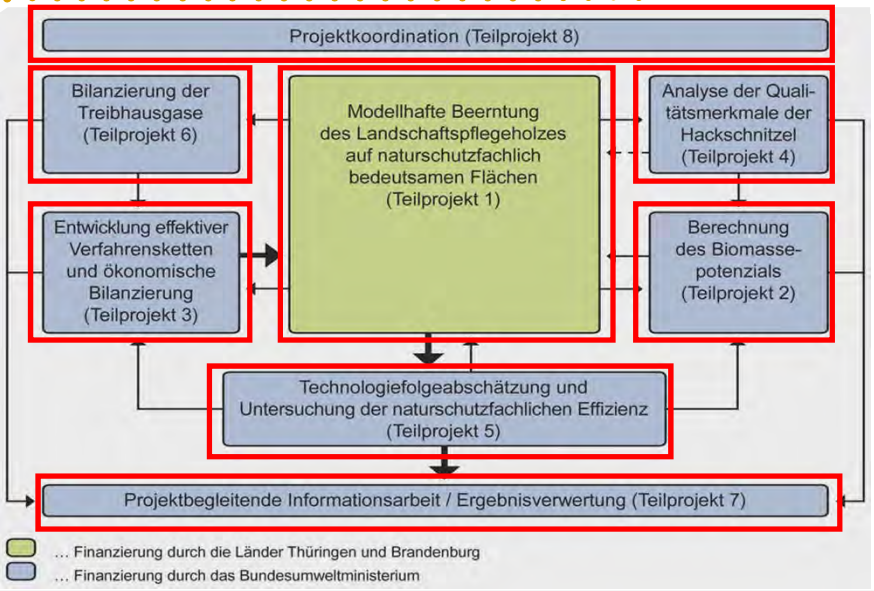
Energetische Biomassenutzung



Idee:	Energetische Verwertung von Landschaftspflegeholz
Chancen:	Biogener Reststoff → keine Flächenkonkurrenz Reduzierung der Kosten für die Landschaftspflege neue Verdienstmöglichkeiten im ländlichen Raum
Vorbehalte:	Der Abstimmungsaufwand ist sehr hoch! Die energetische Nutzung rechnet sich nicht, da sie teurer ist als das Verbrennen des Holzes auf der Fläche! Der Einsatz von Maschinen schädigt die sensiblen Lebensräume! Durch Hacken und Transport ist die Klimabilanz schlecht!

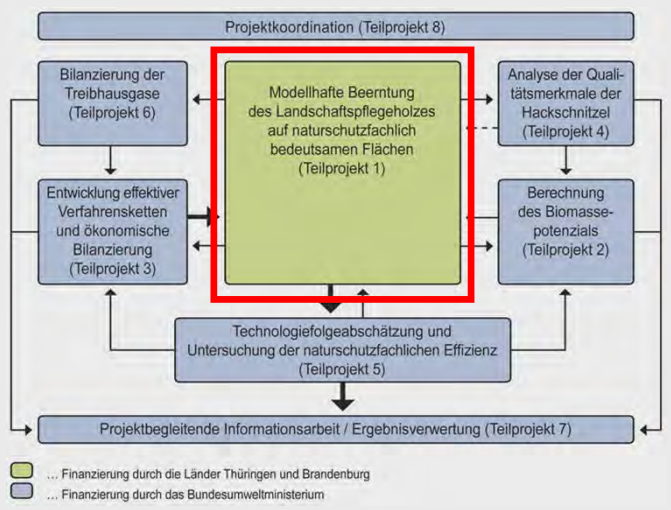
„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung



„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung



Bearbeitung

DAVID

Förderung

ELER

Freistaat Thüringen

Land Brandenburg

Stiftung Natur Schutz Fonds Brandenburg

„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung

Modellflächenkulisse

	Thüringen	Brandenburg
Halb-Trockenrasen	■■■■■■■■■■■■■■■	
Sandtrockenrasen		■■■■■■
Heiden	■■■■	■
Mesophil. Grünland	■■■■■■■■■■■	
Trockenmauern	■■	
Hecken	■	■■

geplant: 41 Modellflächen (33 in Thüringen / 8 in Brandenburg)

realisiert: 35 Modellflächen (26 in Thüringen / 9 in Brandenburg)

Ursache: Hoher Abstimmungsaufwand und Kostensteigerung

→ Unterschied zwischen theoretischem und realem Potenzial (100 % zu 65 %).

Schöneberg / Alt-Galow *(Brandenburg)*

Charlottenhöhe *(Brandenburg)*

„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung

Analyse des Abstimmungsaufwandes

Arbeitsschritte	Stunden (n = 31)			Munition (n = 3)		
	Min.	Med.	Max.	Min.	MW.	Max.
Vorbereitung	7	21	46	46	59	84
Eigentümerabstimmung	0	8	460	0	31	48
Nutzungsartenänderung (TH)	2	8	60	0	0	0
Ausschreibung/Umsetzung	34	63	150	125	145	180
Gesamt	**58**	**95**	**679**	**219**	**235**	**264**

Korrelationen:

Gesamtarbeitsaufwand mit Arbeitsaufwand Eigentümerabstimmung: $R^2 = 0{,}9872$ (*Aktualität der Grundbucheinträge*)

Gesamtarbeitsaufwand mit Arbeitsaufwand Antrag Nutzungsarten-änderung: $R^2 = 0{,}9356$

„Energieholz & Biodiversität“

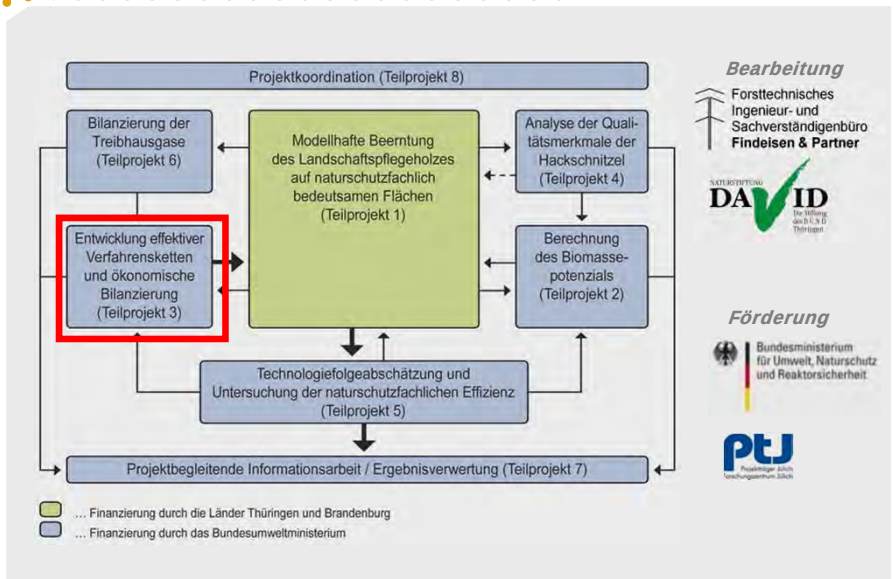
Energetische Biomassenutzung

Schlussfolgerungen:

- Der Abstimmungsaufwand ist deutlich höher als ursprünglich geplant.
- Der Abstimmungsaufwand ist gering bei wenigen Flächeneigentümern ohne Antrag auf Nutzungsartenänderung.
- Aufgrund des hohen Aufwandes wird kein Energieholzunternehmer das Potenzial von sich aus erschließen – Initiative wird immer vom Naturschutz ausgehen müssen.
- Der hohe Aufwand ist unabhängig von der abschließenden Verwendung des Holzes – vielmehr ist er an die Durchführung der Gehölzernte an sich gebunden.

„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung



„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung

Ziel:
Untersuchung vorhandener Verfahrensketten auf Ökonomie, Ergonomie und Ökologie

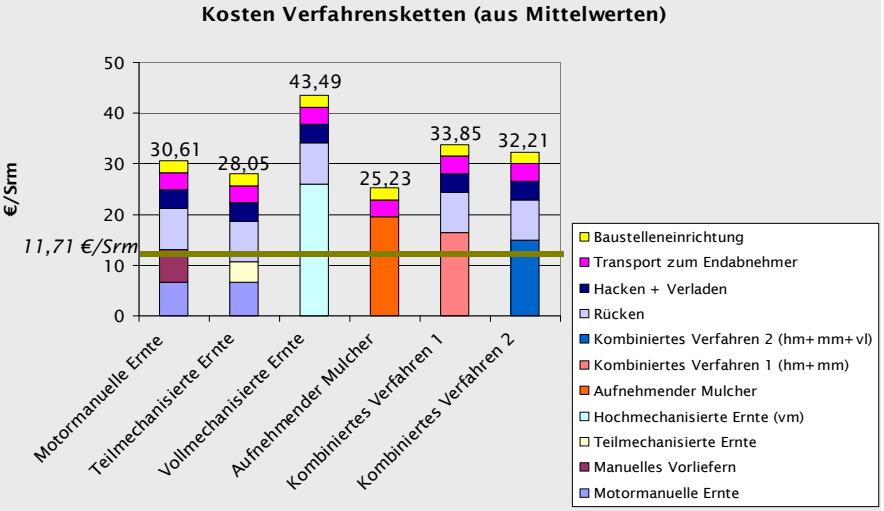
Hintergrund:
1. Eignung der Verfahrensketten für Landschaftspflegeholz
2. Untersuchung von Prototypen
3. Kostenkalkulation jedes Arbeitsschrittes

Herausforderungen:
Hangneigung und bewegte Mikrorelief
heterogener Gehölzaufwuchs
schlechte Erreichbarkeit

Umsetzung:
Testen von 16 verschiedenen Verfahrensketten auf 35 Flächen mit ökonomischer Bilanzierung jedes Verfahrensschrittes

„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung

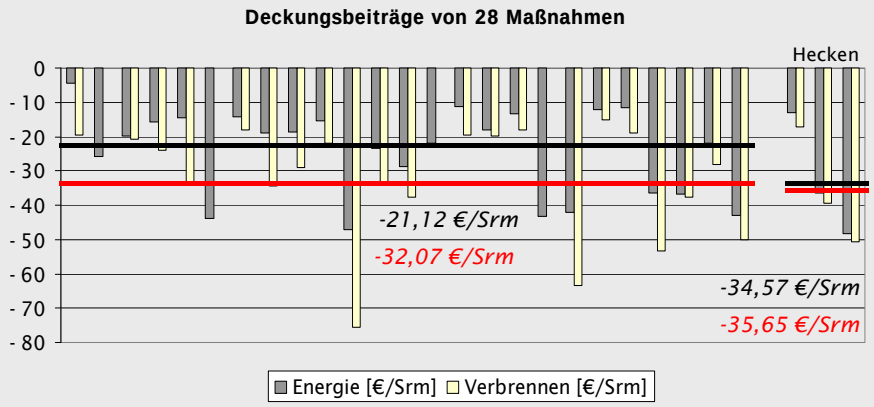


Geerntete Hackschnitzelmenge: rund 15.000 Srm

ø: 237 Srm/ha

„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung



„Energieholz & Biodiversität“

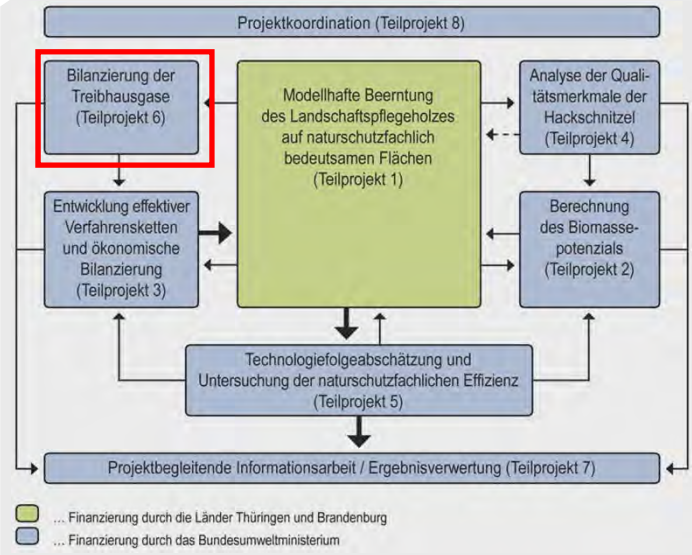
Energetische Biomassenutzung

Schlussfolgerungen

1. Bei der energetischen Nutzung der Gehölze entstehen um 3 – 78 % geringere Kosten im Vergleich zur bisherigen Nutzungsvariante, das Verbrennen des Holzes auf der Fläche (Mittelwert: rund 25 %).
2. Es gibt keine optimale, überall einsetzbare Verfahrenskette.
3. Teil-, hochmechanisierte und kombinierte Verfahren haben Vorteile gegenüber der motormanuellen Variante.
4. Einzelne hochmechanisierte Verfahren bieten großes Optimierungspotenzial.
5. Es gibt immer noch zu wenig angepasste und effiziente Technik sowie konkrete Praxiserfahrungen.

„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung



Bearbeitung

DBFZ

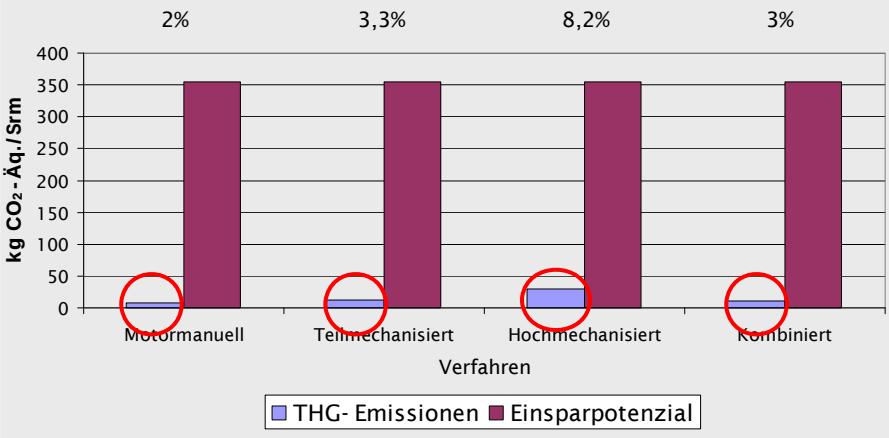
Förderung

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

PtJ

„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung



„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung

Schlussfolgerungen

- Die Treibhausgasbilanz ist sehr positiv;
- Die Verfahrensketten verbrauchten durchschnittlich 4 % der substituierten CO2-Menge;
- Hochmechanisierte Verfahren verbrauchten maximal 8 % der substituierten CO2-Menge;

„Energieholz & Biodiversität“

Energetische Biomassenutzung

Zusammenfassung einiger Ergebnisse:

1. Die vergleichsweise aufwändige Abstimmung ist unabhängig von der Verwertung des Holzes, vielmehr ist sie mit der Gehölzernte verbunden.
2. Die Initiative sollte aufgrund des Arbeitsaufwandes immer von der Naturschutzseite ausgehen, der Energiedienstleister ist lediglich der Partner.
3. Eine energetische Verwertung des Holzes trägt zu einer deutlichen Reduzierung der Kosten für Landschaftspflegemaßnahmen bei.
4. Es gibt keine ideale Verfahrensvariante, allerdings können einige hochmechanische Varianten erheblich weiterentwickelt werden.
5. Der Klimaschutzeffekt ist insgesamt sehr positiv, auch bei umfassendem Technikeinsatz.

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Mehr Informationen unter: www.naturstiftung-david.de/energieholz

biodiversität UND ENERGIEHOLZ

Charakteristische Eigenschaften von Torrefizierungsprodukten in Abhängigkeit vom Torrefizierungsgrad

Philipp Danz[1], Marcus Richter[2], Elham Safaei Takhtehfouladi[1]

[1] Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Arbeitsgruppe Biomasse- und Reststoffnutzung

[2] Hochschule Niederrhein, Fachbereich Chemie

14. November 2013

© Fraunhofer UMSICHT

Fraunhofer UMSICHT

Torrefizierung, was ist das?

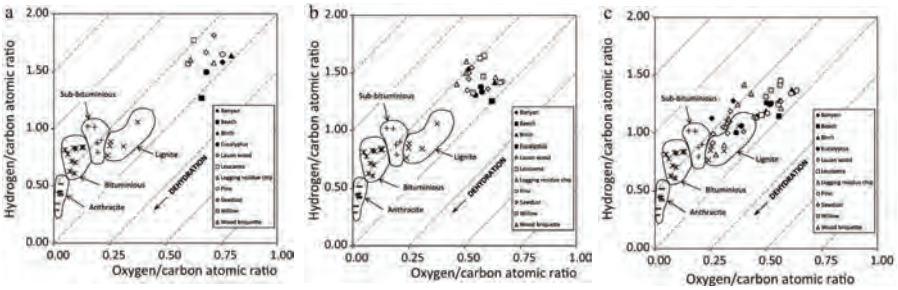
- Erhitzen der Biomasse
- 230…350 °C
- Inerte, bzw. sauerstoffarme Atmosphäre
- Flüchtigenfreisetzung
- 20-60 % Masseverlust (typisch: 30 %)
- Verweilzeiten 80 s…30 min
- Torrefizierte Biomasse, und NICHT Biochar, Biokohle, Koks, ….

Quelle: http://daagar.blogspot.de/

© Fraunhofer

Fraunhofer

Torrefizierungsgrad



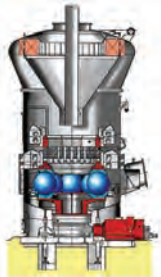
Van Krevelen plot (a) coal sample and untreated biomass, (b) coal samples and torrefied biomass at 200–240 ◦C and (c) coal samples and torrefied biomass at and above 250 °C.
Quelle: J.J. Chew, V. Doshi: Recent advances in biomass pretreatment – Torrefaction fundamentals and technology. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.017

© Fraunhofer

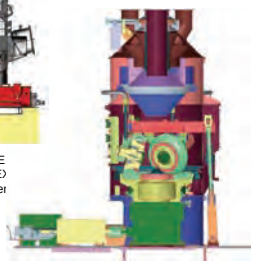
Fraunhofer

Torrefizierung, warum?

- Ziel 1→ Kosten senken!
  - Transportkosten (auf MJ bezogen)
  - Lagerkosten
  - Investitionskosten bei der Mitverbrennung
- Ziel 2 → Mitverbrennung ohne große Leistungseinbußen
  - Flaschenhals Kohlemühle
  - Verbrennungsverhalten wie Kohle?



Quelle: HARDGROVE GRINDABILITY INDE) ACARP, Riverside Cer Australia, 2008.

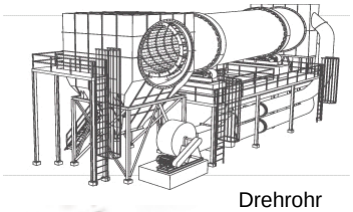


Quelle: Kohlefeuerungssysteme und Komponenten. HITACHI, Duisburg, 2010.

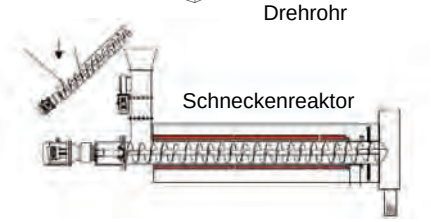
© Fraunhofer

Fraunhofer

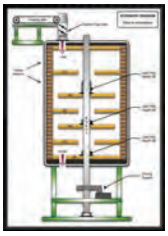
Torrefizierungsapparate



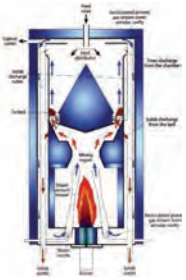
Drehrohr



Schneckenreaktor



Etagenofen



Torbed-Reaktor

Quelle: IEA Bioenergy Task 32 report. Enschede, 2012.

© Fraunhofer

Fraunhofer

Ziel der Analytik?

- Welcher Torrefizierungsgrad ist der richtige?
- „Optimaler“ Masseverlust?
- Wechselwirkung Temperatur / Verweilzeit
- Wie verändern sich
  - Mahlbarkeit,
  - Pelletierbarkeit,
  - Heizwert und
  - Zündverhalten?
- Aufkonzentration der Energie, aber auch
  - Asche, Schwermetalle, Alkalimetalle, Chlor und Schwefel.

© Fraunhofer

Fraunhofer

Vorstellung der Versuchsapparatur:
LOKI – Large-scale Oven for Kinetics Investigation

- Inert
- 20 l/min N_2
- 260…360 °C
- 15…65 % Masseverlust
- Schlagartige & langsame Aufheizung

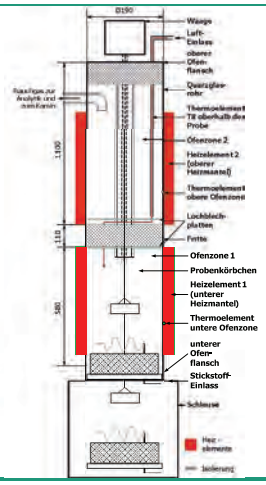
© Fraunhofer

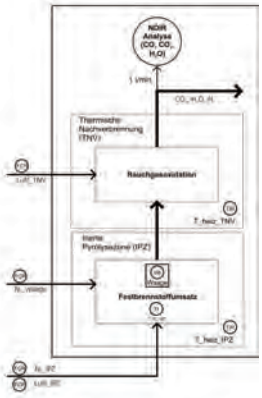
Fraunhofer

Vorstellung der Versuchsapparatur:
LOKI – Large-scale Oven for Kinetics Investigation

Masse

Temperatur



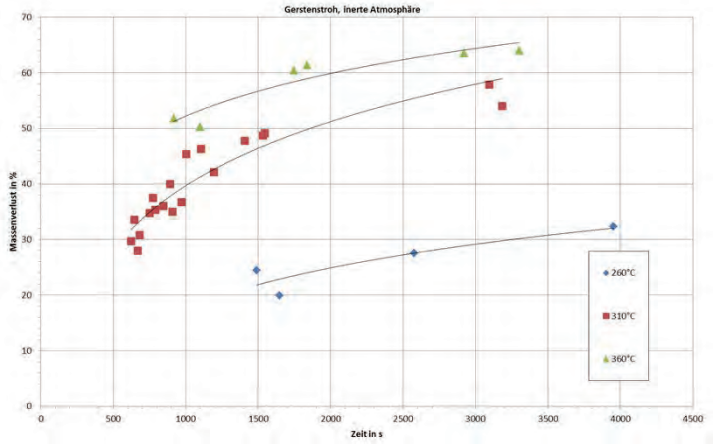


Messstellen-Übersicht

© Fraunhofer

Fraunhofer

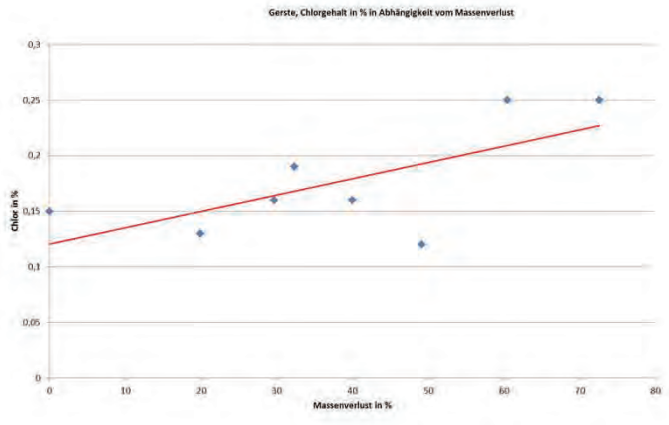
Torrefizierung – Temperaturvergleich bezogen auf Massenverlust am Beispiel Gerstenstroh



© Fraunhofer

Fraunhofer

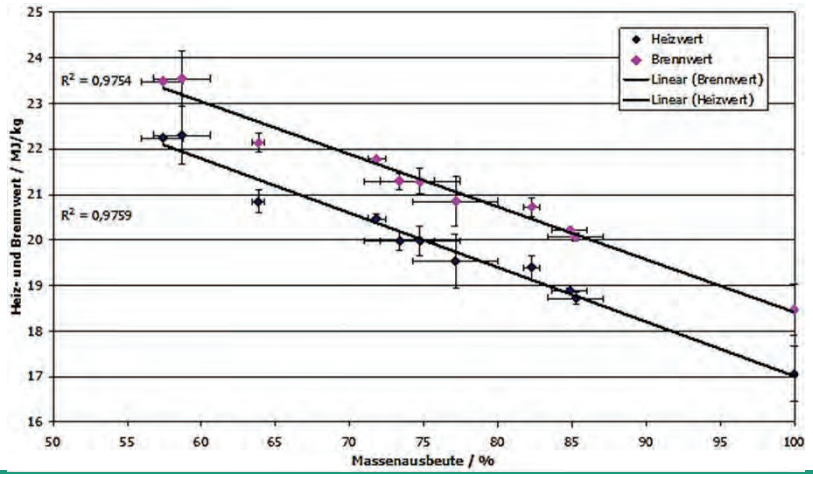
Torrefizierung - Cl-Vergleich am Beispiel Gerstenstroh



© Fraunhofer

Fraunhofer

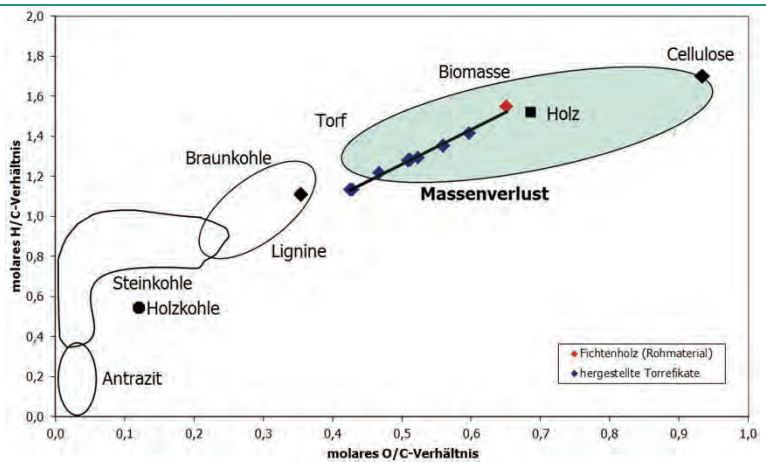
Torrefizierung – Heizwertsteigerung am Beispiel Fichtenholz



© Fraunhofer

Fraunhofer

Torrefizierung – Van Krevelen-Diagramm am Beispiel Fichtenholz



© Fraunhofer

Fraunhofer

Torrefizierung - Mahlbarkeit

- Mahlenergie, Durchsatz oder mittlerer Durchmesser
- HGI
  - Vorzerkleinerung und Fraktionierung (1,18…0,6 mm)
  - Mahlen nach Hardgrove (60 U.) und Siebung (0,075 mm)
- Anpassung notwendig!
  - Korngrößen zu klein für Biomasse
  - Fraktionierung (1,18…0,6 mm) erzeugt Abtrennung „zu schlechter“ und „zu guter“ Torrefikate

Quelle: HARDGROVE GRINDABILITY INDEX. ACARP, Riverside Centre, Australia, 2008.

© Fraunhofer

Fraunhofer

Torrefizierung - Mahlbarkeit

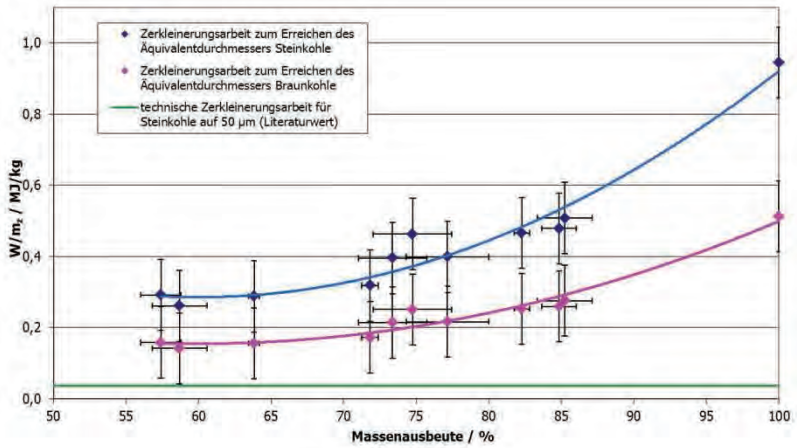
- Anpassung UMSICHT
  - Kugelmühle (erlaubt größere d)
  - Keine, bzw. geringe Vorzerkleinerung
  - Komplette Fraktion
  - Mahldauer so gewählt, dass möglichst breite Korngrößenverteilung darstellbar ist
  - Ermittlung der Korngrößenverteilung, Berechnung des d_{80}, Messung der Mahlenergie

Quelle: www.retsch.de, 2013.

© Fraunhofer

Fraunhofer

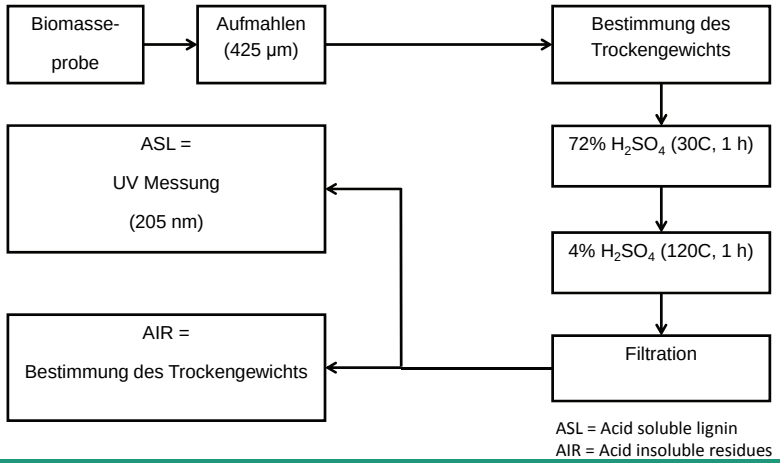
Torrefizierung – Zerkleinerungsarbeit am Beispiel Fichtenholz



© Fraunhofer

Fraunhofer

Torrefizierung – Ligningehalt nach KL-Methode

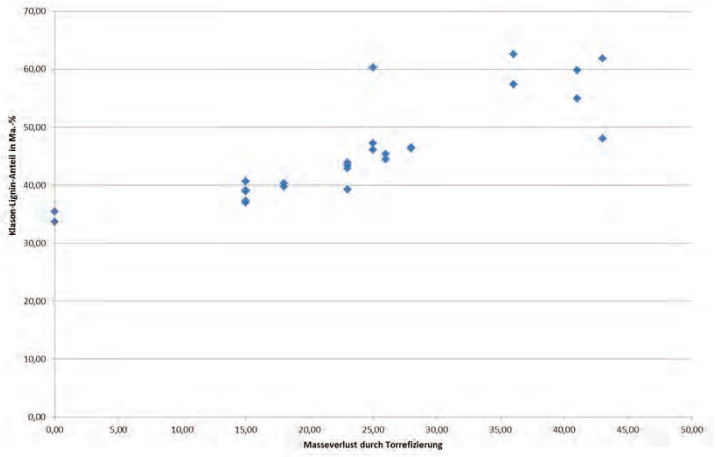


ASL = Acid soluble lignin
AIR = Acid insoluble residues

© Fraunhofer

Fraunhofer

Torrefizierung – Ligningehalt am Beispiel Fichtenholz



© Fraunhofer

Fraunhofer

Torrefizierung - Ausblick

- Ausweitung der betrachteten Parameter
  - Ligningehalt und Ligninstruktur
  - Pelletqualität und Bindemittelbedarf
- Up-scaling der Torrefizierungseraktoren, um größere Mengen bereitstellen zu können
- Entwicklung von Abwärme-Nutzungskonzepten zur Torrefizierung

© Fraunhofer

Fraunhofer

FRAUNHOFER UMSICHT

Arbeitsgruppe Biomasse- und Reststoffnutzung

ICON-Projekt:
Kooperation zwischen Fraunhofer ISE, UMSICHT & IWU, sowie University of British Columbia

Foto: photocase.de

Fragen?

Kontakt:
Fraunhofer UMSICHT
Osterfelder Strasse 3
46047 Oberhausen
Germany
E-Mail: info@umsicht.fraunhofer.de
Internet: http://www.umsicht.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. (FH) Philipp Danz, M. Sc.
Phone: +49 208-8598-1170
E-Mail: philipp.danz@umsicht.fraunhofer.de

© Fraunhofer UMSICHT

Fraunhofer UMSICHT

KL for pure lignin - ASL

$$ASL = \frac{A \cdot D \cdot V}{a \cdot b \cdot M} \cdot 1000 \text{ mg/g}$$

A = Abs. @ 205 nm

D = dilution factor

V = volume of the filtrate (L)

a = extincation coefficient of lignin in L / g.cm (110 L / g.cm acco. to TAPPI UM 250)

b = cuvette path lenght

M = Mass of sample as 100 % dry matter (g)

© Fraunhofer UMSICHT

Fraunhofer UMSICHT

KL for pure lignin - AIR

$$AIR = \frac{m}{M} \cdot 1000 \ \ \mathrm{mg/g}$$

m = the mass increase (g)

M = oven-dry weight of sample before acid hydrolysis

© Fraunhofer UMSICHT

Fraunhofer UMSICHT

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

EST – TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Gefördert durch

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Klimaschutz – DIE BMU KLIMASCHUTZ-INITIATIVE

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

Ermittlung der Reaktionskinetik unterschiedlicher torrefizierter Biomassen

03KB043

Laufzeit: 01.09.2010-28.02.2014

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Grundlagen

Energetische Biomassenutzung

Gase

30 % Masse

10 % Energie

Gravimetrische Energiedichte:

$\frac{0,9}{0,7} = 1,3$

Masse: 100 %

Energie: 100 %

Torrefizierung

200 – 300 °C

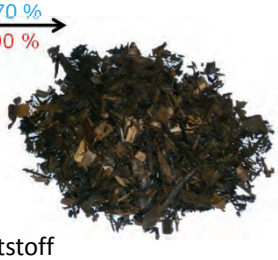
Sauerstoffausschluss

Druck atmosphärisch

15-90 Minuten

Masse: 70 %

Energie: 90 %



Biogene Reststoffe

- Straßenbegleitgrün
- Holzhackschnitzel
- Sägespäne
- …

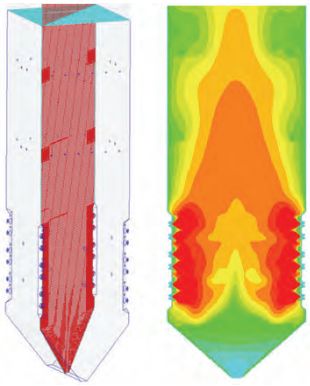
Feststoff

+ Geringeres Transportvolumen
+ Einfachere Mahlbarkeit
+ Bessere Lagereigenschaften

Ziele

Energetische Biomassenutzung

- Qualifizierung torrefizierter biogener Reststoffe für großtechnischen Einsatz in Kraftwerksfeuerungen



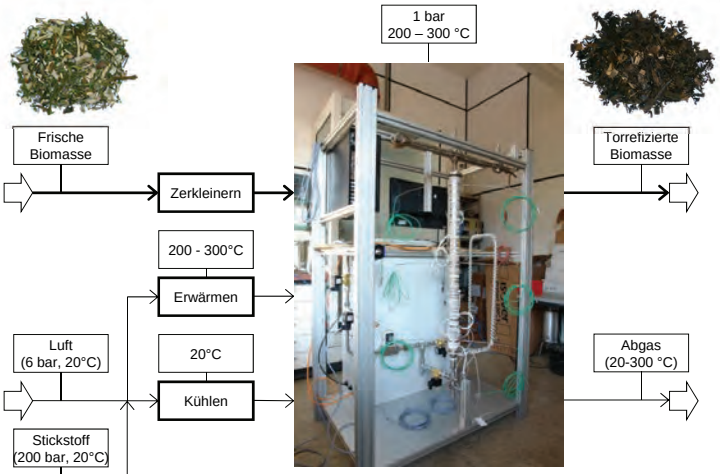
Quelle: EST, TU Darmstadt

www.kraftwerk-mehrum.de

- Vorhersage der Verbrennung mittels Simulation
- Entwicklung und Validierung von Modellen für den Abbrand der Brennstoffe
- Bestimmung der dazu benötigten reaktionskinetischen Parameter

Torrefizierung im Batchreaktor

Energetische Biomassenutzung



D_i = 50 mm	Elektrische Vorheizung 1000 W
H = 835 mm	El. Reaktorheizung 3 x 1000 W
V = 1640,5 cm³	

Biomasseproben

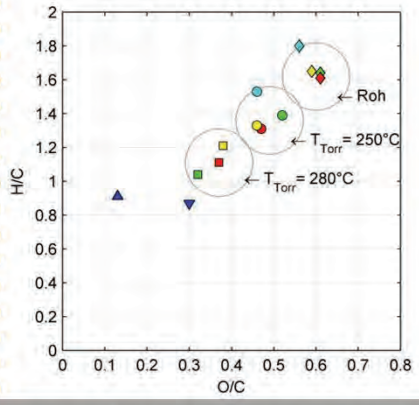
Energetische Biomassenutzung

Buchenholzchips

Hackschnitzel

Straßenbegleitschnitt

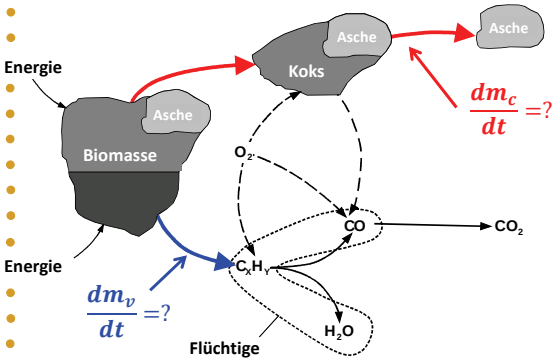
Sägespäne-Mix



- Buche roh
- Bu. T_{Torr} = 250°C
- Bu. T_{Torr} = 280°C
- Hackschnitzel roh
- Ha. T_{Torr} = 250°C
- Ha. T_{Torr} = 280°C
- Straßenbegleitschnitt roh
- Sb. T_{Torr} = 250°C
- Sb. T_{Torr} = 280°C
- Sägespäne-Mix, roh
- Sägespäne-Mix, T_{Torr} = 260°C
- Rheinische Braunkohle
- Steinkohle

Umsetzung von Biomasse

Energetische Biomassenutzung

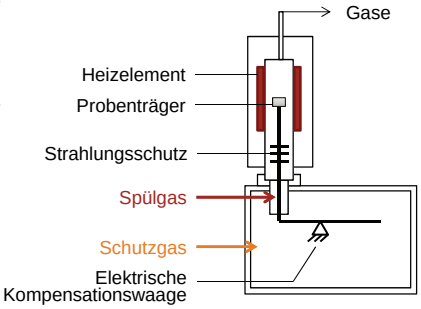


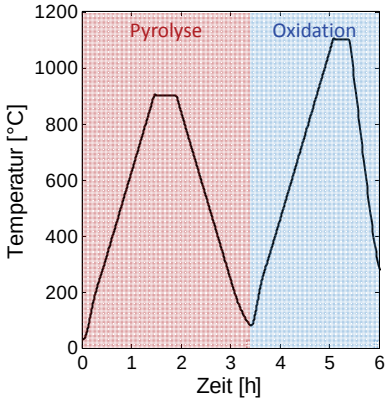
- Reaktionskinetische Parameter für numerische Simulationen sind abhängig von der Torrefizierung der Biomasse
- Ermittlung der Reaktionskinetik mit TGA-Versuchen

Thermogravimetrische Analyse

Energetische Biomassenutzung

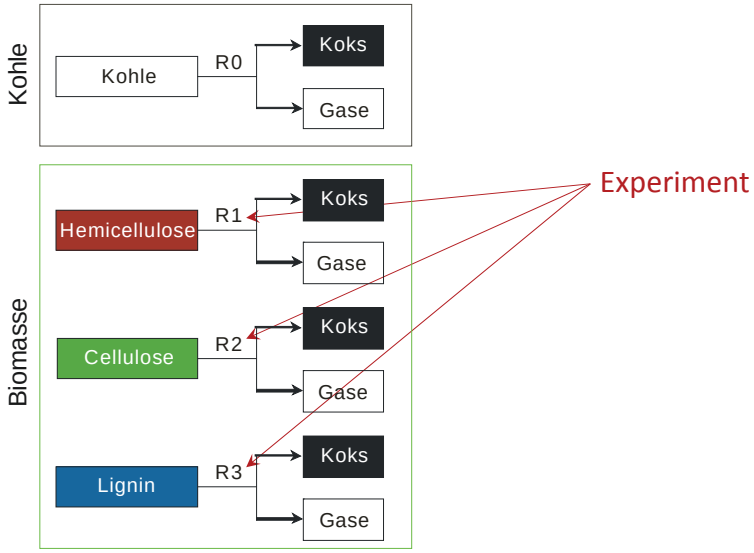
- Einwaage: 30 mg analysenfeuchte Biomasse
- Pyrolyse: Heizrate 10 K/min; 25 – 900 °C; 100 % N_2
- Oxidation: im Anschluss, dynamisch bzw. isotherm





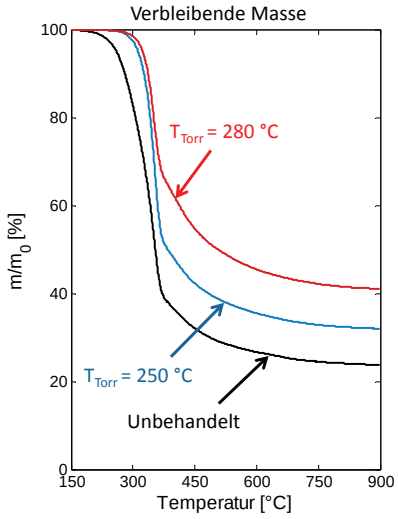
Modellansatz der Pyrolyse

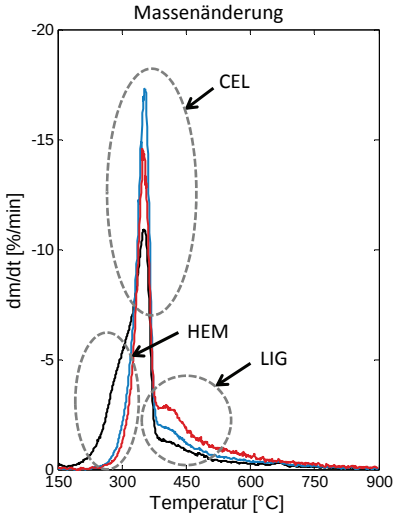
Energetische Biomassenutzung



Pyrolyse - Holzhackschnitzel

Energetische Biomassenutzung

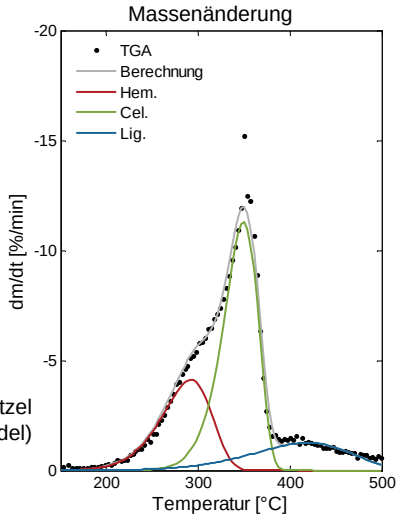




Reaktionskinetik – Mathematischer Fit

Energetische Biomassenutzung

- Komponenten der Biomasse:
  - Hemicellulose (unbehandelte Biomasse)
  - Cellulose
  - Lignin
- Gesuchte Parameter der Komponenten:
  - Massenanteile
  - Reaktionskinetische Parameter E_A, A_0
- Minimierung der Abweichung vom Experiment



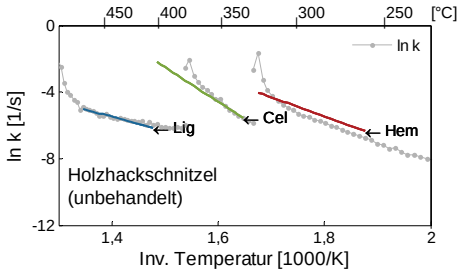
Holzhackschnitzel (unbehandel)

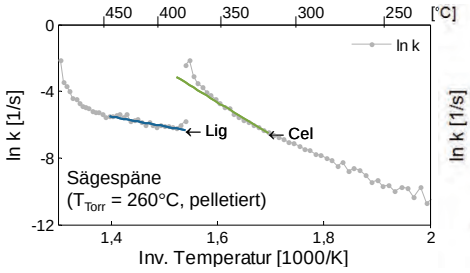
Auswertung erfolgt zwischen 150 °C (nach Trocknung) und 500 °C (< 10 % nicht umgesetzte Flüchtige)

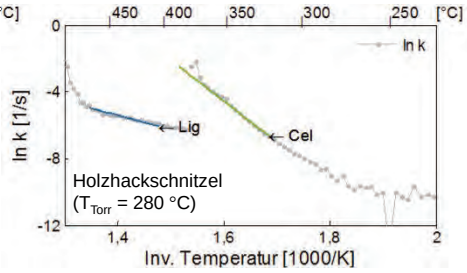
Ergebnisse – Arrhenius-Plots

Energetische Biomassenutzung

- Plot für jede Komponente
- Temperaturbereiche:
  - HEM: 150 – 325 °C
  - CEL: 325 – 375 °C
  - LIG: 375 – 500 °C
  - Berechnung

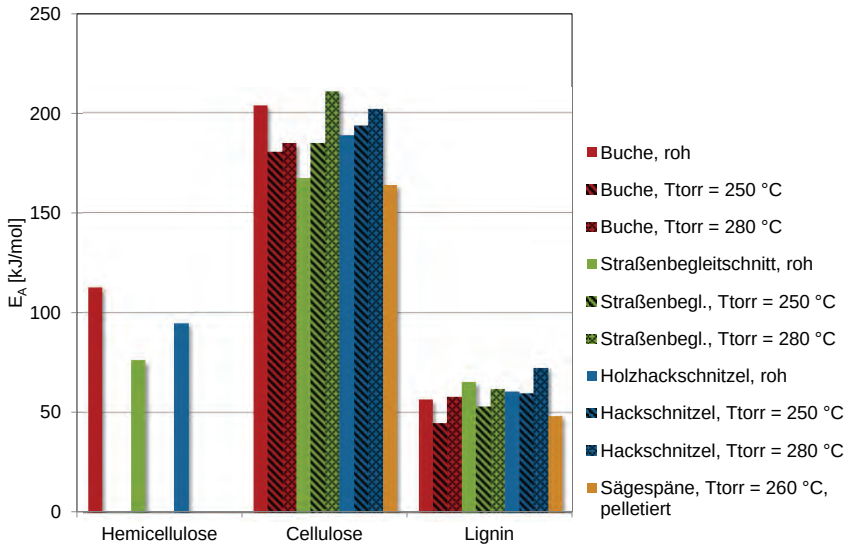






Ergebnisse - Aktivierungsenergien

Energetische Biomassenutzung



Mitverbrennungskonzept

Energetische Biomassenutzung

Ist-Zustand

Szenario: Mitverbrennung, 10 % Biomasseanteil

- Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Hilfe der Annuitätenmethode
- Betrachtungszeitraum: 40 Jahre, Verzinsung der Projekte unterschiedlich
- Stromgestehungskosten als Wirtschaftlichkeitsindikator

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Energetische Biomassenutzung

Pelletierte Holzhackschnitzel

Straßenbegleitschnitt
Wassergehalt ca. 12 %
Preis: 30 € / t

AB Torkapparater

Torrefizierungsreaktor
Skaliert auf 8 t/h
1,85 Mio. €

Kraftwerk Mehrum

Steinkohlekraftwerk
750 MW_{el}
10 % Mitverbrennung

Torrefizierungsprozess
35 – 45 € pro Tonne torrefiziertes Material

Mehrkosten
90 Cent / MWh_{el} bei aktuellen CO_2-Zertifikatspreisen

Ausgleich
Förderung 0,9 Cent / KWh

oder
Zertifikatspreis
6,65 € / Tonne CO_2

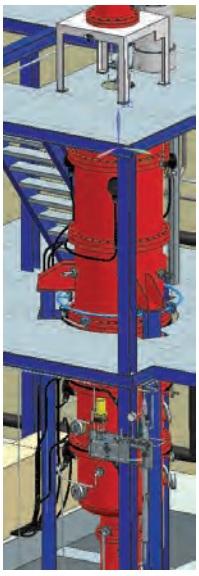
Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

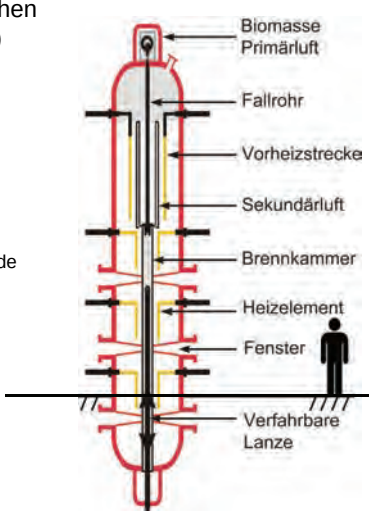
- Torrefizierung verbessert die Eigenschaften von Biomasse hinsichtlich Mitverbrennung in Kraftwerken.
- Mit zunehmendem Torrefizierungsgrad (Temperatur, Verweilzeit) nähern sich die phys./chem. Eigenschaften der Kohle an.
- Kinetische Parameter der Pyrolyse torrefizierter Biomasse wurden durch mathematische Anpassung an TGA-Experimente ermittelt.
  - 3 Komponenten bei Rohbiomasse (HEM, CEL, LIG)
  - 2 Komponenten bei torrefizierter Biomasse (CEL, LIG)
- Kosten der Torrefizierung ca. 35 – 45 € pro Tonne torrefiziertes Material

Ausblick – Messungen im Flugstromreaktor

Energetische Biomassenutzung



- Verbrennung mit realen, hohen Aufheizraten (10^4 – 10^5 K/s)
- Variation von
  - Torrefizierte Biomasse
  - Temperatur
  - Gasatmosphäre
  - Verweilzeit
- Gasanalyse
  - Keramische Gasentnahmesonde
  - O_2, CO_2, CO, SO_2, CH_4
  - COS, H_2S, HCl
- Feststoffanalyse
  - Verfahrbare Entnahmelanze
  - C-, H-, N-, S-Gehalt



Danksagung

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Gefördert durch:

Unterstützt durch die Projektpartner:

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

ZIM impulse für wachstum Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand Netzwerke

BioRes Netzwerk

Projektvorstellung MAIN PELLET
01.03.2013 – 31.05.2015

Entwicklung von Verfahren zur Herstellung hochwertiger Mischpellets, nach DIN EN 14961-6, aus biologischen Reststoffen mit Hilfe von Additiven und Bindemitteln

Ansprechpartner ttz Bremerhaven:

Alexander Schank
Arbeitsgruppenleiter
0471- 80934 150
aschank@ttz-bremerhaven.de

Steffen Noack
Projektleiter
0471- 80934 158
snoack@ttz-bremerhaven.de

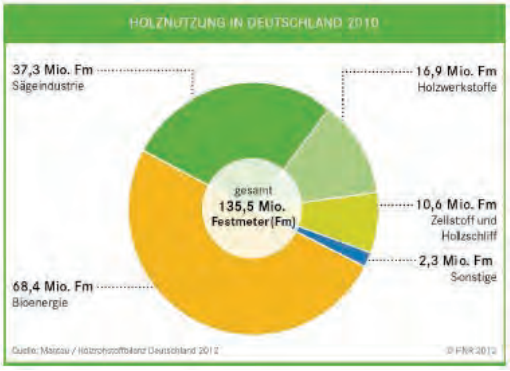
ERC KONZEPTE FÜR DIE ZUKUNFT

PUSCH AG ENERGY COMPANY

ttz Bremerhaven

ttz Bremerhaven

MAIN PELLET – Darstellung des Hintergrundes I



MAIN PELLET – DARSTELLUNG DES HINTERGRUNDES I

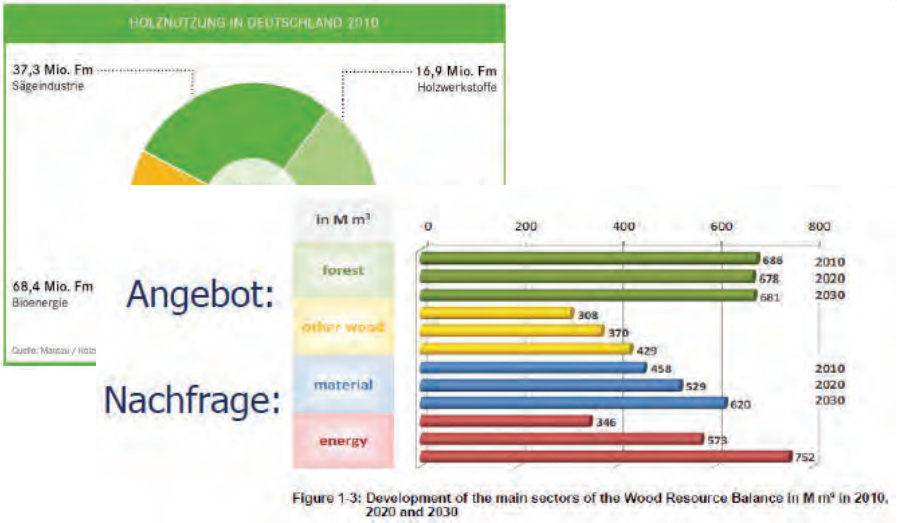


Figure 1-3: Development of the main sectors of the Wood Resource Balance in M m³ in 2010, 2020 and 2030

MAIN PELLET – DARSTELLUNG DES HINTERGRUNDES I

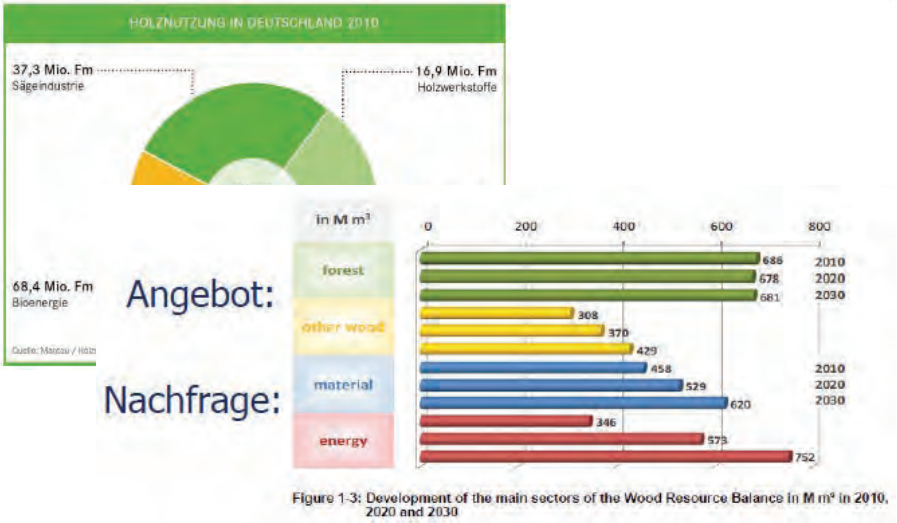
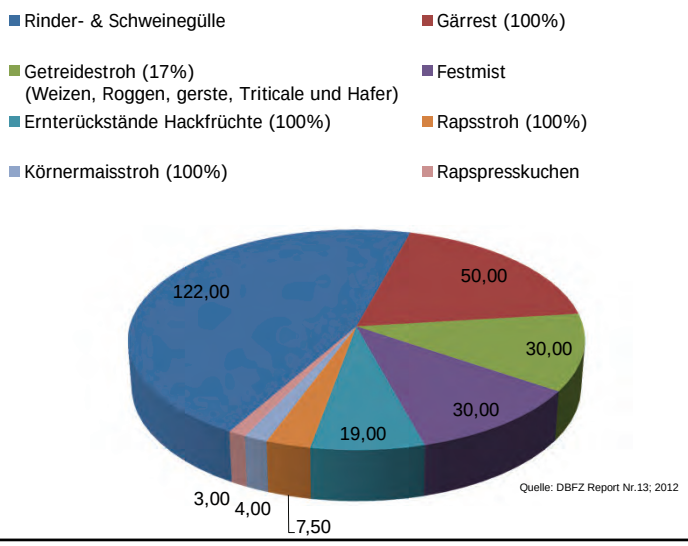


Figure 1-3: Development of the main sectors of the Wood Resource Balance in M m³ in 2010, 2020 and 2030

→ steigende Nachfrage nach Brennstoffalternativen

MAIN PELLET – DARSTELLUNG DES HINTERGRUNDES II

Aufkommen Nebenernteprodukte und Gärrest [Mio. t FM/a]



Quelle: DBFZ Report Nr.13; 2012

MAIN PELLET – ANFORDERUNGEN AN PELLETS

Physikalisch

DIN EN 14961-6

- Wassergehalt
- Aschegehalt
- Heizwert
- Durchmesser u. Länge
- Mechanische Festigkeit
- Feingutanteil
- Schüttdichte

Chemisch

Elementgehalte bzgl.:

- Korrosion
- Ausbrand
- Ascheeigenschaften
- Ausgasung

Ökonomisch

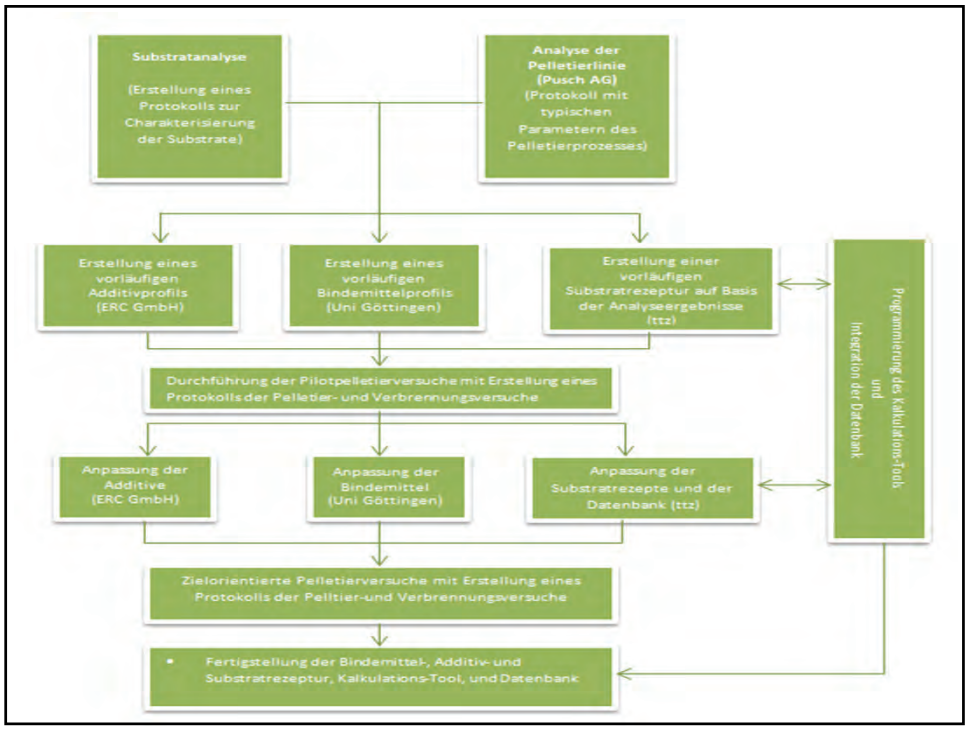
Qualität nach DIN EN 14961-6

- Energiegehalt
- Produktionskosten
- Kosten der Einsatzstoffe (Rohstoffe und Zuschlagstoffe)
- Kosten der Pellets

ttz Bremerhaven

MAIN PELLET – INFORMATIONSFLUSS DER ARBEITSPAKETE

7



MAIN PELLET – DARSTELLUNG DER ARBEITSPAKETE

MAIN PELLET – REZEPTENTWICKLUNG & RECHENSOFTWARE I (TTZ)

Entwicklungsziele:

- Identifikation neuer Verwertungsalternative für biogene Reststoffe
- Erforschung von Substratkombinationen unter Einbezug von Additiven und Bindemitteln
- Entwicklung eines „REZEPTRECHNERS“ für standortbezogene Mixpelletrezepturen
- Datenbankaufbau
- Projektkoordination

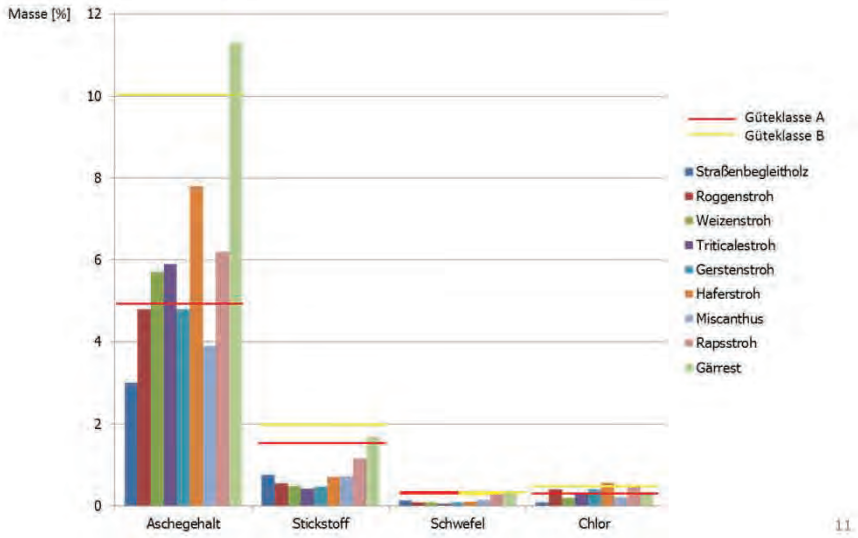
Kriterien:

- Anforderungen der DIN EN 14961-6
- Minimierung der Aschegehalte
- Minimierung der Chlorgehalte
- Analyse der additiv- und bindemittelrelevanten Substrateigenschaften
- mengen-, brennstoff- und gewinnoptimierte Arbeitsweise des Kalkulations- Tools

10

MAIN PELLET – REZEPTENTWICKLUNG & RECHENSOFTWARE II (TTZ)

Substratauswahl und Anforderungen der DIN EN 14961-1



11

MAIN PELLET – REZEPTENTWICKLUNG & RECHENSOFTWARE III (TTZ)

Erste Ergebnisse für Substratkombinationen

(Mischrezeptur aus jeweils zwei Substraten mit gleichen Massenanteilen)

	Rog	Wei	Tri	Ger	Haf	Mis	Rap	Gär
Str								
Rog								
Wei								
Tri								
Ger								
Haf								
Mis								
Rap								

Legende

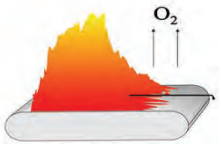
- normkonforme Mischpellets
- normkonforme Mischpellets nicht möglich
- Reduzierung des Chlorgehalts nötig
- Reduzierung des Chlorgehalts und Erhöhung der Schüttdichte nötig
- Mischpellets der Güteklasse B möglich
- Mischpellets der Güteklasse B durch Erhöhung der Schüttdichte
- Mischpellets der Güteklasse B durch Erhöhung der Schüttdichte und Reduzierung des Chloranteils

12

MAIN PELLET – ADDITIVENTWICKLUNG (ERC GMBH)

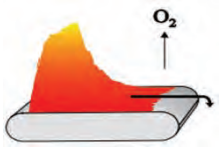
Entwicklungsziele:

- Applikationseinheit
- Additivrezeptur



Kriterien:

- Minderung der CO- und NOx- Bildung
- Minderung der Toxizität der Asche
- Erhöhung der Ascheschmelztemperatur
- Reduzierung der Feinstaubentwicklung



Ansatzpunkte:

- Zugabe von Inerten Anteilen mit hohen Ascheschmelztemperaturen
- Zugabe von mineralischen Additiven, welche mit Aschebestandteilen reagieren
- Zugabe von Katalysatoren

Beispiele für Additivkomponenten:

- Calciumcarbonat, Calciumhydroxid, Kaolin, Katalysatoren

13

MAIN PELLET – BINDEMITTELENTWICKLUNG (UNIVERSITÄT GÖTTINGEN)

Entwicklungsziele:

- Identifizierung geeigneter Bindemittel
- Gewährleistung der Lager- und Transportfähigkeit der Pellets
- Schaffung von Verwertungsalternitven für industrielle Reststoffe

Kriterien:

- Anforderung der DIN EN 14961-6 bzgl. mechan. Festigkeit, Feingutanteil, Abrieb
- Konditionierungsbedingungen (Einwirkzeit, Benetzung, Dosiermöglichkeit)
- Pelletierbedingungen (Temperatur)
- Abkühl-/ Erstarrungsverhalten
- Möglichkeiten der Minderung von Emissionen während der Lagerung der Pellets

Mögliche Bindemittel

- Wasser / Wasserdampf
- Pflanzliches Stearin (Wachse)
- Molasse
- Cellulosefaser
- Pflanzliche Stärke

Weitere:

- Weizenproteine
- Kartoffelpülpe
- Getreidemehl aus Reinigungsrückständen
- Technische Lignine

14

MAIN PELLET – ENTWICKLUNG DOSIEREINHEIT (PUSCH AG + ERC GMBH)

Entwicklungsziele: - zuverlässige Dosiereinheit für Additive und Bindemittel

Kriterien:

- wartungsarme und störunanfällige Betriebsweise
- Übertragbarkeit auf konventionelle Pelletierlinien
- kostengünstig
- Unterschiede bezüglich der Viskositäten der Additive und Bindemittel

Ansatzpunkte:

- Konkrete Aussagen über die technische Realisierung erst nach Präzisierung der Additiv- und Bindemittelkomponenten möglich

15

MAIN PELLET – HERAUSFORDERUNGEN

- Anforderung der Güteklasse A sind schwer zu erfüllen
- Asche- und Chlorkriterium als Herausforderung (Gerste-, Haferstroh, Gärrest)
- Beeinflussung des Ascheschmelzverhaltens in starkem Zusammenhang mit Erhöhung der Aschegehalte
- die Ergebnisse des Projekts sind abhängig von den Testsubstraten
- mit steigenden Marktpreisen für Brennstoffe erweitern sich die Einsatzmöglichkeiten der Zusatzstoffe

16

MAIN PELLET – AUSBLICK

angestrebte Absatzmärkte:

- Deutsche und europäische Kommunen zur effizienten Nutzung von Biomassenströmen
- Industrieunternehmen mit großen Mengen an organischen Reststoffen (z.B. Biokraftstoffproduktion)
- Entsorgungsunternehmen in Ballungsräumen mit Verwertungsbedarf von Landschaftspflegematerial
- Agrargenossenschaften mit hohen Aufkommen von Biomassereststoffen

17

TTZ BREMERHAVEN - WEITERE VORHABEN I

CoPAS - Brennstoffpellets aus regionalen Reststoffen:

abc advanced biomass concepts

Nehlsen saubere Leistung

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

RESPEL - Innovatives Reinigungs- und Aufbereitungsverfahren für biogene Abfall- und Reststoffe zur Herstellung von Brennstoffen:

FAS

Werner Sicher und sauber durch's Jahr

Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

18

TTZ BREMERHAVEN - WEITERE VORHABEN II

Innovationsnetzwerk Mitverbrennung:

SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH

Fraunhofer UMSICHT

PUSCH AG ENERGY COMPANY

SUNCOAL

gwi Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.

bvse Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V.

BGS e.V.

PCM Green Energy

VATTENFALL

VGB PowerTech

19

FORSCHUNG FÜR MEHR LEBENSQUALITÄT

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Ansprechpartner ttz Bremerhaven
Alexander Schank
Steffen Noack

Fischkai 1
D-27572 Bremerhaven
fon: +49 (0)471 / 80934 150 bzw. 158
fax: +49 (0)471 / 80934 599

aschank@ttz-bremerhaven.de
snoack@ttz-bremerhaven.de
www.ttz-bremerhaven.de

LignoGen GmbH

Thermische Anlagen

Untersuchungen zur Heißgasfiltration von Produktgasen aus Biomasse-Vergasungsprozessen in Kombination mit katalytischem Teer-Cracken

14.11.2013
Statuskonferenz Energetische Biomassenutzung
Forum 3

Dr. Jürgen Sitzmann
Hans Leibold (KIT), Robert Mai (KIT), Jens Markgraf (LignoGen)

Problemstellung

- **Minderwertige biogene Brennstoffe mit hohem Anteil an Schadstoffen***
  - K, Na, Cl, S: Aerosolbildner, Kondensationskeime zur Feinstaubbildung
  - Cl & S: Korrosion, Vergiftung von Katalysatoren, SO_x im Abgas
  - Cl: Dioxinbildung in Verbindung mit Aromaten (DeNovo Synthese)
  - KCl / NaCl: Schmelzpunkt 773 °C/801°C; Schlackebildung an Wärmetauschern
- **Aschereiche Eintragsgüter limitieren Vergasungstemperatur (T<900 °C)**
  - Hoher K-Gehalt, Eutektikabildung in den Aschen

➨ **Hohe Teergehalte im Produktgas durch niedrige Vergasungstemperaturen**

Brennstoff	Asche (%)	N-Gehalt (%)	S-Gehalt (%)	Cl-Gehalt (mg/kg)	K-Gehalt (mg/kg)
Holzpellets	0,4	0,1	0,02	10	180
Laub	12,9	0,6	0,38	530	6790
Gärreste	14,4	2,1	0,29	2080	16000
Pferdemist	15,6	1,1	0,19	2760	21300

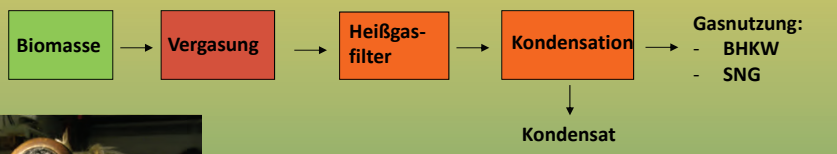
* Werte übernommen von H. Hartmann, TFZ Straubing

Konzepte zur Vergasung und Verwertung minderwertiger Brennstoffe

LignoGen

Lösungsansatz Heißgasfiltration:

- Abscheidung partikelförmiger Schadstoffe (Staub, Koks, Ruß) bei Prozesstemperatur
- Abtrennung des partikelfreien, fließfähigen Kondensats



Kombination von kondensierenden Teeren und Stäuben führt zu Ablagerungen in Wärmetauschern und Rohrleitungen

Mit Heißgasfilter:

- ➢ Fließfähige Kondensate, keine Beläge und Anbackungen
- ➢ Schutz von nachgeschalteten Anlagenkomponenten (Wärmetauscher, Aerosolabscheider, Rohrleitungen)
- ➢ Vereinfachtes Design von Wärmetauscher und Teerwäscher, Aerosolabscheider

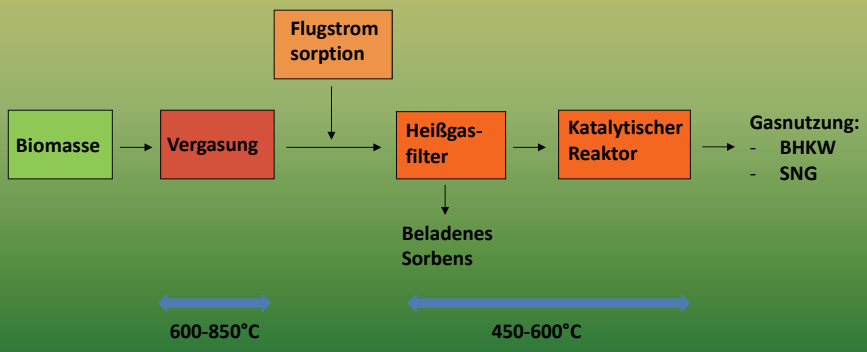
Konzepte zur Vergasung und Verwertung minderwertiger Brennstoffe

LignoGen

Lösungsansatz:

1. **Kombinierte Staub- und Schadgasabscheidung** im Heißgasfilter

2. **Katalytischer Sekundär-Reaktor** zur vollständigen Überführung der Teere in Permanentgase



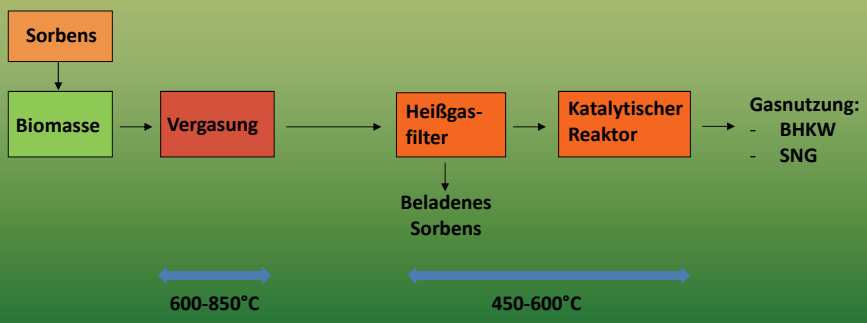
Konzepte zur Vergasung und Verwertung minderwertiger Brennstoffe

LignoGen

Lösungsansatz:

1. **Kombinierte Staub- und Schadgasabscheidung** im Heißgasfilter
2. **Katalytischer Sekundär-Reaktor** zur vollständigen Überführung der Teere in Permanentgase

Option 1: Beimischung des Sorbens zum Brennstoff



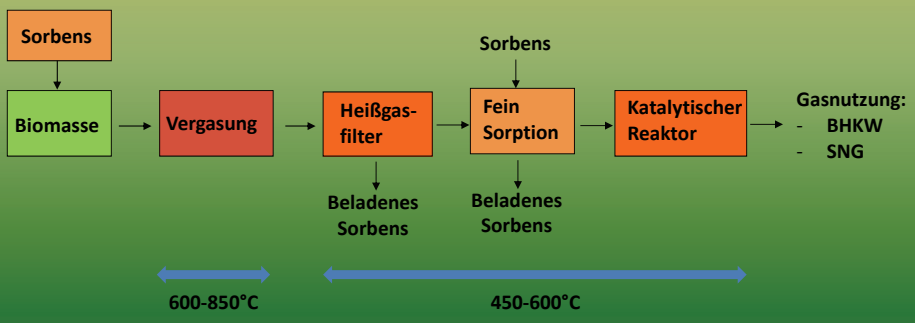
Konzepte zur Vergasung und Verwertung minderwertiger Brennstoffe

LignoGen

Lösungsansatz:

1. **Kombinierte Staub- und Schadgasabscheidung** im Heißgasfilter
2. **Katalytischer Sekundär-Reaktor** zur vollständigen Überführung der Teere in Permanentgase

Option 2: Zusätzliche Festbettsorption nach Filter zum Polishing



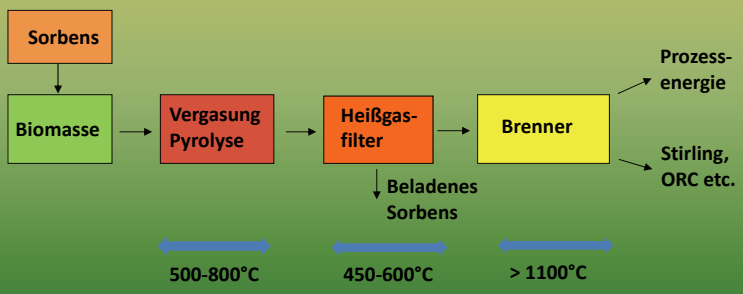
Konzept zur Verbrennung minderwertiger Brennstoffe

LignoGen

Lösungsansatz:

1. **Kombinierte Staub- und Schadgasabscheidung** bei Vergasungs-/Pyrolysebedingungen
2. **Stationäre Verbrennung** der Schwelgase bei hohen Temperaturen

Direkte Verbrennung der teerhaltigen Produktgase

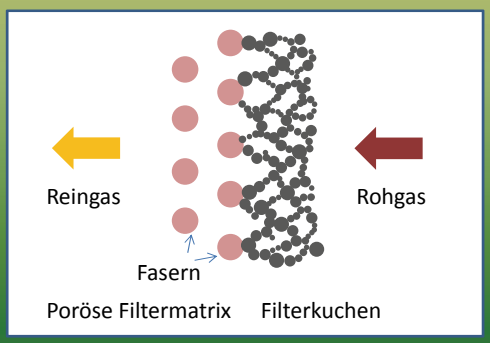


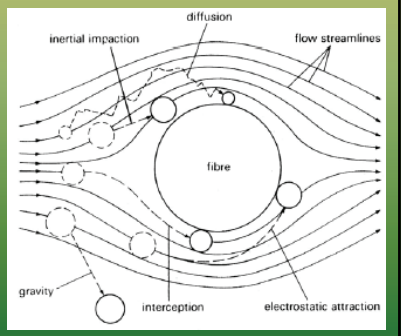
Kennzeichen der Heißgasfiltration

LignoGen

Temperaturen > 350°C (VDI 3677-3)
Starre Filterelemente
- Faserkeramik (Al-Silikat, Ca-Silikat)
- Kornkeramik (SiC Tragstruktur mit Al-Silikat Membran)
- Sintermetallfilter (Korn, Faservliese)

Gesamtabscheidegrad > 99,9%
Staubbeladung Reingas < 2mg/m^3

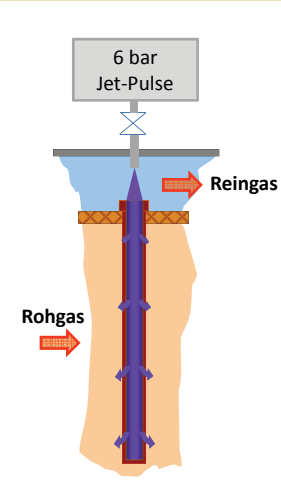




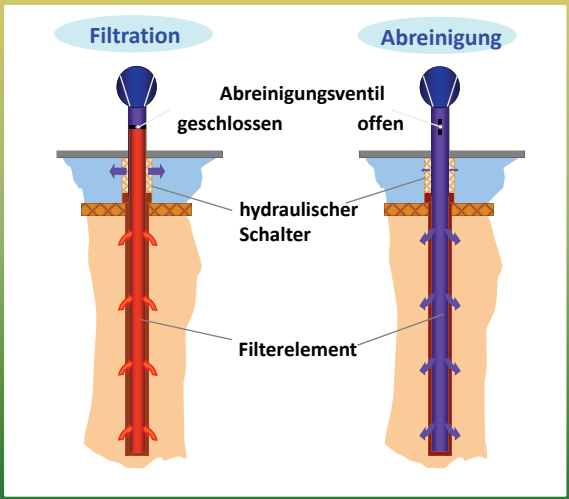
Filterregenerierung

LignoGen

Jet-Pulse Abreinigung



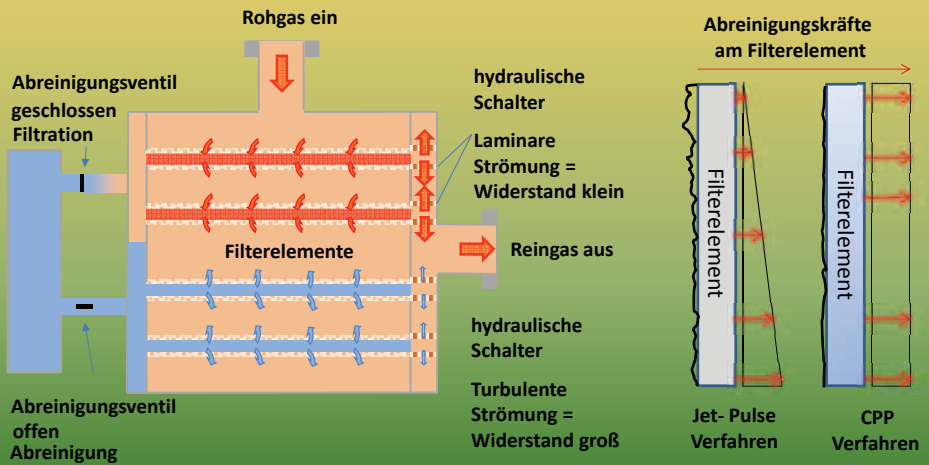
Coupled Pressure Pulse Abreinigung



Skizze übernommen von H. Leibold, KIT

Coupled Pressure Pulse Abreinigung

LignoGen



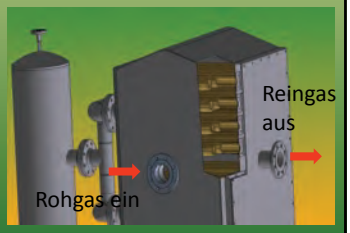
Patentiertes
Verfahren vom

KIT Karlsruher Institut für Technologie

Lignogen Heißgasfilter Prüfstand

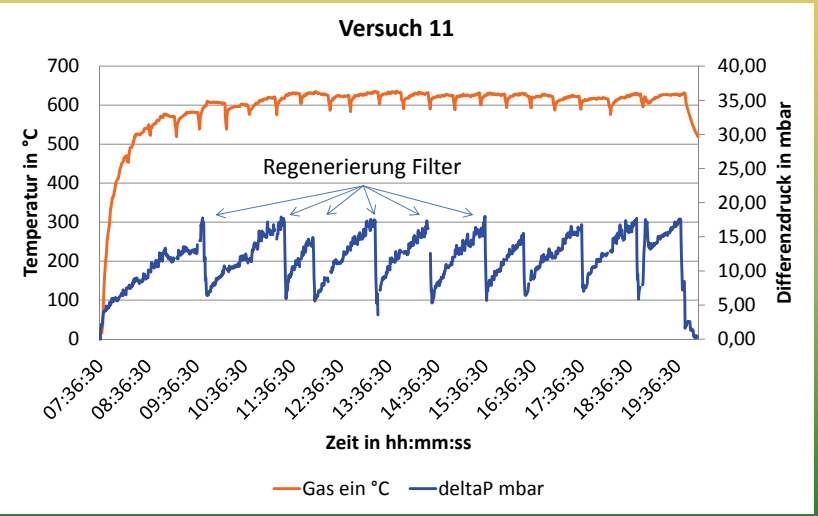
LignoGen

Betriebstemperatur:	650°C
Gasstrom:	180 Nm^3/h
Rückspülgas:	N_2
Rückspüldruck:	0,5 bar
Filterelemente:	Al_2O_3/SiO_2 horizontal



Auswertung Prüfstandbetrieb HGF

LignoGen



Auswertung Prüfstandbetrieb HGF

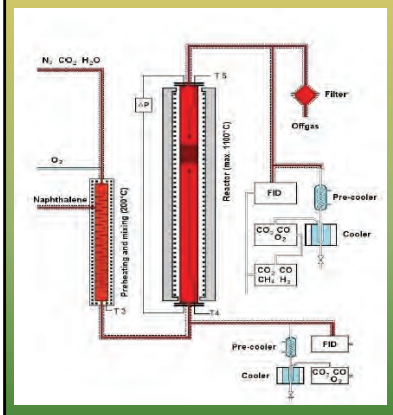
Gaseintritt Wärmetauscher

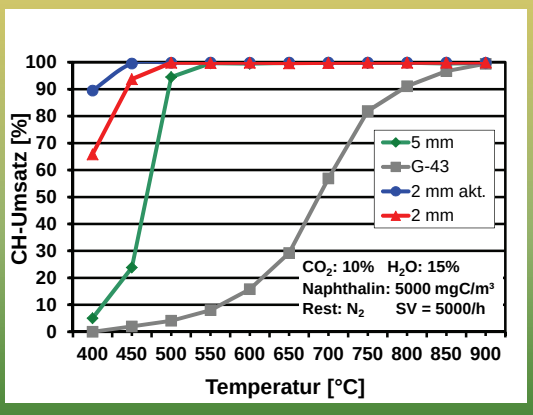
- Stabilisierung des Differenzdrucks < 30 mbar
- Online Regenerierung etwa 1 mal/Stunde
- Keine festen Staubpartikel identifizierbar
- Teere sind fließfähig
- Rohrbündelwärmetauscher frei
- Blaue Gasflamme

Gasaustritt Wärmetauscher

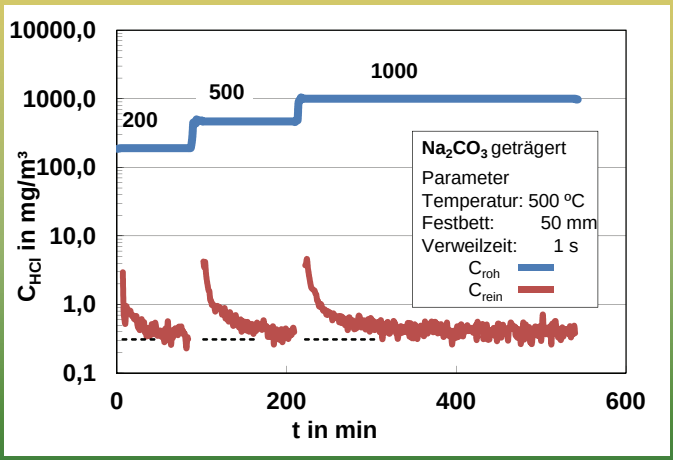
Gasflamme in Brennkammer

Laborergebnisse Niedertemperaturkatalysator





Laborergebnisse Hochtemperatur Chlor-Sorption



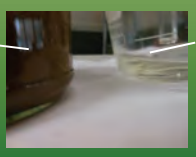
Prüfstandergebnisse Niedertemperaturkatalysator

Voruntersuchungen im slipstream Reaktor nach Heißgasfilter

Einsatzstoff:	Holzhackschnitzel G30
Vol. Sek.-Reaktor:	0,34 dm³
Temperatur Kat:	600°C
Raumgeschwindigkeit:	5000 1/h

Ergebnis: Wässriges, klares Kondensat
alkalisch (pH 9)
keine Aromaten nachweisbar
derzeit: Aufbau der Analytik Gas- und Teeranalytik

Teerkondensat nach Heißgasfilter



Kondensat nach NT-Kat

Vorteile einer trockenen Gasreinigung

- Vermeidung von Feinstaub- und Schadgasemissionen bei der Nutzung biogener Reststoffe
- Vermeidung von Exergieverlusten durch Abkühlung der Gase zur Schwefel/Chlorabscheidung und anschließendem Wiederaufheizen für nachfolgende Prozesse (Teer-Cracken, SNG-Synthese)

Vorteile des katalytischen Teer-Konverters

- Heizwert der Teere wird in Produktgas überführt
  = höherer Gesamtwirkungsgrad
- Teerfreie Gase ermöglichen den Einsatz hocheffizienter BHKW
  = höherer elektrischer Wirkungsgrad
- Weniger Ausfallzeiten der Anlagentechnik (Pumpen teerhaltiger Flüssigkeiten)
- Keine okö-toxischen Abwasserströme

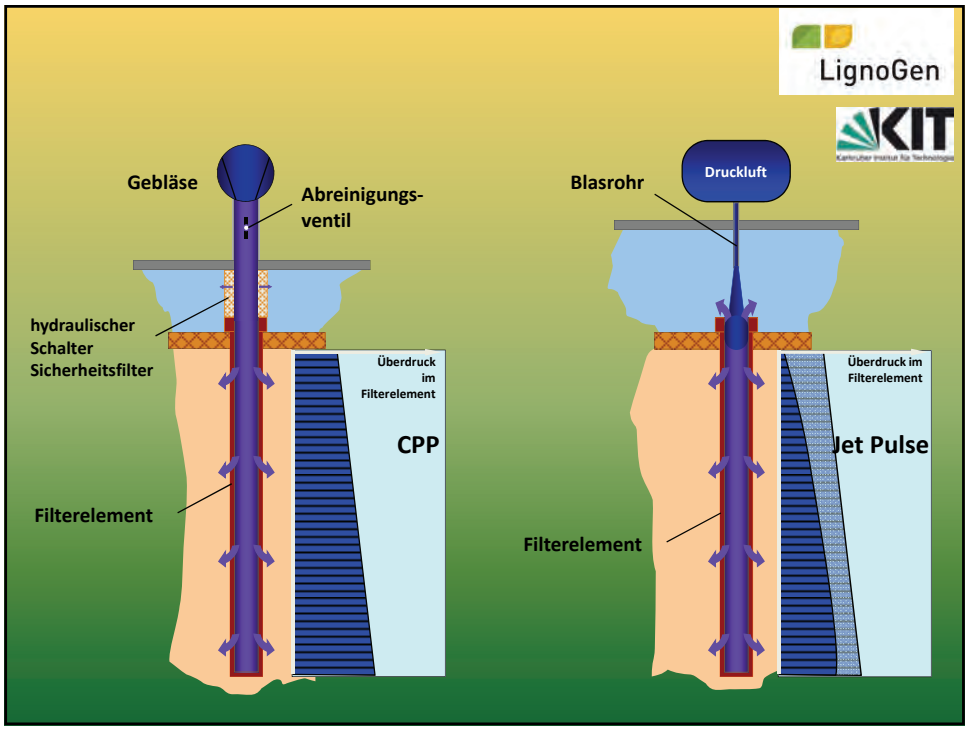
Weiterer Forschungsbedarf

Die wichtigste Inhalte sind…….

- Standzeit und Regeneration des Niedertemperatur-Katalysators
- Vergiftung des Kats durch Schwefel und Chlorverbindungen
- Auswahl geeigneter Sorbentien zur Entfernung von Chlor und Schwefel, Tests verschiedener Betriebsbedingungen und optimaler Abscheideleistung
- Technische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Sorbentien, Katalysatoren und Prozessparameter

LignoGen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Forum 4

Flexible Bioenergie-bereitstellung

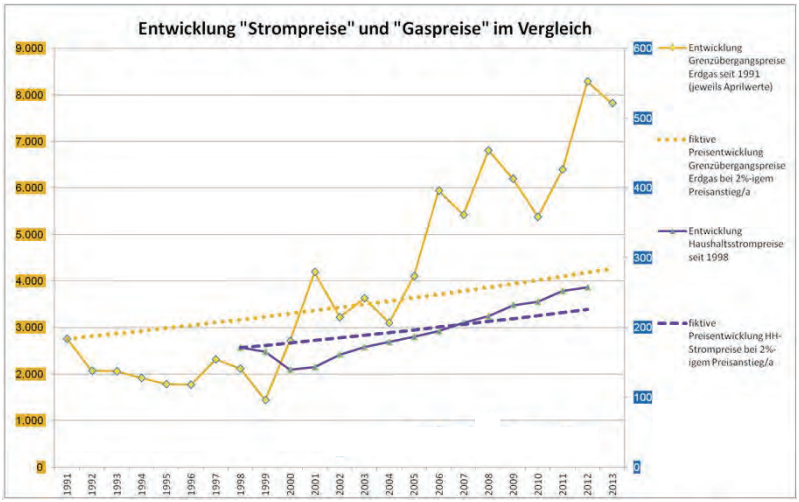
Energetische Biomassenutzung

Beitrag der Bioenergie zur Energiewende aus energiewirtschaftlicher Sicht

Eva Hauser und Bernhard Wern

mit Unterstützung durch Uwe Leprich, Frank Baur, Florian Noll, Hermann Guss, Andreas Hemmerling und Christoph Schneider

Vorbemerkung



Thesen:

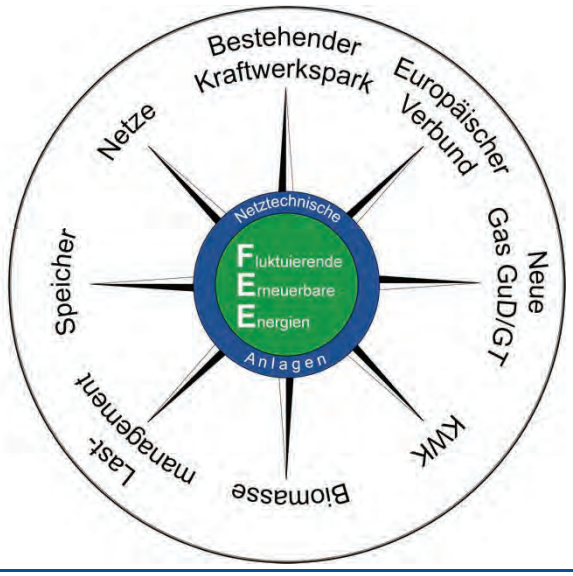
Der Ausbau der EE führt zu einer partiellen Entkopplung des Strompreises von der Entwicklung der Preise fossiler Energieträger.

Unser Problem sind viel weniger die Preise für Strom als die für Wärme oder Mobilität!

Aktuelle Spannungsfelder der Biomasse-Nutzung

- die stoffliche Dimension
  (quantitative nachhaltige Rohstoffverfügbarkeit?)
- die energiewirtschaftliche Dimension
  (Umbau des Energiesystems auf EE?)
- die technische Dimension
  (qualitative + wirtschaftliche Rohstoffverfügbarkeit?)
- die gesellschaftspolitische Dimension
  (Fragen der Akzeptanz, Naturschutz?)

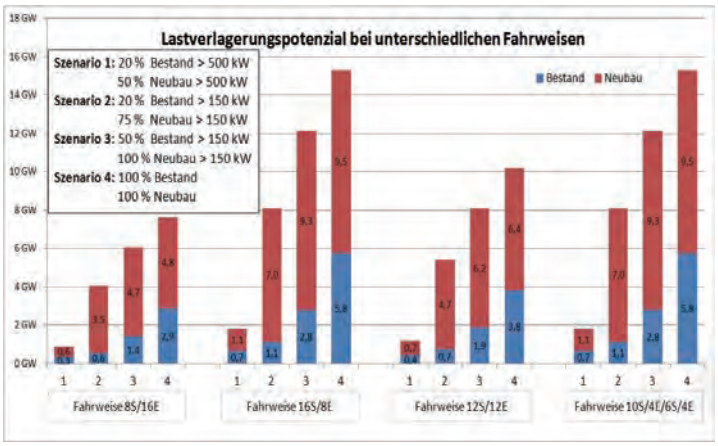
Zukünftige Rolle und Erlöskomponenten der Bioenergie



Flexibilisierungsziele: Überblick

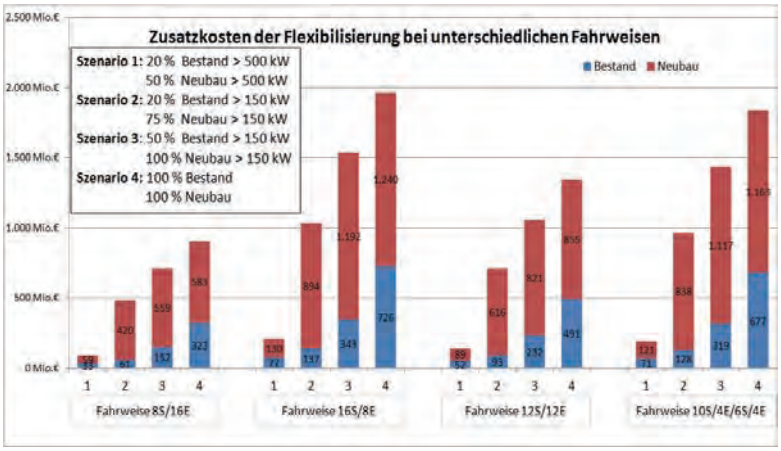
- **Mögliche Flexibilisierungsziele für Bioenergieanlagen (Diese entsprechen gleichzeitig jeweils möglichen weiteren oder neuen Finanzierungsquellen für Bioenergieanlagen):**
  - Erbringung von Residuallast (positiv und negativ)
  - Bereitstellung von Primärregelenergie
  - Bereitstellung von Sekundärregelenergie
  - Bereitstellung von Minutenregelenergie
  - Bereitstellung von weiteren Systemdienstleistungen

Lastverlagerungspotenzial von Biogas



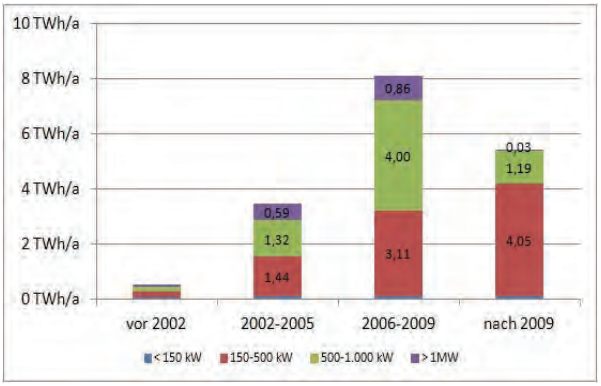
Lastverlagerungspotenzial von Biogas bei unterschiedlichen Fahrweisen in 2020; für Neubau gilt BEE Szenario

Kosten der Flexibilisierung für Biogas



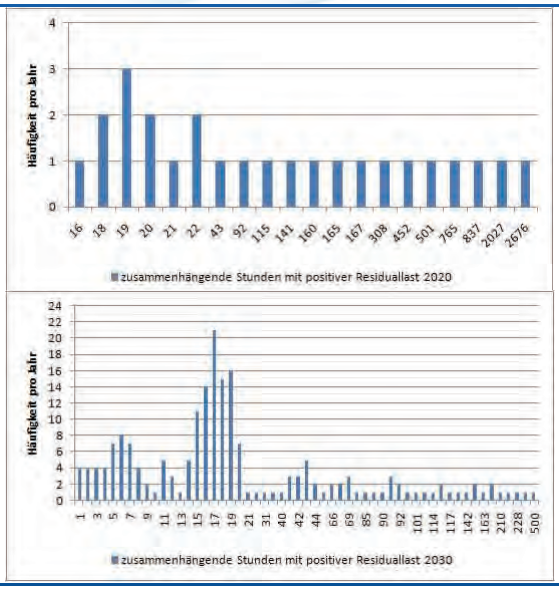
Gesamtkosten der Flexibilisierung bei konventionellem Gasspeicher

Flexibilisierungspotenziale Bestand (Biogas)



Zeitlich definierte Biogas-Anlagencluster im Hinblick auf die Austauschbarkeit von BHKW

Notwendige Dauern positiver Residuallasterbringung in 2020



Im Jahr 2020 sollten noch Intervalle von einmal 111 Tagen und einmal 84 Tagen ohne FEE-bedingte positive Residuallasten auftreten.

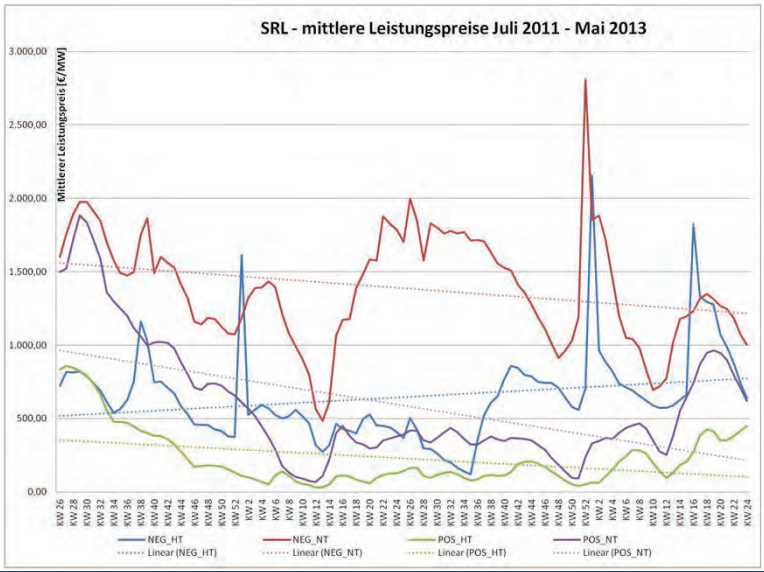
In 2030 ändert sich diese Situation. Dann könnte das längste Intervall ohne FEE-bedingte Unterbrechungen 62 Tage lang, das zweitlängste 28Tage lang sein.
Spätestens dann wird die Bioenergie ihre Rolle als Flexibilitätsoption vollständig erbringen müssen!

Weichenstellungen hierfür heute notwendig!

Teilfazit: Flexibilisierungsziel Residuallastbereitstellung

- **Die Bereitstellung negativer Residuallast spielt bis zum Jahr 2020 nur eine untergeordnete Rolle. Stattdessen werden noch viele Intervalle auftreten, in denen große Teile der Bioenergie wegen der positiven Residuallast (inkl. der ausgekoppelten Wärme) benötigt werden.**
- **Es ist in den allermeisten Fällen nicht davon auszugehen, dass eine Vermarktbarkeit der Bioenergieanlagen in den heute bestehenden Kilowattstundenmärkten erzielt werden kann.**
- **Die Orientierung politischer Maßnahmen zur Eröffnung weiterer energiewirtschaftlicher Finanzierungsquellen ausschließlich an der ‚Marktfähigkeit' erscheint daher als unangemessen.**
- **Dementsprechend sollten auch Konzepte verfolgt werden, die dies auch ohne Teilnahme in der Direktvermarktung ermöglichen.**

Entwicklung der SRL-Preise seit Juli 2011



Quelle: www.regelleistung.net

Vergütung Strom aus Biogas

Vergütung [ct/kWh]	Zubau [ct/kWh]					
Inbetriebnahmejahr	<=70	>70 - <=150	>150 - <=500	>500 - <=1000	>1000	Gesamt
1988	0,0	11,7	0,0	0,0	0,0	11,7
1991	0,0	19,2	0,0	0,0	0,0	19,2
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1994	20,5	23,0	0,0	0,0	0,0	22,2
1995	21,9	22,7	16,3	12,4	0,0	14,9
1996	20,4	23,0	19,9	9,2	9,2	14,6
1997	23,1	22,2	12,5	0,0	5,5	14,1
1998	23,2	23,0	14,0	15,0	10,4	15,4
1999	22,2	22,7	18,0	13,3	0,0	16,1
2000	22,7	22,2	18,5	14,0	15,1	17,5
2001	22,8	22,0	20,3	16,3	9,4	18,1
2002	23,2	22,1	19,3	14,0	11,4	16,7
2003	20,4	21,0	17,8	18,8	0,0	18,6
2004	23,2	23,1	20,7	17,9	7,1	16,2
2005	22,6	23,3	20,6	18,2	14,4	18,8
2006	22,8	23,0	19,9	17,0	14,7	17,8
2007	23,9	22,6	19,2	14,6	11,9	15,6
2008	22,2	23,2	20,3	17,1	13,4	17,6
2009	24,1	25,5	22,6	20,0	14,8	21,9
2010	24,6	24,6	21,5	18,9	16,1	21,0
2011	23,8	23,5	20,6	18,4	14,9	20,1

©IZES gGmbH 2013

Fazit: Bewertung der Flexibilisierungsziele

- **Ein rapider Kapazitätsausbau *bei den Bestandsanlagen* im Rahmen der Systemtransformation bis 2020 ist nicht die dringlichste Priorität. Hier sollten andere Schwerpunkte gesetzt werden:**
  - **partiellen Flexibilisierung**
  - **verstärkte Einsatzfähigkeit z.B. in den Regelenergiemärkten als Ersatz fossiler Must-Run-Anlagen**
- **für Neuanlagen hingegen können höhere Anforderungen an die Flexibilisierung gestellt werden**
- **Weder Marktfähigkeit der Bioenergieanlagen noch ausschließliche Erbringung von Spitzenresiduallast (gleiche erbrachte Arbeit aus mehr installierter Leistung) sollten den einzigen Fokus politischer Maßnahmen bilden.**
- **Die Forderung nach einer ‚verpflichtenden Direktvermarktung' sollte nur in einem Kontext eines ‚Gesamtpaketes' zur Refinanzierung der Bioenergie erhoben werden.**
- **Notwendig sind Konzepte, die umso stärker die Vorhaltung bestehender Kapazität (für weitere Notwendigkeiten der Systemtransformation) honorieren, auch wenn diese kurz- und mittelfristig mit einer Reduktion der eingespeisten Arbeit einhergeht.**
- **Bei der Nutzung von Biomasse in KWK Systemen muss vor dem Hintergrund stark steigender fossiler Preise die Wärme prioritär gedacht werden.**

Thesen zur Biomasse-Nutzung

- Die „Flexibilisierbarkeit" und die multifunktionale Nutzbarkeit sind nach wie vor der große Vorteil der Bioenergie.
- Speziell Biogas kann zu konkurrenzfähigen Kosten wichtige Aufgaben im Rahmen der Flexibilisierbarkeit in nennenswertem Umfang wahrnehmen.
- Die Finanzierung dieser Aufgaben muss zeitnah geklärt werden.
- Die zukünftige Rolle von Biomasse der stoffliche Nutzung, im Wärmemarkt sowie im Kraftstoffsektor wird kontrovers diskutiert und bedarf dringend einer Klarstellung.
- Es bedarf einer stärkeren Verzahnung von Strom- und Wärmebereitstellung; diesbezüglich sind ergänzende lenkende Effekte zur Realisierung von z.B. Wärmenetzen erforderlich.
- Die Kostendiskussion im Bereich der Bioenergie muss dringend die zusätzlichen Effekte aufgreifen, welche abseits der Strombereitstellung durch die Biomasse initiiert werden (Klimaschutz im Agrarsektor, Abfallwirtschaft, Entwicklung ländl. Räume, etc.).

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES)

Altenkesselerstr. 17, Gebäude A1
66115 Saarbrücken
Tel. 0681 – 9762 840
Fax 0681 – 9762 850
hauser@zes.de
Homepage www.izes.de

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von DBFZ NEXT KRAFTWERKE

Gefördert durch

Koordiniert vom PTJ

Wissenschaftlich begleitet vom DBFZ

Entwicklung und Praxiserfahrung der bedarfsgerechten Strombereitstellung aus Biogas

FKZ-Nr. 03KB073A/B

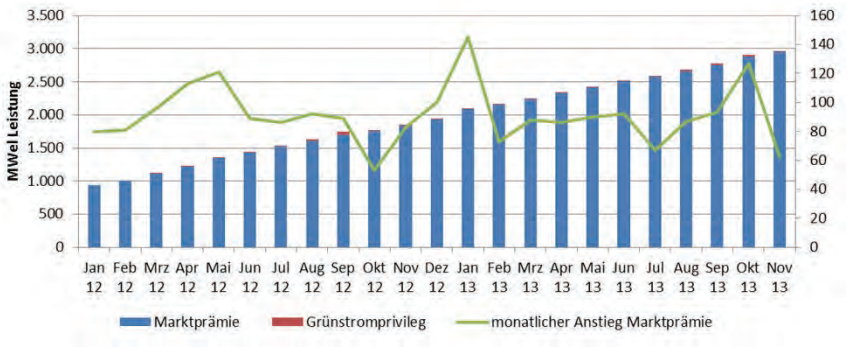
Laufzeit: 01.09.2012-31.12.2014

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Forum X: Alexander Krautz, DBFZ

Entwicklung der Direktvermarktung

Energetische Biomassenutzung



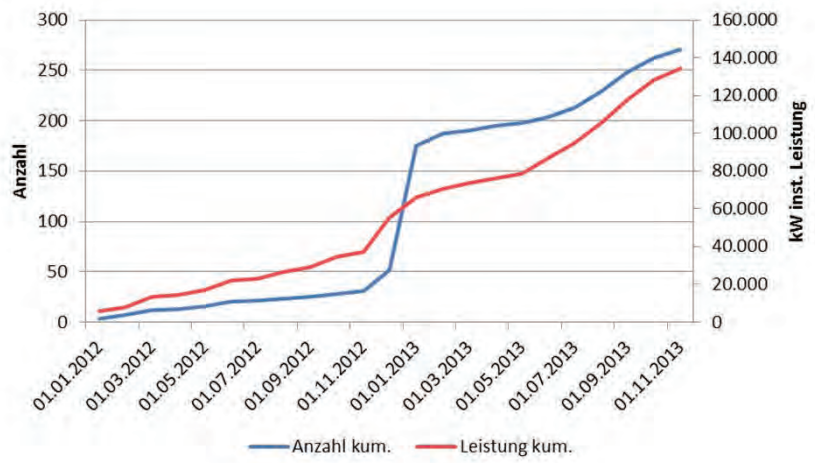
- Rund 3.700 Biomasseanlagen befinden sich in der Direktvermarktung
- Fast die Hälfte aller Biogasanlagen

DBFZ

2 Alexander Krautz, 5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Entwicklung der Flexibilitätsprämie

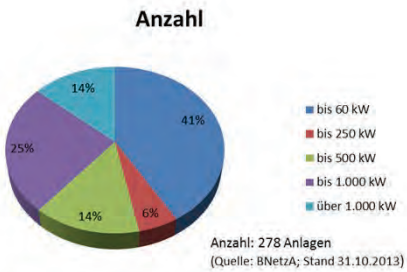
Energetische Biomassenutzung



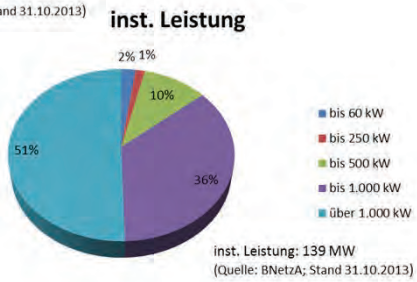
DBFZ

Flexibilitätsprämie

Energetische Biomassenutzung



Anzahl: 278 Anlagen
(Quelle: BNetzA; Stand 31.10.2013)



inst. Leistung: 139 MW
(Quelle: BNetzA; Stand 31.10.2013)

DBFZ

Allgemeine Erfahrungen

Energetische Biomassenutzung

- Besonders bei Ersatzinvestitionen oder Erweiterungs-investitionen rechnet sich der Zubau höherer Leistungen
- 500 kW Bemessungsleistung ist aufgrund des Vergütungssprungs im EEG 2004/2009 häufig eine Begrenzung für die Erweiterung
- Flexibilitätsprämie macht häufig nur rund 1/3 der Zusatzerlöse aus

Start-Stopp vs. Teillast

- In der Regel mehrere BHKWs an einer Anlage
  - Ein Grundlast BHKW
  - Weitere Start-Stopp BHKWs
  - Kein Teillastbetrieb

DBFZ

Fahrplanabstimmung - Randbedingungen

Energetische Biomassenutzung

- Maximale und minimale Einspeiseleistung sowie Leistungsstufen (bspw. min. Leistung 0 kW, max. 400 kW, bei Betrieb aber nicht weniger als 250 kW)
- Angestrebte Bemessungsleistung, evtl. mit saisonalem Verlauf
- Mögliche Ein- und Ausspeicherleistung für Gas und ggf. Wärme
- Ggf. wärmebedingte Einschränkungen, z.B. BHKW muss morgens von 6-10 Uhr Beheizung gewährleisten
- Einschränkungen bei Dauer und Häufigkeit von Regelvorgängen
- Sonstiges, z.B. behördliche Auflage, Zusatz-BHKW darf nicht nach 22 Uhr betrieben werden

DBFZ

Fahrplanabstimmung

Energetische Biomassenutzung

- **periodischer Fahrplan**
  Der Kunde erhält eine Empfehlung für einen sich täglich oder wöchentlich wiederholenden Einspeiseverlauf, der finanzielle Vorteile bringt. Bspw. Einspeisung täglich zwischen 8 und 14 Uhr („Vormittags-Peak“)

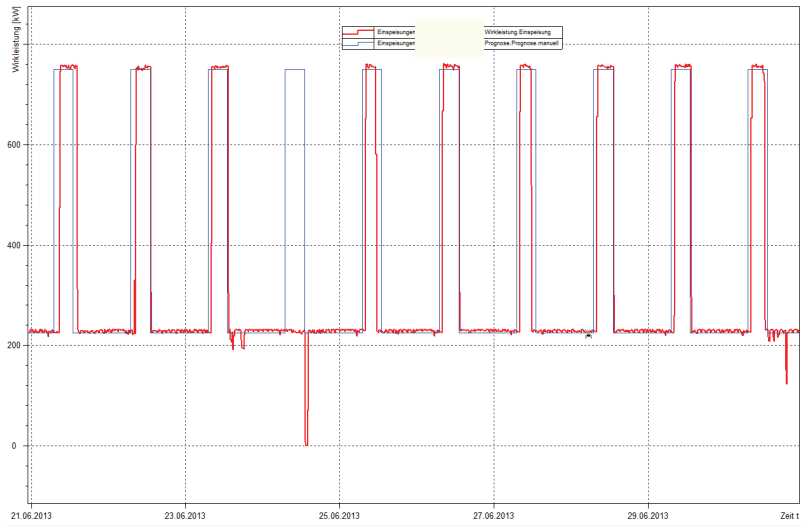
- **„day-ahead“- /„week-ahead“-Fahrplan**
  Der Kunde prognostiziert die vorhandene Gas- bzw.- Strommenge, welche anhand von Strompreisprognosen und unter Berücksichtigung der Speicherfähigkeit auf Tag oder Woche verteilt wird. Es wird entsprechend ein stundengenauen Fahrplan erzeugt.

- **„intraday“-Fahrplan**
  Es werden täglich Gaserzeugungsprognosen übermittelt oder die Möglichkeit der direkten Auslesung der entsprechende Messwerte (Speicherfüllstand) direkt aus der Anlagensteuerung zugelassen. Die Anlage wird kurzfristig gemäß den tagesinternen Marktpreisentwicklungen gesteuert, bis zu viertelstundengenau. Diese Option lässt sich teilweise mit den vorgenannten Varianten kombinieren, erfordert aber im Gegensatz dazu unbedingt die Verwendung einer Fernsteuertechnik.

DBFZ

Fahrplantreue

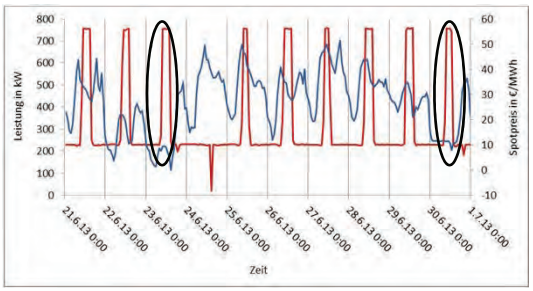
Energetische Biomassenutzung

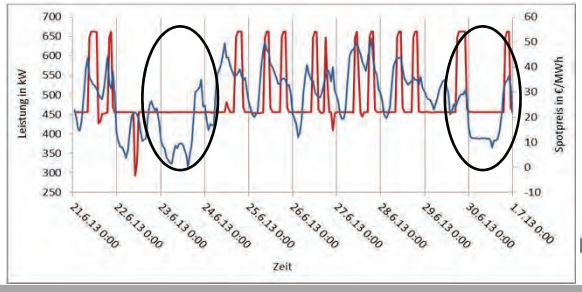


DBFZ

Einspeisung und Börsenpreis

Energetische Biomassenutzung

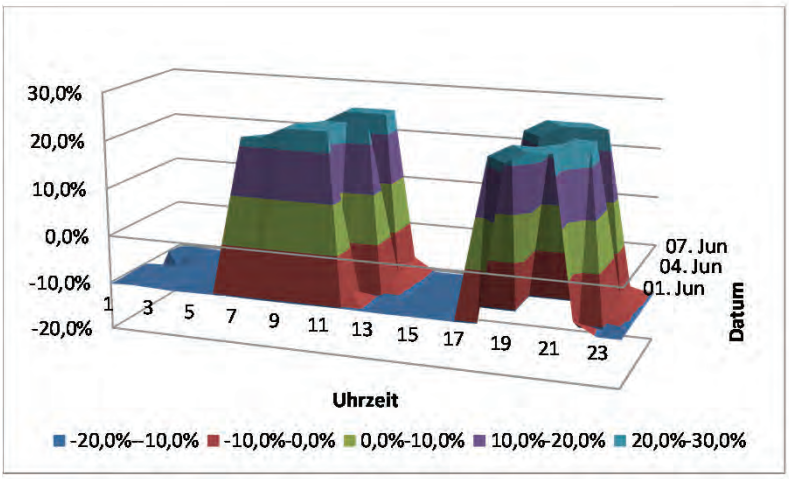




DBFZ

THG-Bilanzierung

Energetische Biomassenutzung



DBFZ

Ausblick für die Gesamtentwicklung

Energetische Biomassenutzung

Haupthemmnisse:

- Fehlende Rechtssicherheit durch unklaren Anlagenbegriff
- Genehmigungsrechtliche Probleme, bspw. beim Gasspeicher
- Investitionsunsicherheit
- Zurückhaltung der Banken

Erfahrungen

- Technische Umrüstung und Umstellung benötigt häufig mehr Zeit als zunächst geplant
- Anschließende umweltgutachterliche Prüfung und Anmeldung bei der BNetzA benötigen weitere Zeit
- Anlagenbetreiber gewinnen Vertrauen zu den Stromhändlern, mehrere Betreiber denken über Fernsteuerung der Anlagen nach

DBFZ

Energetische Biomassenutzung

Forschung für die Energie der Zukunft – Wir laden Sie ein!

Ansprechpartner

Dipl. Geogr. Alexander Krautz

Tel. +49 (0)30 18305 – 4683

E-Mail: alexander.krautz@dbfz.de

Projektleiter

OptFlex Biogas

FKZ 03KB073

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434 – 112
E-Mail: info@dbfz.de
www.dbfz.de

DBFZ

RegModHarz-Forschung – praktisch:
Flexibilisierung von Biogas/-methan-BHKW
Bedarfsorientierte Stromeinspeisung

Statuskonferenz:

5 Jahre BMU-Förderprogramm Energetische Biomassenutzung – Wege zur effizienten Bioenergie

Dipl.-Ing. Peter Ritter
BSc Jan Gustav Franke
Dipl.-Oec. Uwe Welteke-Fabricius

Pilotprojekt RegModHarz:
Projektpartner

CUBE Engineering GmbH
envia M
envia NETZ
e·on Avacon
Fraunhofer IFF
HALBERSTADTWERKE
hsn Magdeburg
in.power
Fraunhofer IWES
Kreis & Aulich GmbH
Landkreis Harz
SIEMENS
Stadtwerke Blankenburg
QUEDLINBURG
STADTWERKE WERNIGERODE
UNIVERSITÄT MAGDEBURG
UNIKASSEL VERSITÄT
50HERTZ

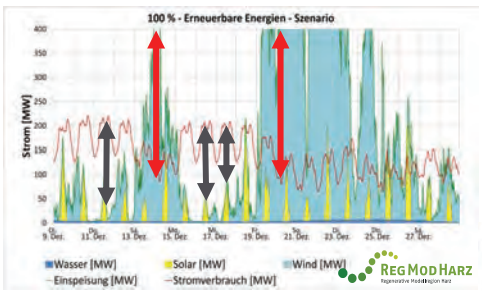
Ursprung der FlexAnalyse:

Projekt:
- Bundesministerium für Umwelt
- Initiative „E-Energy“: 6 Modellregionen
- Pilotprojekt RegModHarz

Leitziele
- Aufbau einer Leitstelle zur Steuerung des „virtuellen Kraftwerks Harz“
- Vermarktung des erzeugten Stroms
- Netzbetrieb: Monitoring und Systemdienstleistungen
- Politikfolgenanalyse:
  - Direktvermarktung im EEG 2012
  - Wirkung der Flexibilitätsprämie

BMU-Forschungsprojekt RegModHarz
Zentrale Erkenntnis

Flexibilisierte BHKW sind wichtig für die Energiewende 2.0
- Schneller Start, effizient in KWK, schnell erschließbar
- höhere Akzeptanz/günstiger als elektrische Speicher (PSW)
- Gasnetz als Speicher
- Power-to-Gas braucht Gas-to-Power

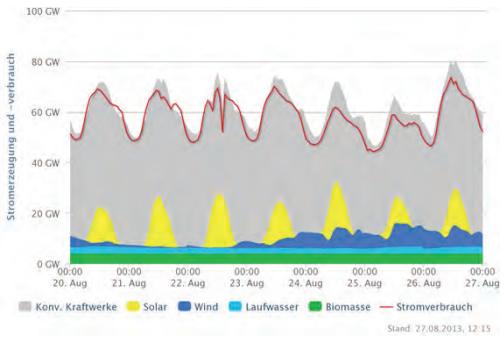


Der „Kapazitäts“-Anreiz ist im EEG 2012 bereits vorhanden:
- Direktvermarktung
- Flexibilitätsprämie
- Zusatznutzen

Großes bestehendes Potenzial Biogas + Methan: 20 – 30 GW

Flexibilität: warum?

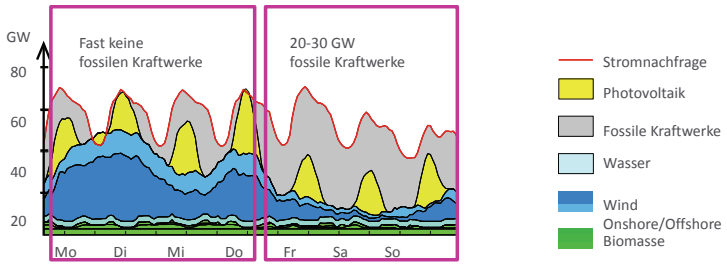
Keine Eile:
aktuell wird die Residuallast durch FEE tendenziell geglättet
Daraus resultieren niedriger Preis und geringer Spread



Quelle: Agora Energiewende

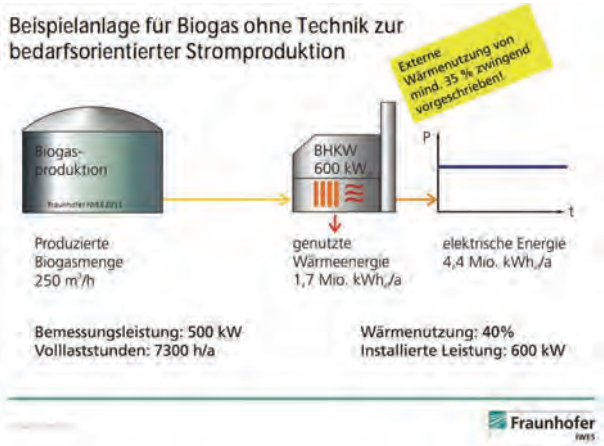
Flexibilität: warum?

in wenigen Jahren (hier 2022) werden enorme Leistungsgradienten benötigt – und das Biomasse-KWK-Potenzial dabei kaum gesehen

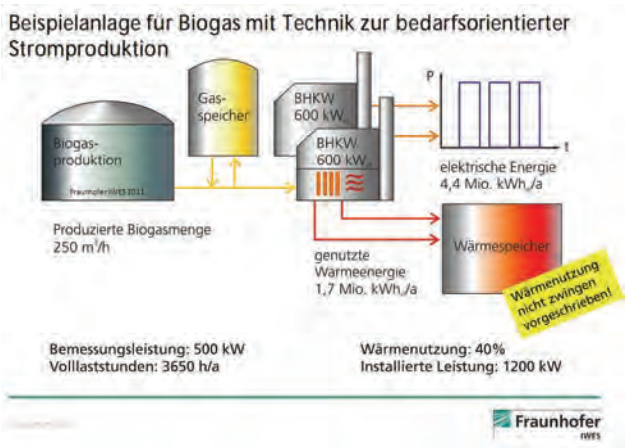


Agora Energiewende (2012)

Bestehende Biogasanlage: Volllast



Bedarfsorientierter Betrieb (Flexibilität) = BGA + Gasspeicher + BHKW



Herausforderung: Akzeptanz bei Betreibern

Warum werden Optionen des EEG 2012 kaum angenommen?

- Rechtssituation unklar: zusätzliches BHKW = neue Anlage?
  ► geklärt durch BGH-Urteil 23.10.13
- Leistungsgrenze bei privilegierten BGA (2 MW FWL)
  ► beseitigt durch Novelle des BauBG
- Die Erlöse bei Flexibilisierung sind unübersichtlich
  1. EEG: Marktprämie, Managementprämie, Flexibilitätsprämie
  2. Erlöse Direktvermarktung an EPEX-Spotmarkt („Börse“)
  3. Zusatzertrag durch Wirkungsgrad und Verfügbarkeit
- EPEX-Erlöse können nur durch ganzjährige Simulationsreihen ermittelt werden (fehlendes Angebot)

Aufgabe: Wie wirken die Anreize des EEG 2012 bei Biogas-/Biomethan-Anlagen ökonomisch?
Wie hoch sind sie in der individuellen Anlage wirklich?

BMU-Forschungsprojekt Ergebnis: serielle Analysen für Betreiber

Bereits erprobt: Flex Analyse

Modellierung und Simulation

- Varianten für Zusatz-BHKW
- Größe Biogasspeicher
- Bedarf Wärmepuffer
- Ergebnis: individuell optimierte Konfiguration, Wirtschaftlichkeit

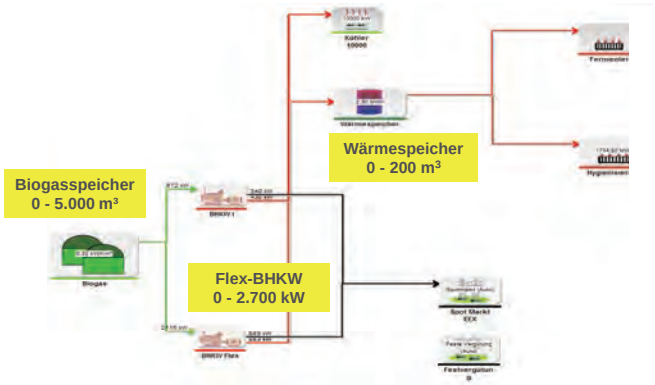
Option: tägliche Planung

- Betriebsplan für den Betreiber (Grundlage Wärmeprognose, Preisprognose)
- Automatisierte Übermittlung

Optimierung: Simulation Varianten

Aufgabe: Modellierung Bestand am Standort Biogasanlage

Ermittlung der optimalen Konfiguration für die Flexibilisierung

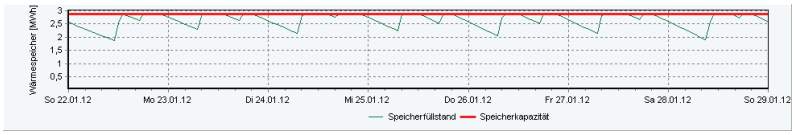


Auswertung: Intervallbetrieb stellt neue Anforderungen an den BHKW-Betrieb

- Großes Investitionsvolumen
  - BHKW, Speicher, Genehmigung
- Neue Betriebsweise
  - nur noch an 5 – 12 Bh/Tag (> 1.750 Bh/Jahr)
  - Gasspeichermanagement für BHKW (nicht mehr für Biogas)
  - Betrieb 12 Stunden vorgeplant, ggf. ferngesteuert
  - 1 – 3 Starts pro Tag
- Motorschonende Maßnahmen nötig
  - Warmhaltung bei Ruhe (60°C aus Wärmespeicher)
  - Automatisches Startprogramm
    - Druckschmierung vor Start
    - Gasaustausch durch Bypass (Problem bei Satelliten)
    - Anlauframpe (kurz, wg. Gasverlust, Ausgleichsenergie)
  - Fernwirktechnik

Klärungsbedarf Fahrplanbetrieb
Beispiel: Angst vor Fermenterabkühlung

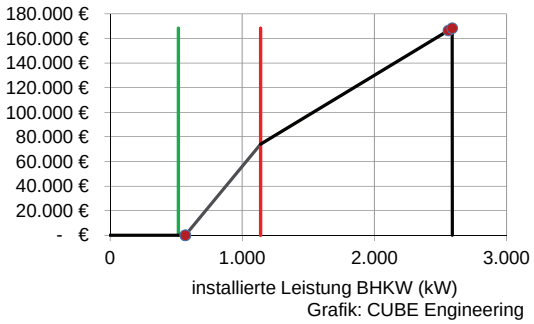
- Gasspeicher für BHKW-Ruhezeit
- Wärmespeicher abhängig von Redundanzheizung
- Fermenterabkühlung bei
  - nawaRo: unkritisch (je nach Fermentergröße!)
  - Gülle: kritisch – Puffer notwendig



simulierte Temperatur im Fermenter am Beispiel nawaRo-Anlage
großer Fermenter, starke Flexibilisierung, Winterwoche:
Abkühlung in Ruhezeiten des BHKW bis zu 0,2°C.
(Höhe der y-Achse entspricht 0,5°C)

Ertragspotenzial Flexprämie

- FlexPrämie wird für nicht genutzte BHKW-Leistung gezahlt:
  10 Jahre x 130 € je kW Zusatzleistung*, oder
  10 Jahre x 130 € je kW x installierte Leistung** x 0,5
  (wenn Zusatzleistung > installierte Leistung x 0,5)
- max. installierte Leistung ist das 5-fache der Bemessungsleistung***



Grafik: CUBE Engineering

Biogasanlage: Investitionsbedarf für bedarfsorientierte Einspeisung

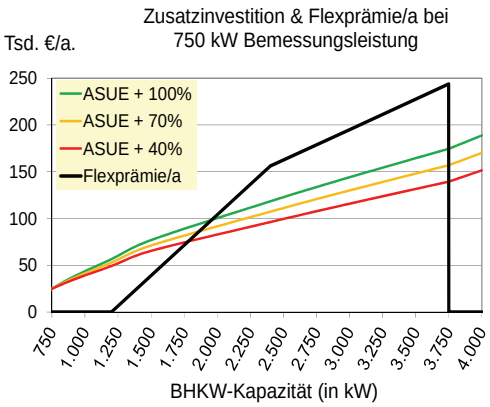
Projekt Flexibilisierung

- Technik
  - BHKW-Leistung (neu oder zusätzlich)
  - Erweiterung Biogasspeicher
  - Gasstrecke, Gaskühlung
  - Trafo und Leitung
  - Wärme, Fermenterheizung
- Investition
- Genehmigung
- Netzanschluss

Flexibilisierung Biomethananlagen

Anreiz:
Flexibilitätsprämie
spezifische Kosten sinken bei größeren BHKW

(Bild: ASUE-Kostenschätzung zuzüglich 40 – 100 % Aufschlag für Einbindung, Wärmepuffer)

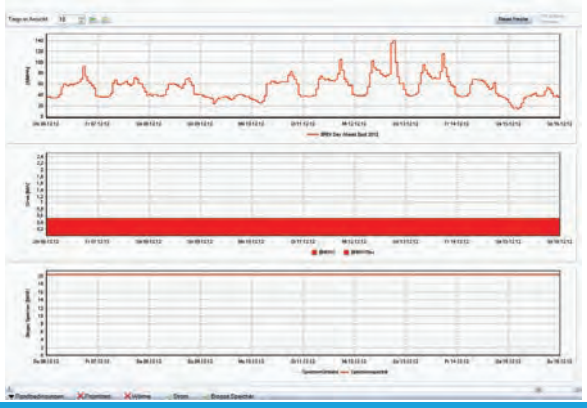


Beispiel: BHKW-Varianten für 420 kW P_{Bem}

Variante	A	B	C	D	E
Zusatz BHKW [kW_{el}]	405	777	999	1.169	1.560
Zusatzleistung [kW_{el}]	352	689	913	1.080	1.475
installierte Leistung [kW_{el}]	825	1.197	1.419	1.589	1.980
Bemessungsleistung [kW_{el}]	430	462	460	463	459
Wirkungsgrad el.	39,7%	42,8%	42,7%	42,9%	42,6%
Invest. € mit Gärrestlager!	576.178	762.885	801.818	858.824	958.818
Annuität Invest [€/a]	71.064	94.093	98.895	105.926	118.259
FlexPrämie [€/a]	45.814	77.805	92.235	103.285	128.700

Ertragspotenzial EPEX

- BHKW 500 kW im Dauerbetrieb
- erzielt Durchschnittserlös (Marktwert = EPEX-Mittelwert)

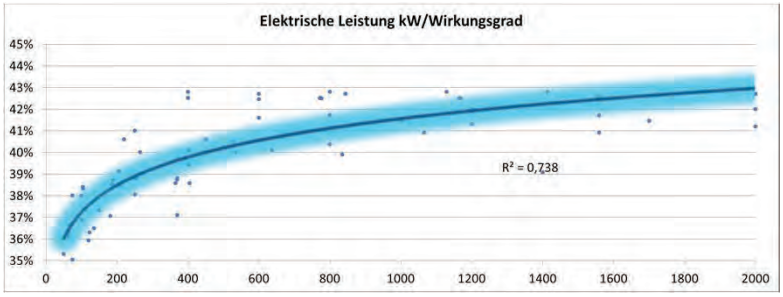


Ertragspotenzial EPEX

- BHKW mit 2 MW im FlexBetrieb: Einspeisung zu Hochpreiszeiten
- bringt 0,6 – 1,7 Ct/kWh je nach Flexibilisierung und Speichergröße

Ertragspotenzial (6/8) elektrischer Wirkungsgrad

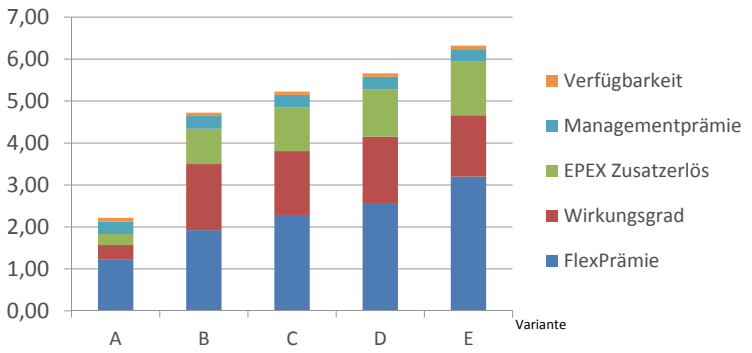
- Größere BHKW haben spezifisch höheren Wirkungsgrad
- Verbesserung der Stromausbeute von 5 – 15 %
  (ohne zusätzlichen Substrateinsatz)
- Ertragsverbesserung von 1 – 4 Ct/kWh (bezogen auf status quo)



Ertragspotenziale Übersicht

- abhängig von Leistung des (Flex-)BHKW und Gasspeichergröße

Erlösveränderung nach Ursache in Cent pro Kilowattstunde



Ertragspotenziale zusammengefasst

1. Marktprämie garantiert EEG-Erlösniveau
2. Flexibilitätsprämie deckt Investitionen in zusätzliches BHKW
3. An der EPEX können > + 1,5 Ct/kWh erlöst werden (wachsend)
4. Zweites BHKW bringt 100 % BHKW-Verfügbarkeit (ca. 1 – 3 % zusätzliche Strommenge, günstigere BUV)
5. Neues, großes BHKW bringt Wirkungsgradgewinn (+ 5 – 15 % zusätzliche Strommenge)
6. Das Flex-BHKW altert langsamer: 2.000 Bh/a! = stille Reserven
7. Größeres BHKW hat geringere spezifische Wartungskosten (wird wg. erhöhte Wartungskosten bei häufigen Starts nicht berechnet)
8. Mehr Wärmenutzung durch Fütterungsmanagement möglich (mehr Biogaserzeugung im Winter, weniger im Sommer)
9. Regelenergie (bei Flex nur geringes Potenzial: SRL POS NT)

Ergebnis der Analyse-Serie

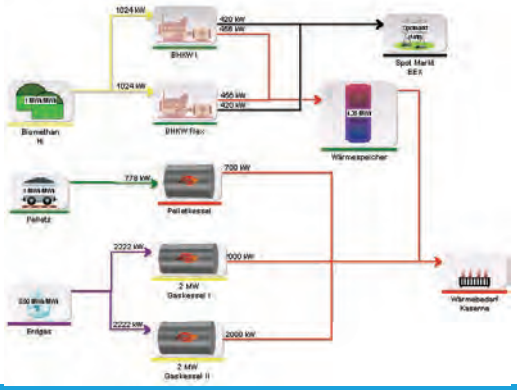
- Die Flexprämie wirkt real mit Hebel von 150 bis 280 %
  - Höhere Betriebssicherheit (Verfügbarkeit)
  - Besserer Wirkungsgrad, mehr Wärmenutzung erschließbar
  - EPEX-Zusatzerlöse wachsen tendenziell
  - Stille Reserven durch höhere Lebenserwartung der BHKW
- Flex-Investition ist bei 90 % der Anlagen rentabel (Rendite > 20 %, ROI < 5 Jahre)
- Die Rechtsunsicherheit ist für die meisten Fälle beseitigt …

  … die Denkblockaden und Verunsicherungen noch nicht!

Beispiel KWK-Anlage flexibilisiert

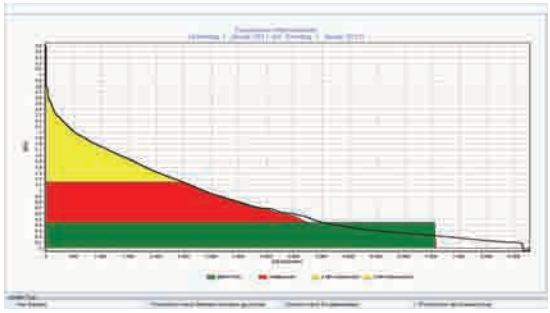
Simulation:
- Zweites BHKW 400 – 2.000 kW
- Wärmepuffer 100 – 500 m³
- Mehr Biomethan (+ 150 %)

Effekte:
- Ertragssteigerung
- Mehr Wärme in KWK
- Mehr Biomethan
- Eine Redundanzebene wird eingespart
- Ertragssteigerung
  - Cashflow + 250 T€/a
  - ROI > 25 %



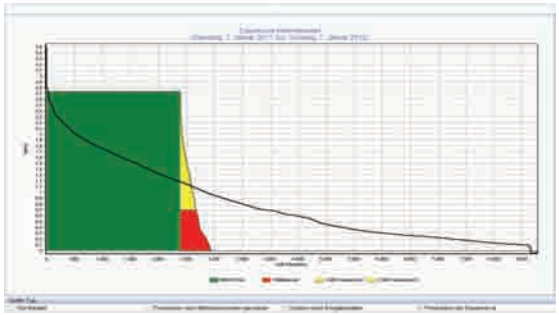
Beispiel KWK: Jahresdauerlinie

- Planung ohne Flexibilisierung (0,4 MW)
- „Grundlast“ durch BHKW
- „Mittellast“ durch Hackschnitzelheizung
- Spitzenlast und Redundanz durch Gaskessel



Beispiel KWK: Jahresdauerlinie

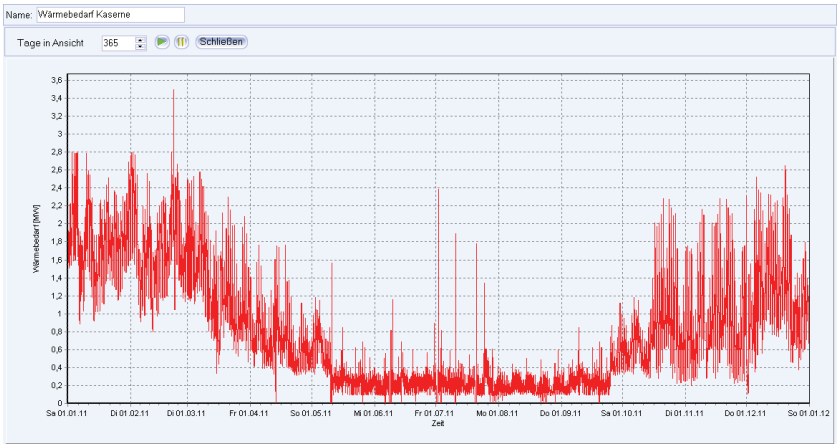
- Maximale Flexibilisierung (2,8 MW), mehr Biomethan
- mit vergrößertem Speicher (500 m³) für thermische Verlagerung
- BHKW deckt selbst Spitzenlast
- Eine Redundanzebene kann entfallen



Simulationen

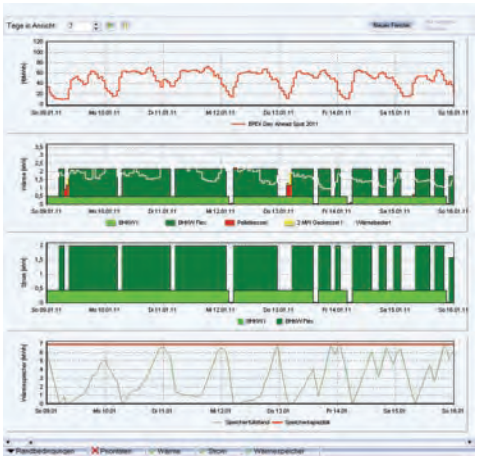
- Verschiedene BHKW-Leistungsgrößen:
  - Netzverträglichkeit
  - Flexprämie vs. Investitionskosten
  - Wartungskosten
  - Wirkungsgrad
- Wärmenutzung
  - Optimale Speichergröße
  - Kosten alternativer Wärmeversorgung
  - Jahresdauerlinie
  - Biomethanmenge

Beispiel KWK-Anlage Wärmebedarf



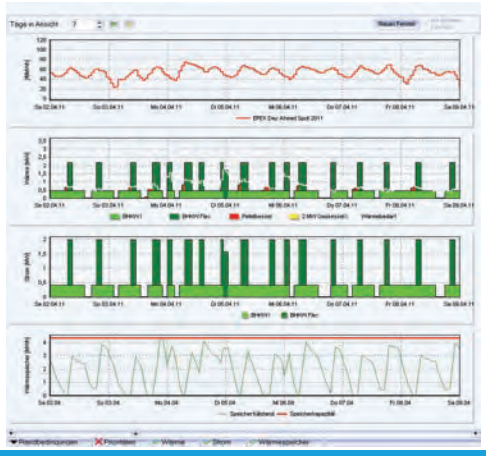
Beispiel KWK-Anlage Fahrplan

- 420 + 1562 kW, Winterwoche

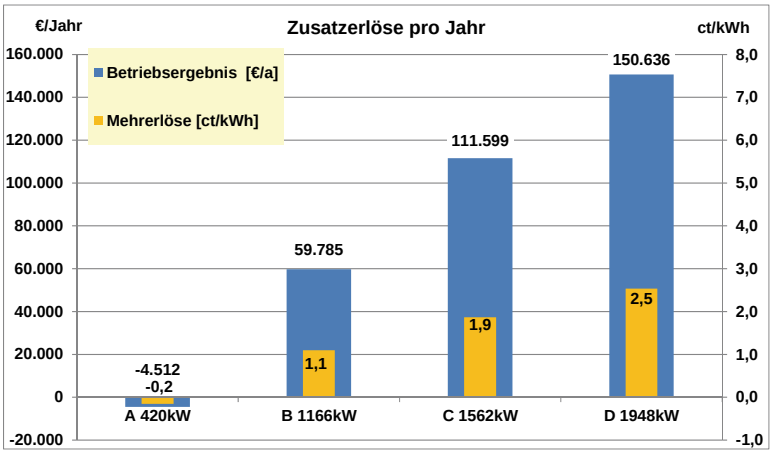


Beispiel KWK-Anlage Fahrplan

- 420 + 1562 kW, Frühjahrswoche



Beispiel KWK-Anlage Wirtschaftlichkeit



Beispiel KWK-Anlage: Zusammenfassung

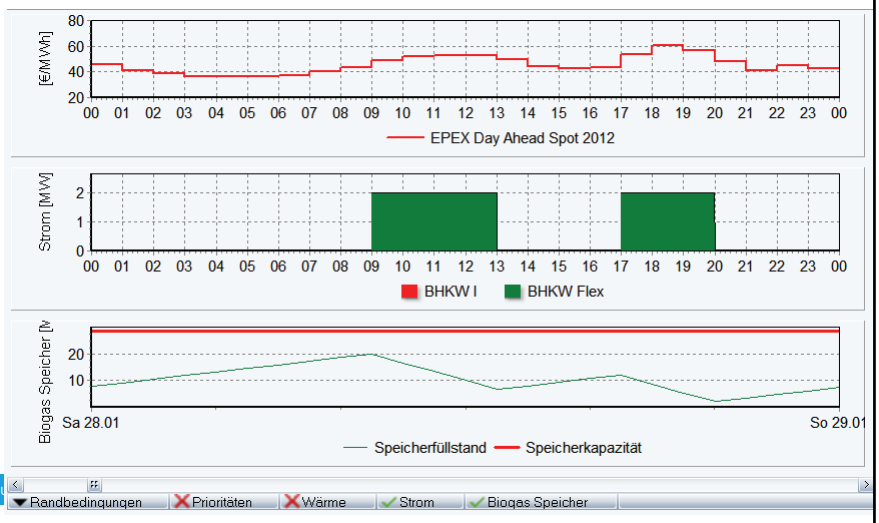
Flexibilitätsprämie bei Biomethan ist wirtschaftlich hoch interessant

- Anreize für Flexibilisierung vor allem bei Neuinstallation: Flexibilitätsprämie finanziert großes BHKW
- höhere installierte Leistung für Flexibilisierung ermöglicht auch bedarfsgerechte Wärmeversorgung > 90 %
- Biomethaneinsatz kann durch Flexibilisierung erhöht werden KWK-Anteil wächst um 50 - 150 %!
- Planer: neue Grundlage für Konfiguration und Auslegung!
  - Nicht mehr > 6.000 Betriebsstunden „Grundlast“
  - sondern > 1.750 Betriebsstunden
  - flexible Erzeugung + Wärmepufferspeicher
- Individuelle Analyse mit intelligenten Softwaretools notwendig

Forschungsbedarf - Ökonomie

- Energiewirtschaftliche Potenzialanalyse dezentraler KWK
  - Effizienz der Residuallastdeckung aus BHKW
  - Einbeziehung Gruben-, Deponie-, Klär- und **Erdgas!**
  - Benchmarking mit Gaskraftwerken, PSW und Speichersystemen
  - THG-Minderungspotenzial durch KWK im Flexbetrieb
- Politikwirkungsforschung vor und im Gesetzgebungsprozess
  - Evaluierung der Anreizsysteme und der Kollateraleffekte
  - Erfordernisse an und Wirkung von begleitender Kommunikation
  - immaterielle Hemmnisse und Gegenstrategien
- Potenziale von multidisziplinären Ansätzen
  - Technik – Ökonomie – Psychologie bei erneuerbaren Energien
  - Biologie – Verfahrenstechnik: saisonales Fütterungsmanagement

Täglicher Fahrplan Biogasanlage



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Contact: P.Ritter@cube-engineering.com
J.Franke@cube-engineering.com
U.Welteke-Fabricius@cube-engineering.com

GREEN-FC

Flexible dezentrale Energiebereitstellung durch Konversion biogener Gase zur Nutzung in Brennstoffzellen

Torsten Birth, tel.: 0049 391 409 0 355, mail: torsten.birth@iff.fraunhofer.de;
Wolfram Heineken, tel.: 0049 391 409 0 344, mail: wolfram.heineken@iff.fraunhofer.de;
Ling He· tel.: 0049 391 409 0 349, mail: ling.he@iff.fraunhofer.de;

Content

1. Future of Bioenergy
2. Hydrogen from Biogas
3. Simulation
4. Conclusion and Outlook

Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF
Business Unit Plant and Process Engineering
Group of Process Developement and Plant Systems
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 1
39106 Magdeburg
Germany

14.11.2013

© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Future of Bioenergy

Motivation

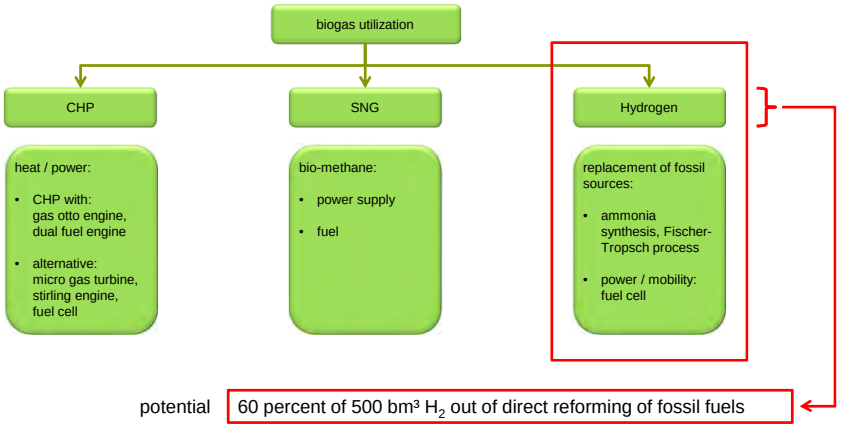
- increasing energy demand
  - supply not sustainable by fossil fuels
  - alternative: renewable energy
- solar, wind, hydro, geothermal, biomass
  - highest potential: bioenergy from biomass
    - Biogas
- status of biogas usage
  - Europe: 2006-2012: 2.000 MW
  - Germany: construction of 1.200 biogas plants in 2011

© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Future of Bioenergy

Biogas Utilization

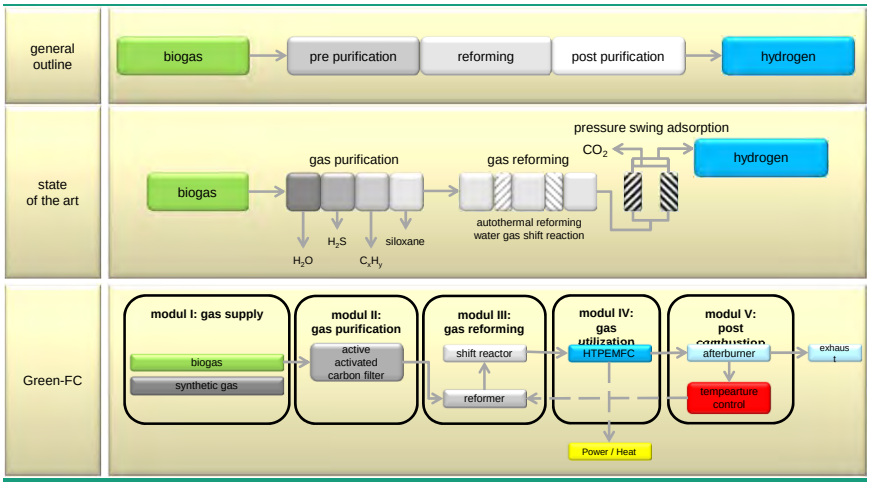


© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Hydrogen from Biogas

Prototype Developement



© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Target / General Assumptions / Conditions

- targets:
  - CO-Volumetric fraction < 3 percent (required by HTPEMFC)
  - maximum H_2 yield for HTPEMFC
- biogas:
  - $CH_4 : CO_2 = 1 : 1$
    - thermal power input $CH_4 \approx 5$ kW, lower heating value (LHV) CH_4 = 35,9 MJ/Nm³, volume flow rate $CH_4 \approx$ 0,5 Nm³/h
    - CO_2 = 0,5 Nm³/h
- reformer:
  - autothermal reforming, reformer temperature 600 – 800°C, reformer catalyst active above 700°C
  - H_2O/CH_4 = 1,5 – 3 (S/C)
- water gas shift reactor:
  - catalyst active above 350°C

© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Specific Assumptions / Conditions

- **reformer**
  - methane oxidation
    - $CH_4 + 2O_2 \leftrightarrow CO_2 + 2H_2O$
  - methane reforming
    - $CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2$
  - water gas shift reaction
    - $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$
  - boudouard reaction
    - $2CO \leftrightarrow CO_2 + C$
- **wgs-reactor**
  - water gas shift reaction
    - $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$
- **fuel cell**
  - combustion reaction
    - $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
- **afterburner**
  - combustion reactions
    - $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
    - $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$
    - $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

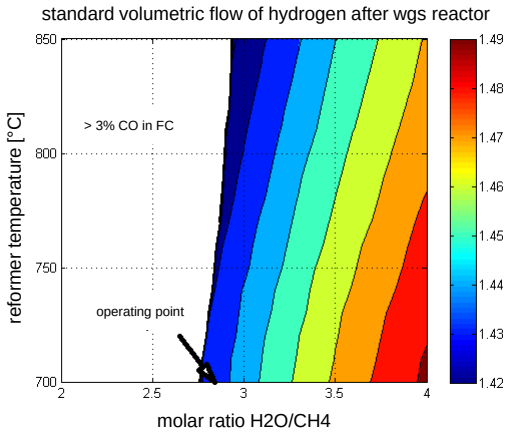
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Operating Point

- **operating point**
  - CO < 3%
  - reforming catalyst activ from 700°C
  - H2 after wgs-reactor
    H2 flow ≈ 1,43 Nm³/h



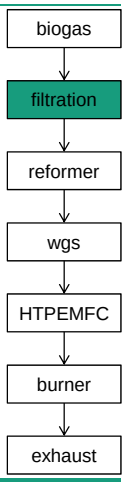
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Double-activated Carbon Filter Cartridges

- activated carbon impregnated with potassium iodide
  - 0,03 $^{kg\ H_2S}$ / $_{kg\ activated\ carbon}$
  - operating point:
    60h operation without switching



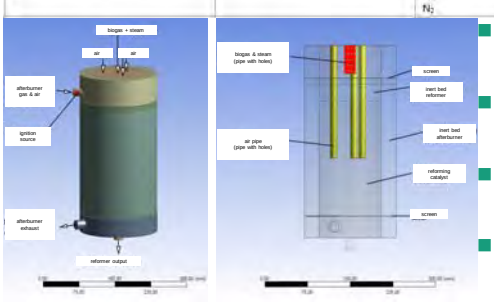
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Reformer

Reformer Input		Reformer	Reformer Output	
Temperature	700 °C	3 key reactions	Temperature	700 °C
Flow	3,436 Nm³/h	Methane-Oxidation	Flow	4,214 Nm³/h
Volume fractions		$CH_4 + 2O_2 \leftrightarrow CO_2 + 2H_2O$	Volume fractions	
CH_4	0,1455	Methane-Reforming	CH_4	0,0006
H_2O	0,4075	$CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2$	H_2O	0,2881
CO_2	0,1455	Water gas shift reaction	CO	0,0889
O_2	0,0633	$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$	CO_2	0,1479
N_2	0,2381		H_2	0,2803
			O_2	0,0001
			N_2	0,1942



- GHSV
  - 10.000 $^1/_h$
- residence time
  - 0,15 s
- catalyst bed height
  - ca. 160 mm
- catalyst
  - Ni / Al_2O_3

biogas
filtration
reformer
wgs
HTPEMFC
burner
exhaust

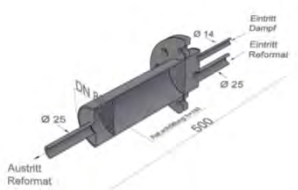
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Water Gas Shift Reactor

WGS-Reactor Input		WGS-Reactor	WGS-Reactor Output	
Temperature	350 °C	1 reaction	Temperature	416 °C
Flow	4,214 Nm³/h	Water gas shift reaction	Flow	4,214 Nm³/h
Volume fractions		$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$	Volume fractions	
CH4	0,0006		CH_4	0,0006
H2O	0,2881		H_2O	0,2286
CO	0,0889		CO	0,0294
CO2	0,1479		CO_2	0,2074
H2	0,2803		H_2	0,3399
O2	0,0001		O_2	0,0001
N2	0,1942		N_2	0,1942



- carbon monoxide
  - CO < 3%
- catalyst
  - iron oxide
- catalyst bed height
  - nearly 160 mm

biogas
filtration
reformer
wgs
HTPEMFC
burner
exhaust

© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

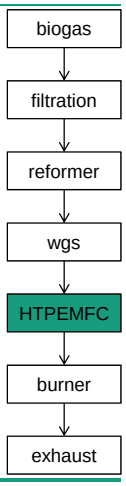
Fraunhofer IFF

Simulation

Fuel Cell

Fuel Cell Input Gas		Fuel Cell Input Luft		Fuel Cell	Fuel Cell Output	
Temperature	180 °C	Temperature	20 °C	Reaction	Temperature	180 °C
Flow	4,214 Nm³/h	Flow	2,557 Nm³/h	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$	Flow	6,234 Nm³/h
Volume fractions		Volume fractions			Volume fractions	
CH4	0,0006	O2	0,21		CH4	0,0004
H2O	0,2286	N2	0,79		H2O	0,3268
CO	0,0294				CO	0,0198
CO2	0,2074				CO2	0,1402
H2	0,3399				H2	0,0574
O2	0,0001				O2	0,0000
N2	0,1942				N2	0,4553

- hydrogen
  - nearly 75 percent hydrogen conversion
- power
  - approx. 3 kW



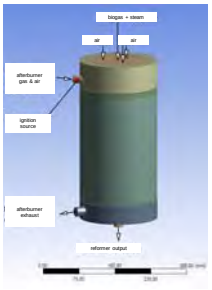
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

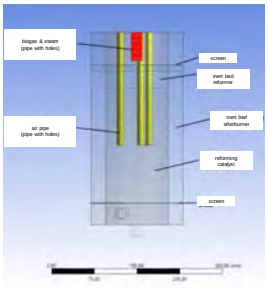
Fraunhofer IFF

Simulation

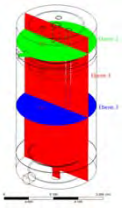
Afterburner

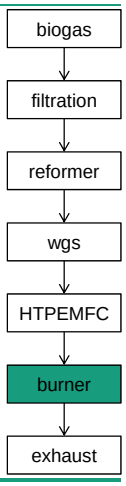
Afterburner Input Gas		Afterburner Input Air		Afterburner	Afterburner Output	
Temperature	180 °C	Temperature	20 °C	3 reactions	Temperature	631 °C
Flow	6,234 Nm³/h	Flow	1,403 Nm³/h	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$	Flow	7,396 Nm³/h
Volume fractions		Volume fractions		$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$	Volume fractions	
CH4	0,0004	O2	0,21	$CH_4 + 2O_2$	CH4	0
H2O	0,3268	N2	0,79	$\rightarrow CO_2 + 2H_2O$	H2O	0,3245
CO	0,0198				CO	0
CO2	0,1402				CO2	0,1352
H2	0,0574				H2	0
O2	0,0000				O2	0,0066
N2	0,4553				N2	0,5336





- ER = 1,2





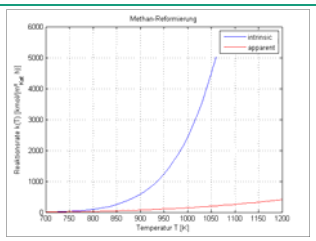
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

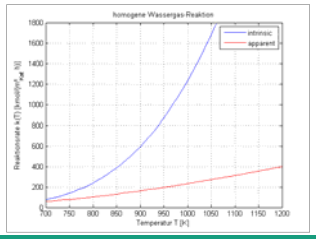
Fraunhofer IFF

Simulation

Reformer-Afterburner-Combination – Kinetics

- methane reforming / wgs
  - Numaguchi & Kikuchi
- methane oxidation
  - De Smet et al.





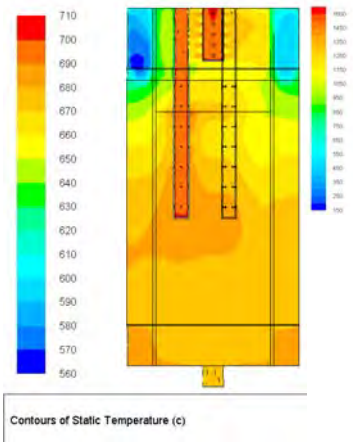
biogas → filtration → reformer → wgs → HTPEMFC → burner → exhaust

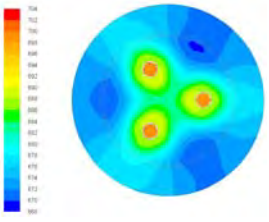
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Reformer-Afterburner-Combination – Temperature





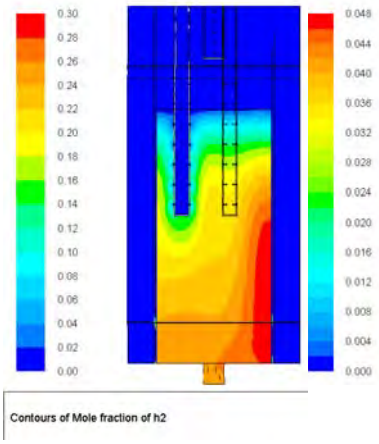
biogas → filtration → reformer → wgs → HTPEMFC → burner → exhaust

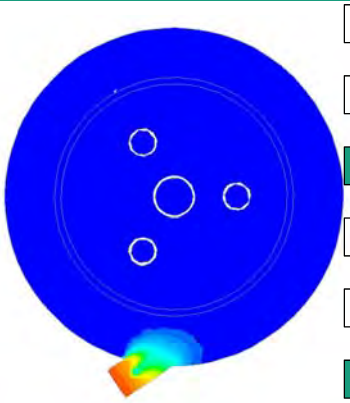
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Reformer-Afterburner-Combination – Hydrogen





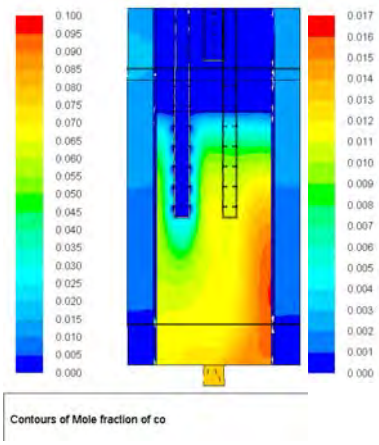
biogas → filtration → reformer → wgs → HTPEMFC → burner → exhaust

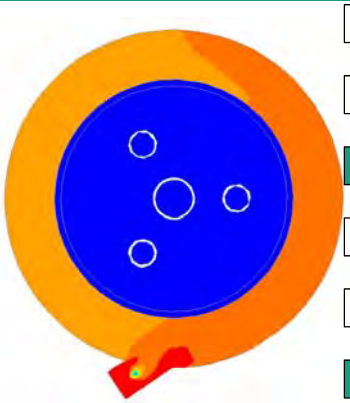
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Reformer-Afterburner-Combination – Carbon Monoxide





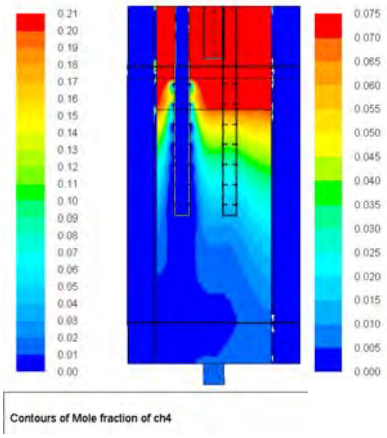
biogas → filtration → reformer → wgs → HTPEMFC → burner → exhaust

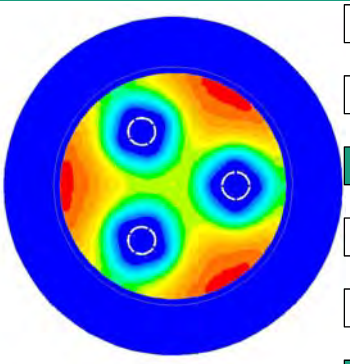
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Reformer-Afterburner-Combination – Methane





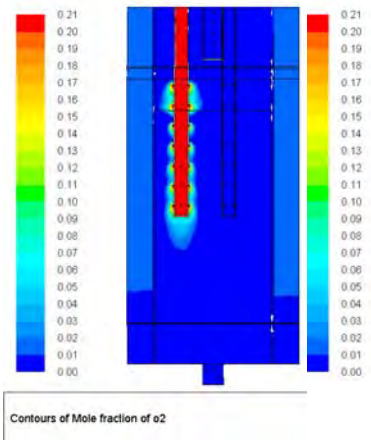
biogas
↓
filtration
↓
reformer
↓
wgs
↓
HTPEMFC
↓
burner
↓
exhaust

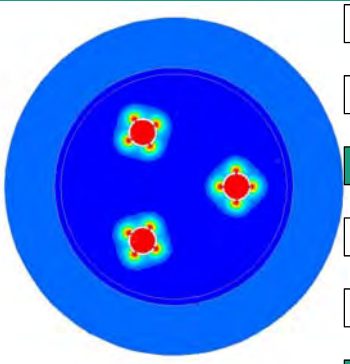
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Reformer-Afterburner-Combination – Oxygen





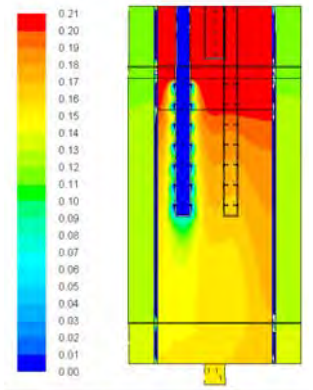
biogas
↓
filtration
↓
reformer
↓
wgs
↓
HTPEMFC
↓
burner
↓
exhaust

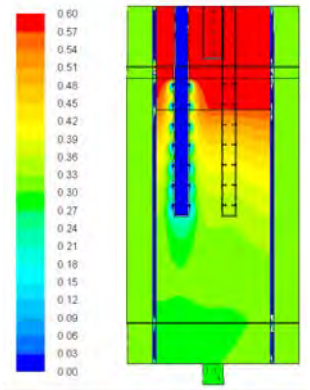
© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

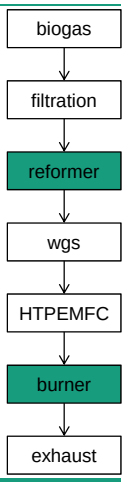
Fraunhofer IFF

Simulation

Reformer-Afterburner-Combination – Carbon Dioxide // Steam





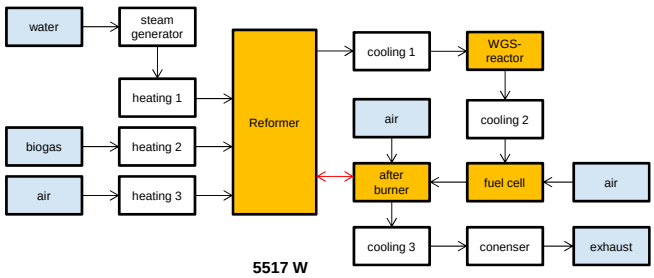


© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Simulation

Energy Balance



- fuel input **5517 W**
- power consumption
  - steam generator 810 W
  - heating 1 388 W
  - heating 2 427 W
  - heating 3 269 W
  - Ignition source afterburner 0 W, 74 W, 100 W
- power output
  - cooling 1 656 W
  - cooling 2 426 W
  - fuel cell **3090 W**
  - cooling 3 1547 W, 1622 W, 1647 W
  - condenser 1692 W

© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Conclusion and Outlook

- Conclusion
  - concept of a modular prototype for biogas conversion to hydrogen and subsequent electricity over HTPEMFC
  - simulation results / basic engineering / investment costs
- Outlook
  - detailing the investment frame, improving the simulation
  - including new reaction systems or optimization of the existing systems
  - implementation / replacement of the modules
  - connecting h2 infrastructure planning of germany

© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

GREEN-FC

Flexible dezentrale Energiebereitstellung durch Konversion biogener Gase zur Nutzung in Brennstoffzellen

Torsten Birth, tel.: 0049 391 409 0 355, mail: torsten.birth@iff.fraunhofer.de;
Wolfram Heineken, tel.: 0049 391 409 0 344, mail: wolfram.heineken@iff.fraunhofer.de;
Ling He, tel.: 0049 391 409 0 349, mail: ling.he@iff.fraunhofer.de;

Content

1. Future of Bioenergy
2. Hydrogen from Biogas
3. Simulation
4. Conclusion and Outlook

Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF
Business Unit Plant and Process Engineering
Group of Process Developement and Plant Systems
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 1
39106 Magdeburg
Germany

14.11.2013

© Fraunhofer IFF
Magdeburg 2013
Dipl.-Ing. Torsten Birth

Fraunhofer IFF

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

DBFZ

Flexible Biogaskonzepte im wirtschaftlichen Vergleich

M. Trommler, T. Barchmann, J. Daniel-Gromke

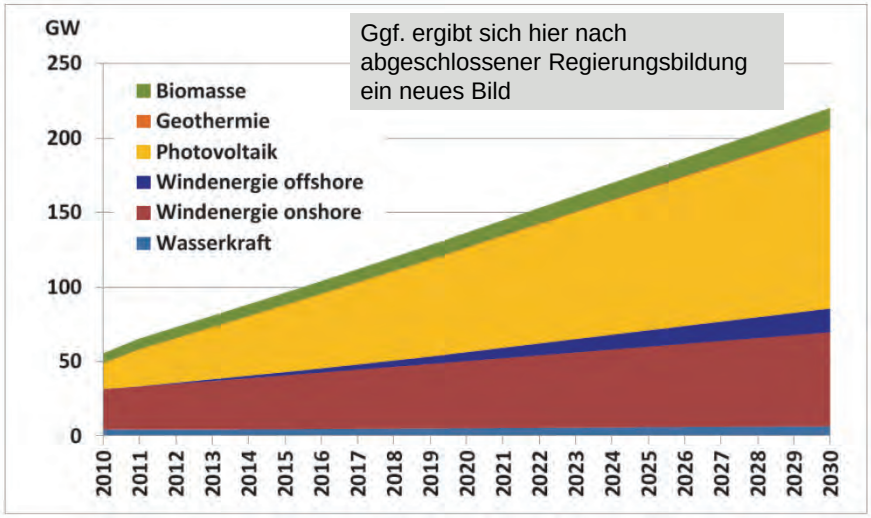
5. Statuskonferenz des BMU Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“
Leipzig, 14. November 2013

Fragestellungen

DBFZ

- **Welcher Bedarf für Ausgleichsoptionen existiert in der Zukunft?**
- **Welche technischen und kostenseitigen Folgen sind mit der Ausgleichsoption Biogas im zukünftigen Energiesystem verbunden?**
- **Ist unter den heutigen wirtschaftlichen Bedingungen ein wirtschaftlicher Betrieb von Biogasanlagen, die bedarfsgerecht Strom bereitstellen, möglich?**

Ausbau erneuerbarer Energien bis 2030

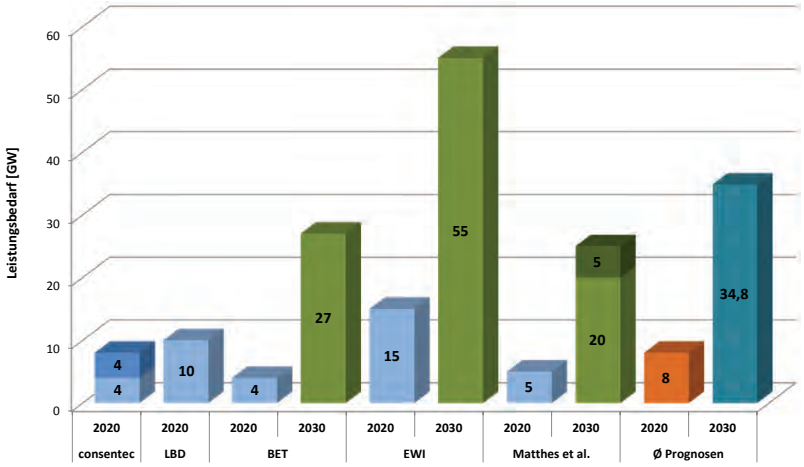


Ggf. ergibt sich hier nach abgeschlossener Regierungsbildung ein neues Bild

Quelle: BEE 2013, Studie Möglichkeiten zum Ausgleich fluktuierender Einspeisungen aus erneuerbaren Energien

3

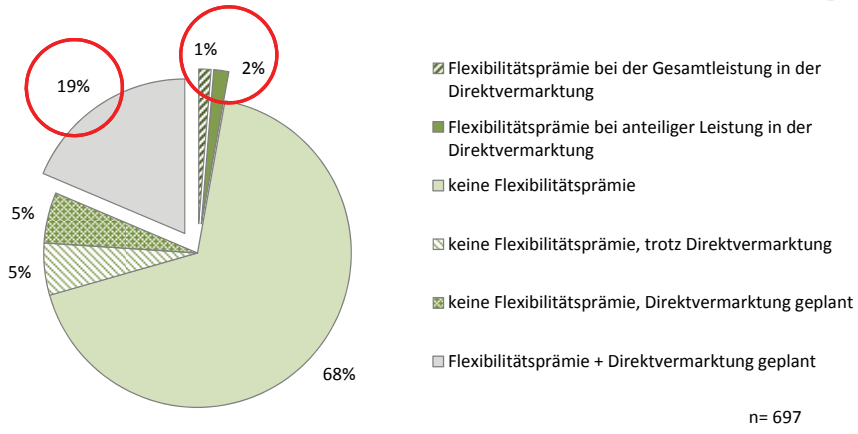
Bedarf an zusätzlicher (flexibler) Kraftwerkskapazität bis 2020/ 2030



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Kompassstudie Marktdesign, 2012

4

Flexibilitätsprämie – Biogasanlagen (2012)

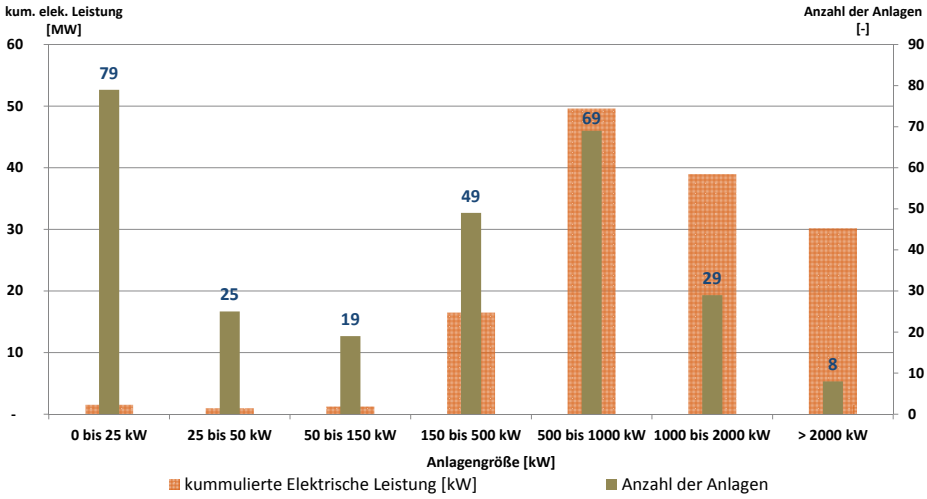


nur ca. 3% der befragten Anlagenbetreiber (2012) nutzen die Flexibilitätsprämie, bei 19% zukünftig geplant

Quelle: DBFZ 2013, Auswertungen der Betreiberbefragung Biogas für das Bezugsjahr 2012

5

Inanspruchnahme Flexibilitätsprämie nach EEG-2012 – Stand November 2013



Quelle: BMU, 2013.

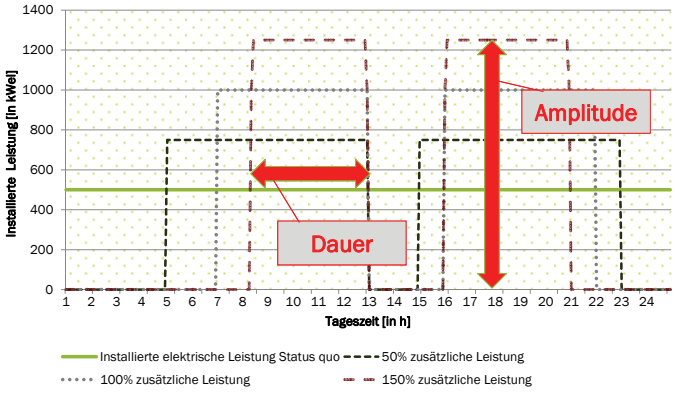
6

Was ist Flexibilität? – hier Leistungszubau

Basisfall: 500 kW_{el}-Biogas-BHKW (Tageslastgang)

Variationen: Zubau elektrischer Leistung; Bemessungsleistung bleibt konstant

- **1,5-fach auf 750 kW_{el} (16 h Verstromung)**
- **2- fach auf 1 MW_{el} (12 h Verstromung)**
- **2,5-fach auf 1,25MW_{el} (9,6 h Verstromung)**

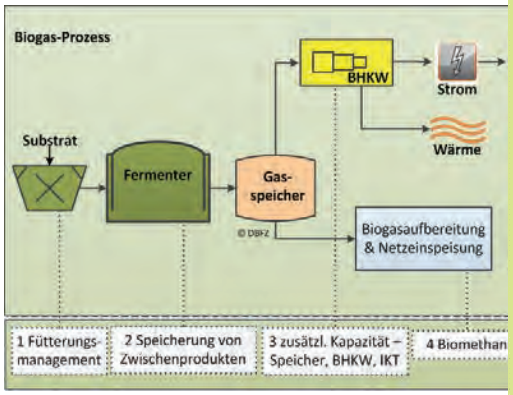


Quelle: DBFZ, 2013

7

Ansätze und Technik zur bedarfsgerechten Stromerzeugung an Biogasanlagen

Flexibilisierungsoptionen



Notwendige Komponenten:

- **BHKW**
- **Gasspeicher**
- **IKT (Informations-Kommunikations-Technologie)**

Abhängig vom Flexibilisierungs-Konzept:

- **Anpassungen an das Fütterungssystem**
- **Gasleitungen (Anpassungen an Gasvolumenströme)**
- **Anpassung der Gasaufbereitung (Entschwefelung, Trocknung etc.)**
- **Trafo**
- **Netzanbindung**
- **Wärmespeicher**

8

Einflussfaktoren auf die Kosten einer bedarfsgerechten Strombereitstellung

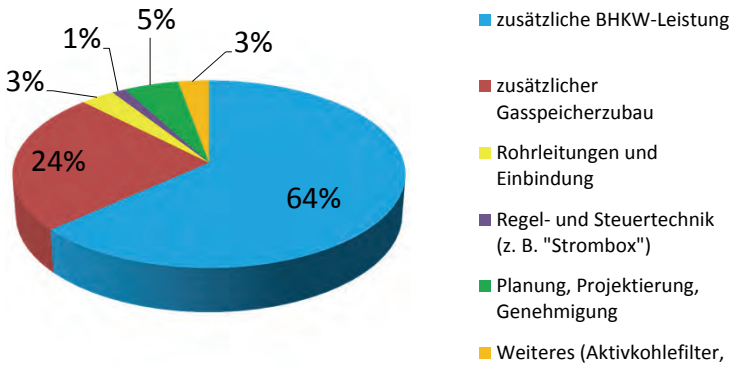
Die Bedeutung des Status quo der Bestandsanlage

- Vorhandenes Delta zwischen Gasleistung und elektrischer Leistung
- Vorhandene Anlagentechnik und ggf. nutzbare Anlagentechnik

Bedeutung der Flexibilisierungsumfanges (Bestands- und Neubauanlagen)

- Grad der Flexibilisierung → welches Delta zwischen Gasleistung und elektrischer Leistung soll erreicht werden?
- Flexibilisierungskonzept – z.B.
  - Größeres Ersatz-BHKW oder BHKW-Zubau
  - Zusätzlicher externer Gasspeicher oder Aufrüstung der Fermenter mit Doppelmembran-Gasspeichern

Einflussfaktoren auf die Kosten einer bedarfsgerechten Strombereitstellung



Beispiel Investitionsbedarf für VOV- Flexibilisierung von 500kW$_{el}$ auf 1MW$_{el}$ – im Neubau

Quelle: DBFZ, 2013

Annahmen zur Kostenberechnung für flexibilisierte Neubau-BGA (1)

- BHKW Investitionsbedarf nach BHKW-Herstellerbefragung
- Kosten Doppelmembran-Gasspeicher (*Jacobi et. al. [Flex. Biogasproduktion]*)
- Planung, Projektierung, Genehmigung (8% auf die BHKW Investition)
- Regel- und Steuertechnik (2% auf die BHKW Investition)
- Gasleitungen, Netzeinbindung (5% auf die BHKW Investition)
- Gastechnik (Aktivkohlefilter, Gaskühler etc.) - Pauschale i. A. v. BHKW
- Wartungskosten: Vollwartungsvertrag mit einem 15% Aufschlag ggü. dem konventionellen Betrieb
- Mehraufwand für Versicherung nach Grad der Flexibilisierung aufgrund flexibler Betriebsweise

Quelle: Masterarbeit Tino Barchmann (2013)

11

Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung für flexibilisierte Neubau-BGA (2)

- Inbetriebnahme Neubau zum 01.01.2013 – Betrachtungszeitraum 10 Jahre (für Gültigkeit der Flexibilitätsprämie)
- 45% Anteil an Managementprämie/ EPEX-Mehrerlöse an Vermarkter
- Pinst der BHKW im Basisfall: 100kW$_{el}$, 300kW$_{el}$, 500kW$_{el}$, 700kW$_{el}$
- Bemessungsleistung (PBem) bleibt für alle Flexibilisierungsfälle konstant
- In allen Flex-Szenarien wird jeweils „nur“ 1 BHKW installiert
- Betriebsweise: Start-Stopp-Betrieb (max. 2 Blöcke pro Tag)
- Installierte Leistung wird erhöht – Vollbenutzungsstunden pro Jahr im Basisfall: 8.200, Flex 1: 5.467, Flex 2: 4.100, Flex 3: 3.280, Flex 4: 2.733
- Einheitlicher Substratmix für alle Konzepte – 60% Mais, 20% Grassilage, 20% Rindergülle; (frischmassebezogen)

Quelle: Masterarbeit Tino Barchmann (2013)

12

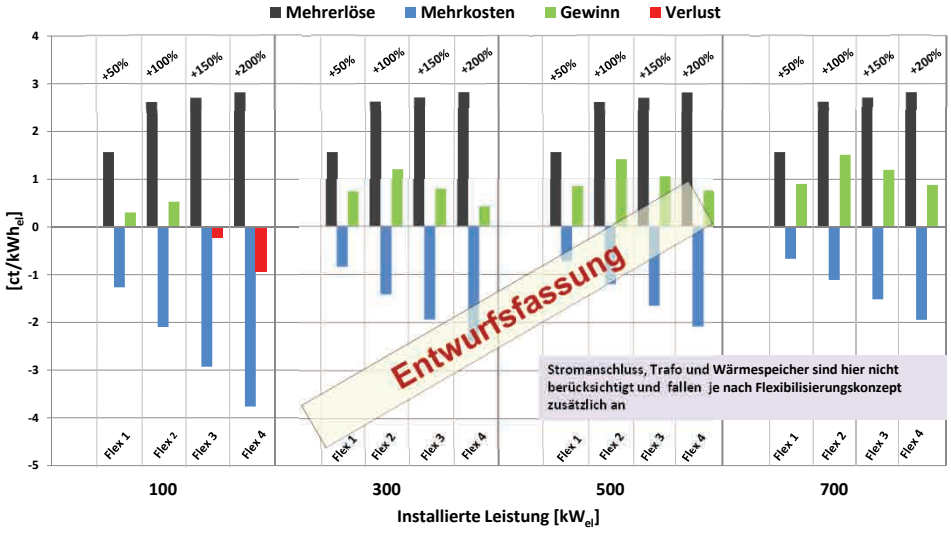
Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung für flexibilisierte Neubau-BGA (3)

- **Bereits vorhandener Gasspeicher im Basisfall: 4h (Anrechnung auf Flex-Fälle)**
- **Wärmebedarf Fermenter 25%; Vermarktung von 35% der erzeugten Wärme**
- **Wärmeerlöse: 3ct/kWhth**
- **Kalkulationszinssatz: 6%**
- **Inflation 1% auf Kapitalkosten und 2% auf Betriebskosten**
- **Strommarktoptimierung auf Basis von EPEX Spot Kontrakten aus 2012 - Auswahl optimaler Verstromungszeiträume im Start-Stopp-Betrieb**

Quelle: Masterarbeit Tino Barchmann (2013)

13

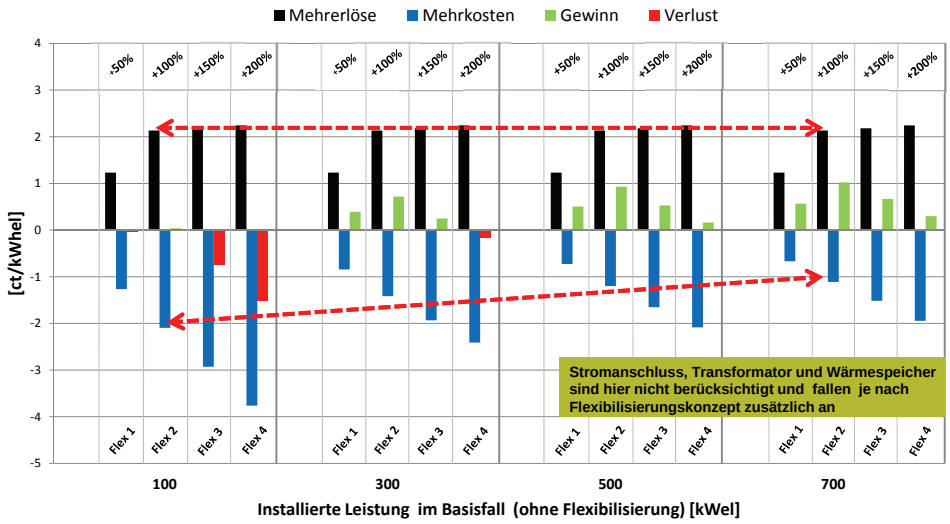
Wirtschaftliche Bewertung flexibilisierter Biogasanlagen - Neubau



Quelle: DBFZ 2013, Eigene Berechnungen anhand einer BHKW-Herstellerumfrage

14

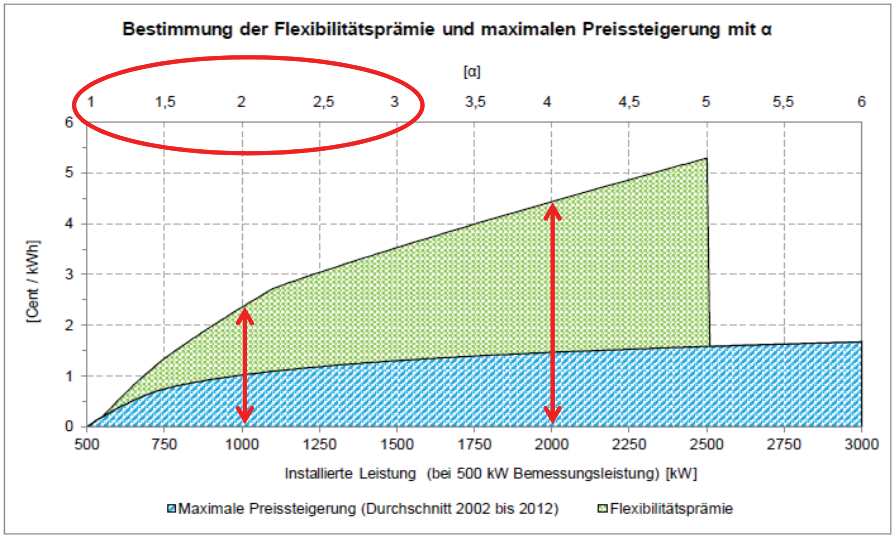
Wirtschaftliche Bewertung flexibilisierter Biogasanlagen – im Neubau, 10a Laufzeit



Quelle: DBFZ, 2013

15

Erlöse durch Flexibilität über die EEG-FlexPrämie und EPEX-Stromvermarktung



Quelle: Bachelorarbeit Daniel Paul (2013)

16

Flexibilisierter Betrieb von BGA – Zwischenfazit

- Flexibilitätsprämie trägt im Regelfall am meisten zur Finanzierung der Flexibilität bei
- Aufgrund von Degressionseffekten wird die Anlagenflexibilisierung vor allem bei größeren Anlagen angereizt, aber es kann ein Mehraufwand für Wärmespeicher, E-Technik und Gastechnik mit zunehmenden Flexibilisierungsgrad auftreten
- Bei gegebener Vergütungsstruktur bestimmt der Kostenverlauf das wirtschaftliche Optimum für die Flexibilisierung – unter den dargestellten Bedingungen wird die Verdoppelung der installierten Leistung am stärksten angereizt
- Für einen 10-jährigen Betrachtungszeitraum ist durch die Flexibilitätsprämie ein Anreiz zur Flexibilisierung von Neubau-BGA gegeben

17

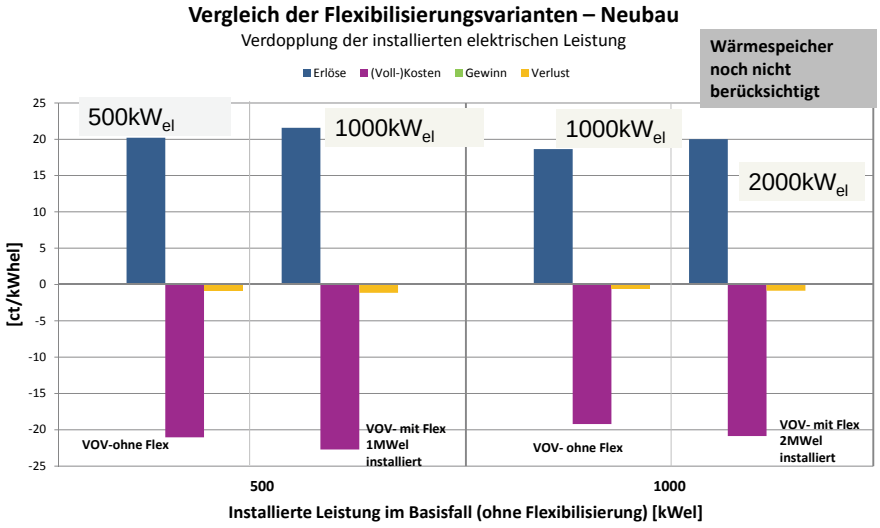
Wirtschaftliche Bewertung Faktor 2-Flex-BGA - im Neubau, 20a Laufzeit, 10a Flexprämie

Bemessungsleistung	Elektrische Leistung	IBN	VBh	BHKW Ersatz auf 20a
457kW$_{el}$	1MW$_{el}$	2014	4000	1 Kompletttausch und 1 GÜ
913kWel	2MW$_{el}$	2014	4000	1 Kompletttausch und 1 GÜ

- Substratstartpreise Mais 35€/t$_{FM}$; Roggen GPS 32€/t$_{FM}$ mit 2% Steigerung pro Jahr
- Anteil Stromhändler 45% bezogen auf MMP und EPEX-Mehrerlöse
- EPEX-Mehrerlöse auf Basis EPEX-Spot Optimierung 2012 für 2 Blöcke – 0,74ct/kWh$_{el}$
- Rechnung 1000kW$_{el}$ plus 1000kW$_{el}$ Neubau (2 BHKWs)

18

Wirtschaftliche Bewertung flexibilisierter Biogasanlagen – im Neubau, 20a Laufzeit



19

Quelle: DBFZ, 2013

Zusammenfassung und Ausblick

- **Die Flexibilitätsprämie ist ein starker Anreiz für eine bedarfsgerechte Stromerzeugung durch Biogasanlagen**
- **Besonders größere Anlagen profitieren von einer technischen Flexibilisierung**
- **Für die betrachteten Modellfälle (Neubau) mit einer 20jährigen Gesamtlaufzeit und der auf 10 Jahre Laufzeit festgesetzten Flexibilitätsprämie scheinen positive wirtschaftliche Ergebnisse nur bei Steigerung der Kosteneffizienz oder/und bei Steigerung der gesamten Mehrerlöspotenziale möglich - Hintergrund sind hier wiederkehrende Mehrkosten der Flexibilisierung über die Gesamtlaufzeit der Anlage**
- **Die Höhe der Flexibilisierungskosten ist in hohem Maße vom Status quo der Bestandsanlage, dem Flexibilisierungsgrad und dem Flexibilisierungskonzept abhängig**

20

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

DBFZ

Forschung für die Energie der Zukunft – Wir laden Sie ein!

Ansprechpartner

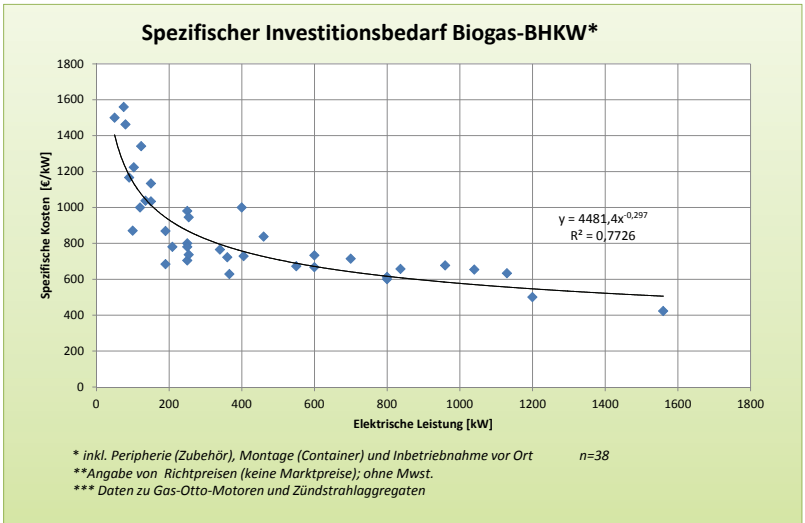
Dipl. Volkswirt Marcus Trommler

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig
Phone: +49 (0)341 2434 – 112
E-Mail: info@dbfz.de
www.dbfz.de

Kosten - BHKW

DBFZ



* inkl. Peripherie (Zubehör), Montage (Container) und Inbetriebnahme vor Ort n=38
**Angabe von Richtpreisen (keine Marktpreise); ohne Mwst.
*** Daten zu Gas-Otto-Motoren und Zündstrahlaggregaten

Quelle: DBFZ 2013, Auswertungen einer BHKW-Herstellerumfrage

22

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Biogenes Methan in Deutschland: Potenziale und Flexibilitätsoptionen

Klaus Hennenberg, Matthias Koch,
Katja Hünecke, Christoph Heinemann
(Öko-Institut)

Boris Dresen
(Fraunhofer UMSICHT)

Konferenz 5 Jahre BMU-Förderprogramm "Energetische Biomassenutzung“
Leipzig, 14. November 2014

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Biogenes Methan: Potenziale und Flexibilitätsoptionen

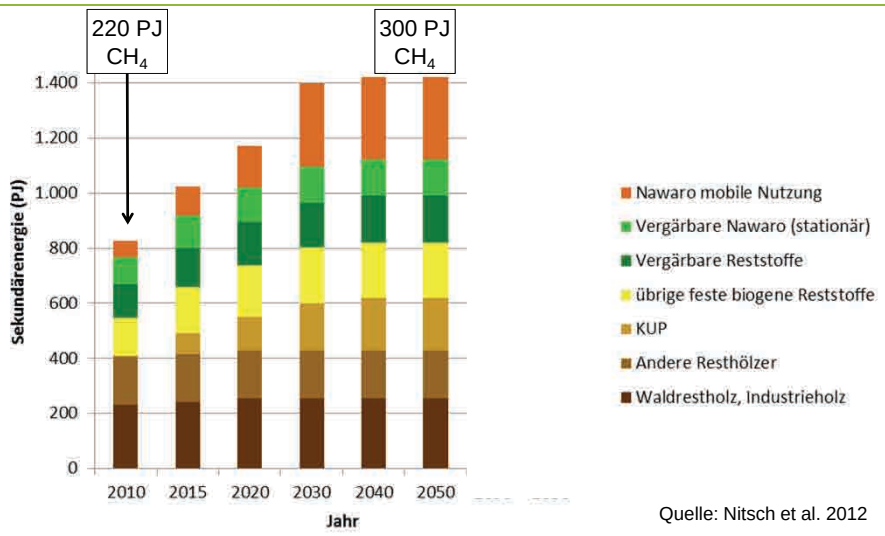
…verwendete Studien…

- Leitstudie (Nitsch et al. 2012)
- Bioenergie-Potenzialstudie NRW (Hiebel et al. *in Vorbereitung*)
- Verteilnetzstudie Rheinland-Pfalz (Arbeitsgemeinschaft Energynautics GmbH, Bird&Bird und Öko-Institut e.V. (ARGE 2013); Projektstand August 2013)

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Potenzial an biogenem Methan in Deutschland



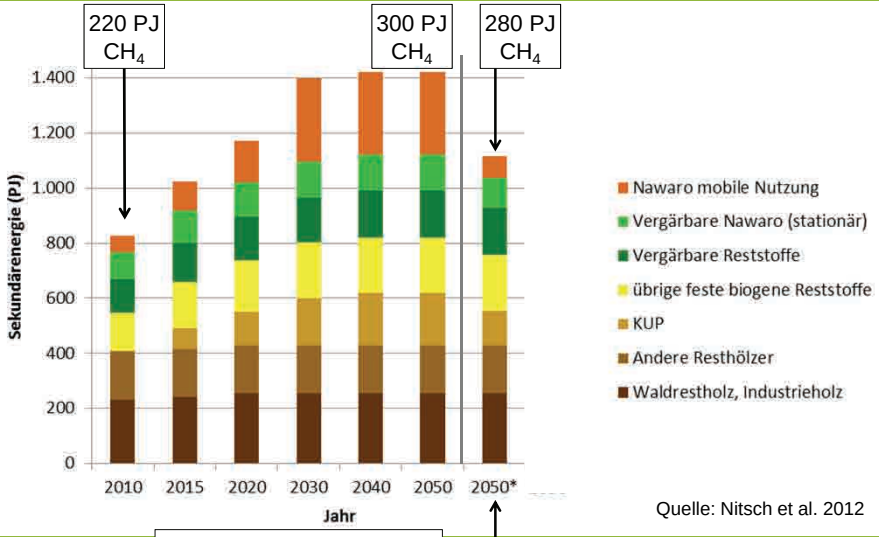
Quelle: Nitsch et al. 2012

3

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Potenzial an biogenem Methan in Deutschland



Quelle: Nitsch et al. 2012

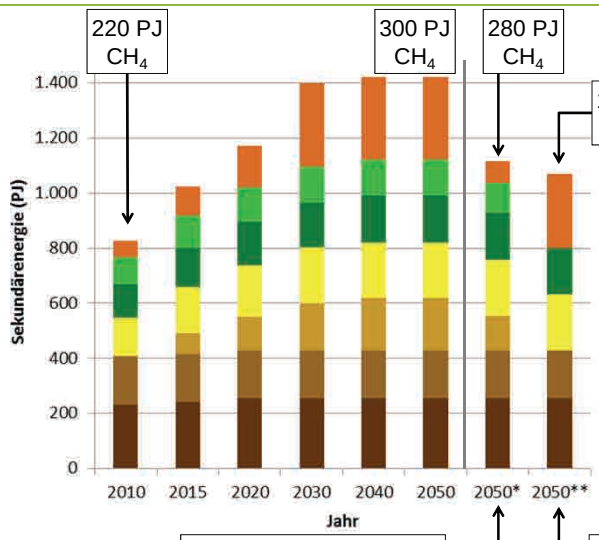
Anbaufläche wie 2010
Erträge wie 2050

4

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Potenzial an biogenem Methan in Deutschland



Biogenes Methan in 2050:

170 bis 300 PJ

2,1 bis 3,7 GJ/Kopf

Quelle: Nitsch et al. 2012

Anbaufläche wie 2010
Erträge wie 2050

Anbaufläche wie 2010
nur Biokraftstoffe

5

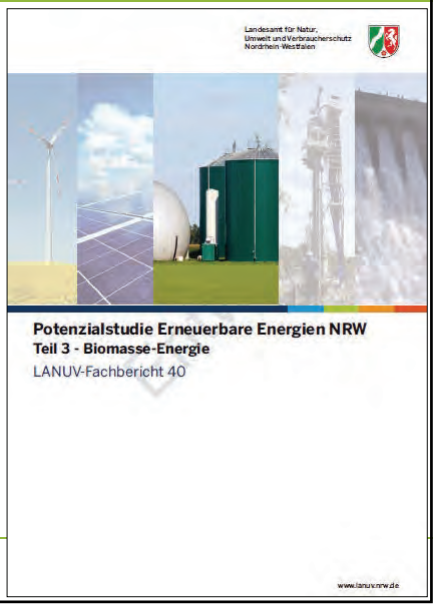
www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Potenzial an biogenem Methan in Nordrhein-Westfalen - Vorläufige Ergebnisse -

Anbaubiomasse – vier Szenarien

- Maximale Verdrängung (MAX)
- Ambitionierte Düngeverordnung (N-RED)
- Ambitionierter Naturschutz (NATUR)
- Nutzungsmuster aus 2010 (NUTZUNG 2010)



www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Potenzial an biogenem Methan in Nordrhein-Westfalen

	Aktuelle rechtliche Regelungen	Niedrige $N_{org.}$-Grenzen	Ambitionierter Naturschutz	Keine Nutzungs-änderungen
MAX	X			
N-RED	X	X		
NATUR	X	X	X	
NUTZUNG 2010	X	X	X	X

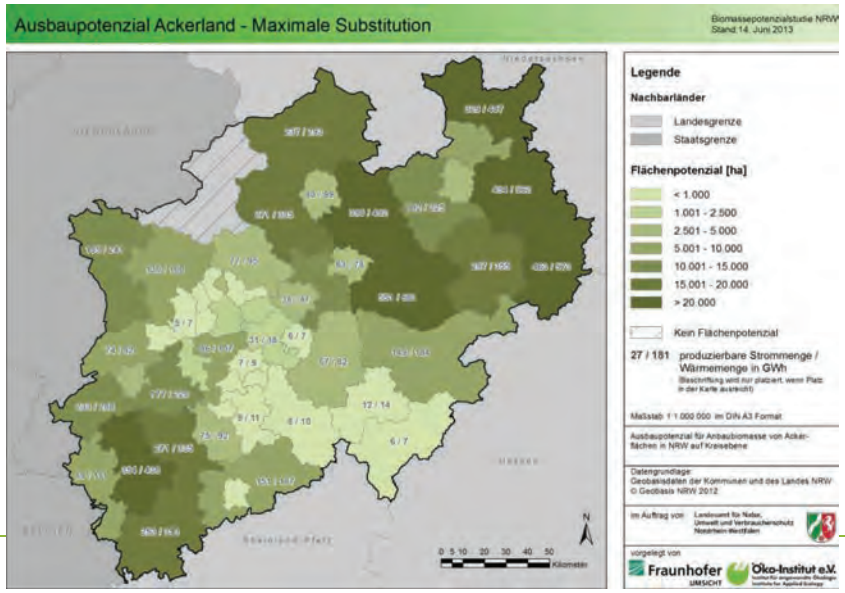
Potenzial abnehmend

7

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Ausbaupotenzial Anbaufläche Biogas: Szenario MAX

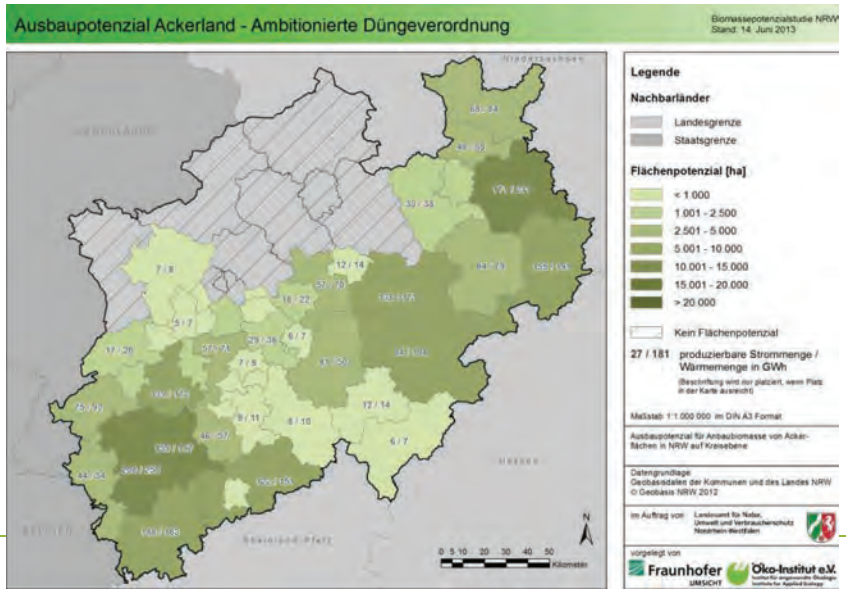


8

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

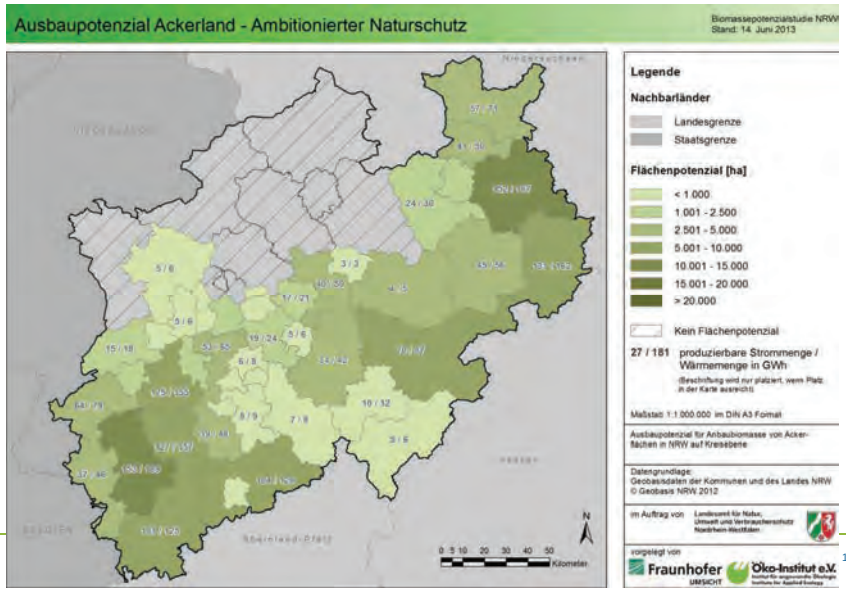
Ausbaupotenzial Anbaufläche Biogas: Szenario N-RED



www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

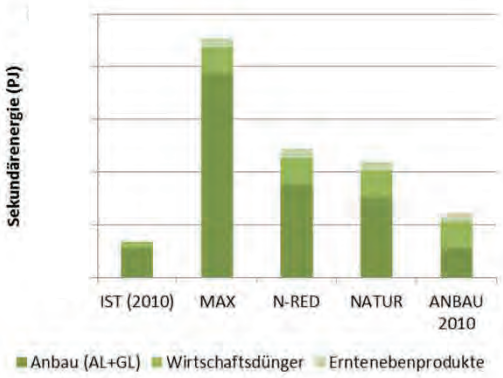
Ausbaupotenzial Anbaufläche Biogas: Szenario NATUR



www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Potenzial an biogenem Methan in Nordrhein-Westfalen - Vorläufige Ergebnisse -

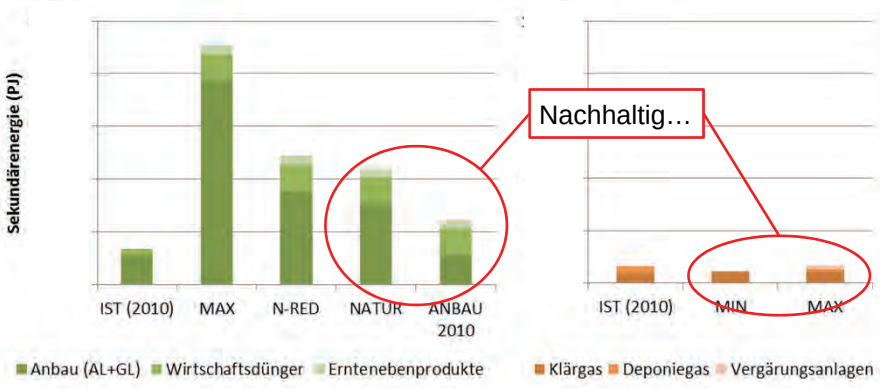


11

www.oeko.de

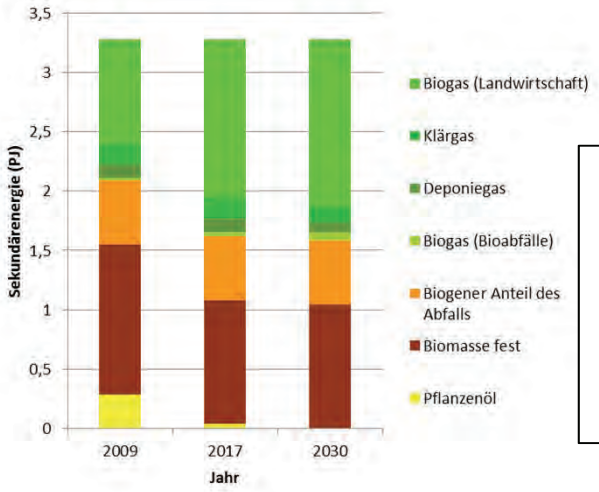
Öko-Institut e.V.

Potenzial an biogenem Methan in Nordrhein-Westfalen - Vorläufige Ergebnisse -



Nachhaltiges biogenes Methan in 2030:
1,7 bis 2,6 GJ/Kopf (geschätzt)
Strompotenzial im Vergleich: ca. 14 GJ/Kopf Wind + ca. 14 GJ/Kopf Solar

Potenzial an biogenem Methan in Rheinland-Pfalz



Biogenes Methan in 2030:

1,7 PJ

0,42 GJ/Kopf

Zusammenfassung Potenziale

	Deutschland	NRW	RLP
Biogas in 2030 bzw. 2050 (PJ)	170 – 300	nicht freigegen	1,7
Biogas in 2030 bzw. 2050 (TWh)	47,2 – 83,3	nicht freigegeben	0,47
Biogas pro Einwohner (GJ/Kopf)	2,1 – 3,7	1,7 – 2,6 (geschätzt)	0,42

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Flexible Biogasnutzung in RLP – Methodik

Strommarktmodell PowerFlex

- Lineares Optimierungsmodell (Minimierung der Gesamtkosten)
- Deckung der Stromnachfrage in stündlicher Auflösung

Flexible Biogasnutzung

- Kontinuierlicher Anfall an Biogas
- Saisonales Wärmebedarfsprofil für Fermenter
- → Deckung der Wärmenachfrage durch BHKW-Einsatz und Wärmespeicher
- → Abnahme des Biogases durch BHKW-Einsatz und Gasspeicher

15

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Flexible Biogasnutzung in RLP in 2030

	2010	Szenario-Jahr 2017	Szenario-Jahr 2030
Stromerzeugung aus Biogas (GWh)	330	430	470
Gasspeicher (h)	ca. 4	6	12
Wärmespeicher Fermenter (h)	12 - 24	12	12
BHKW Laufzeit (h)	7.000	6.500	5.000
BHKW Leistung (MW)	(47)	70	90
Davon Leistungszubau zur Flexibilisierung der BHKW (MW)	0	10	30
Kosten Zubau BHKW (ca. 1.000 €/kW)	0	10 Mio. €	30 Mio. €
Kosten Gasspeicher (ca. 43 €/kW/h)	0	0,9 Mio. €	5,2 Mio. €
Investitionsabhängige Kosten (€/a)		**1,05 Mio. €**	**3,52 Mio. €**

16

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Merit Order und Potenzialerhebung für Flexibilität und Speicher in Rheinland-Pfalz

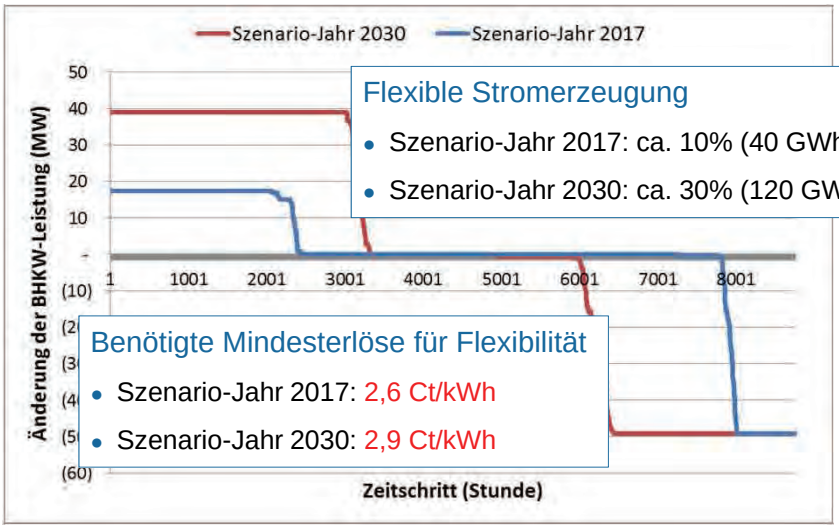
	Wirkungs-grad	Speicher-verluste	Flexibilitäts-Potenzial 2030
Biogas- und Klärgas-BHKW mit Gasspeicherung	100 %	0 %/h	40-50 MW für max. 12 h
Lastmanagement	100 %	0,5 %/h bei Kälte- oder Wärmespeichern	Ca. 300 MW für max. 2 h (Jahresprofil)
KWK-Anlagen mit Wärmespeicher	100 %	0,5 %/h	500 MW für max. 4 h (saisonales Wärmeprofil)
PV-Batteriesysteme	85 %	0,01 %/h	90 MW für max. 2 h
Pumpspeicherkraftwerke	75 % - 80 %	0 %	1.450 MW für ca. 5 h
Power-to-Heat	50 %	0,5 %/h bei Wärmespeichern	Max. 3.000 MW (saisonales Wärmeprofil)
Power-to-Gas	25 % - 35 %	0 %	200 MW

Projekt Verteilnetzstudie Rheinland-Pfalz, Arbeitsgemeinschaft Energynautics GmbH, Bird&Bird und Öko-Institut e.V., Teilergebnisse Zwischenbericht August 2013

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Flexibler BHKW-Einsatz von Biogasanlagen in Rheinland-Pfalz



Flexible Stromerzeugung

- Szenario-Jahr 2017: ca. 10% (40 GWh)
- Szenario-Jahr 2030: ca. 30% (120 GWh)

Benötigte Mindesterlöse für Flexibilität

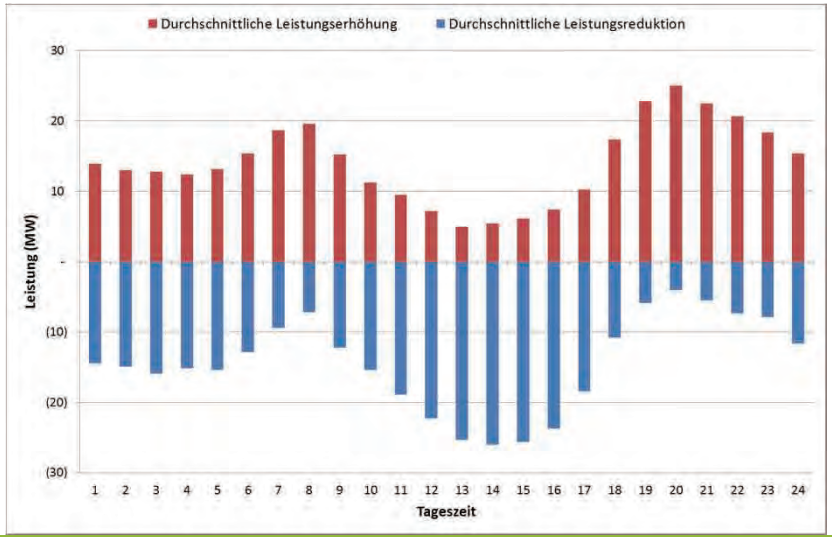
- Szenario-Jahr 2017: 2,6 Ct/kWh
- Szenario-Jahr 2030: 2,9 Ct/kWh

Projekt Verteilnetzstudie Rheinland-Pfalz, Arbeitsgemeinschaft Energynautics GmbH, Bird&Bird und Öko-Institut e.V., Teilergebnisse Zwischenbericht August 2013

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Flexibler BHKW-Einsatz von Biogasanlagen in Rheinland-Pfalz im Szenario-Jahr 2030



Projekt Verteilnetzstudie Rheinland-Pfalz, Arbeitsgemeinschaft Energynautics GmbH, Bird&Bird und Öko-Institut e.V., Teilergebnisse Zwischenbericht August 2013

19

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Fazit

Biogaspotenzial

- Biogaspotenziale in Deutschland sind für Abfälle und Reststoffe zum großen Anteil erschlossen
- Ausbaupotenziale für Anbaubiomasse sind aus ökologischen Gründen Grenzen gesetzt und wird von Teilen der Fachwelt wird er als generell fragwürdig eingestuft .

Flexibilität von Biogasanlagen

- Biogasanlagen stehen in der Flexibilitäts-Merit-Order ganz oben, da sie nur sehr geringe Speicherverluste aufweisen. Sie werden Modellierung bevorzugt als Flexiblitäts-Option eingesetzt.
- Die Speicherdauer (12h) reicht aus, um das PV-Profil in den Morgen- und Abendstunden zu ergänzen.
- Die Kosten der flexiblen Stromerzeugung aus Biogas liegen aus Sicht des Anlagebetreibers bei rund 3 Ct/kWh.

20

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.

Ihre Ansprechpartner

Dr. Klaus Hennenberg
Projektmanager

Öko-Institut e.V.
Büro Darmstadt
Rheinstr. 95
64295 Darmstadt

Telefon: +49 6151 8191-177
E-Mail: k.hennenberg@oeko.de

Dr. Matthias Koch
Projektmanager

Öko-Institut e.V.
Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 17 71
79017 Freiburg

Telefon +49 0761-45 295-218
E-Mail: m.koch@oeko.de

Flexible Vermarktung von Strom aus Biogas mit dem EEG 2012 – Chancen und Grenzen

Martin Henßler, Ludger Eltrop, Marlies Härdtlein

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart

5. Statuskonferenz

Forum 4 - Flexible Bioenergiebereitstellung

14.- 15. November 2013, Leipzig

Rahmenbedingungen und Zielsetzungen

1. Biogas soll sich als Speicherform der Sonnenenergie für den flexiblen und zur Wind- und Solarenergie komplementären Einsatz am (Strom-) Markt bewähren.
2. Direktvermarktungsoptionen im EEG 2012 verschaffen den Betreibern die Möglichkeiten am Marktgeschehen teilzunehmen.

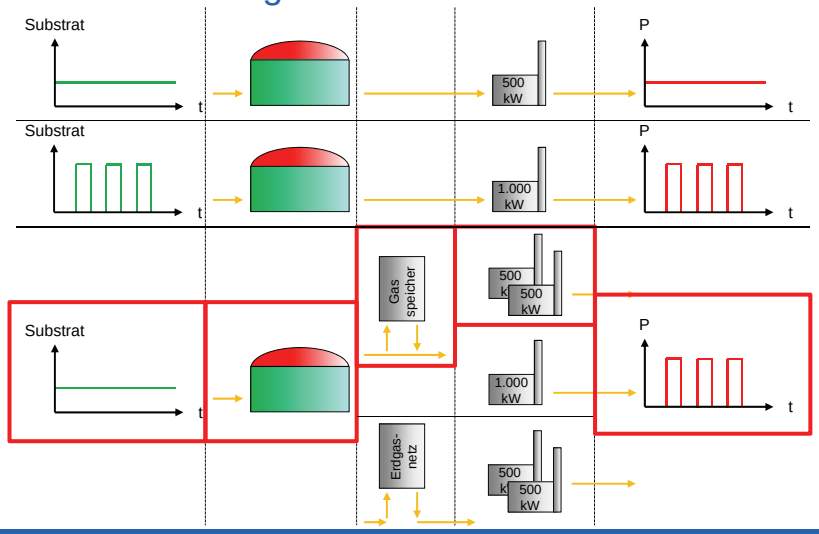
→ Welche technischen Möglichkeiten und Grenzen gibt es für die flexible Gas- und Strombereitstellungen?

→ Welche ökonomischen Chancen (und Grenzen) geben die Instrumente des EEG 2012 den Betreibern (Landwirten) an die Hand?

→ Welche Art der Betriebsführung ist für ein wirtschaftliches Ergebnis erforderlich?

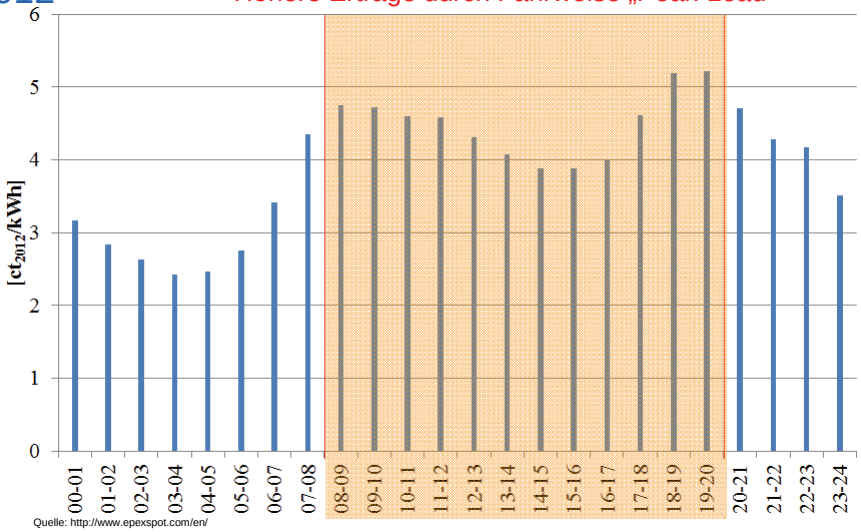
→ Wie ist die Kosten-Nutzen-Relation einer EEG-konformen Betriebsweise?

Technische Möglichkeiten für die flexible Gas- und Strombereitstellung



EPEX Spotmarkt – durchschnittliche Stundenpreise 2012

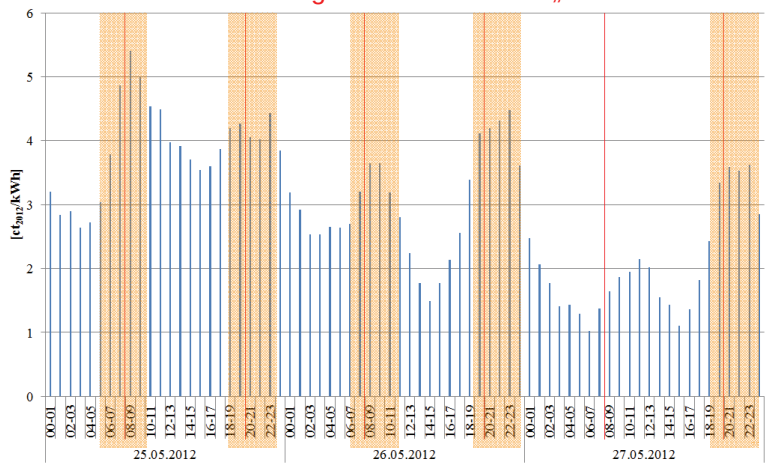
Höhere Erträge durch Fahrweise „Peak-Load“



Quelle: http://www.epexspot.com/en/

EPEX Spotmarkt – Stundenpreise (25. – 27.05.2012)

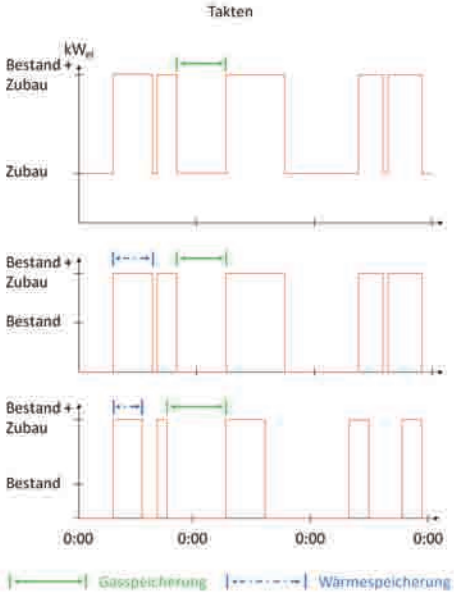
Höchste Erträge durch Fahrweise „Takten“



Quelle: http://www.epexspot.com/en/

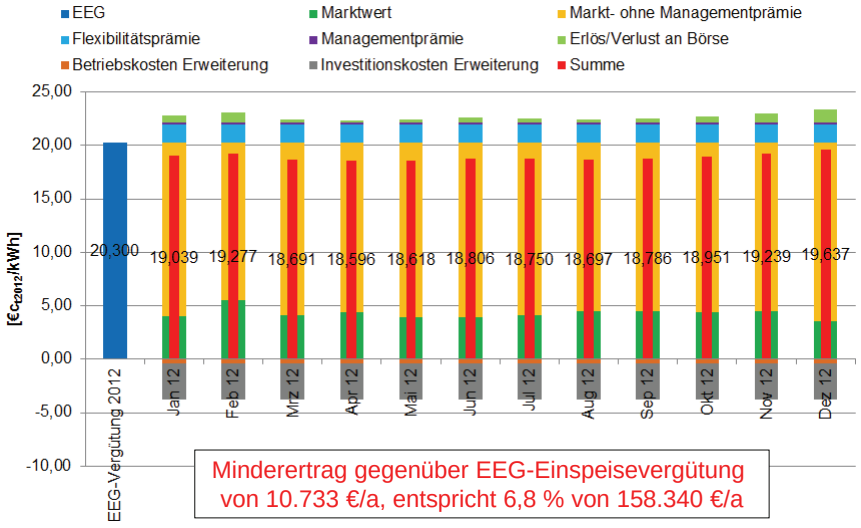
Methodik

- Vier Referenzanlagen: 100, 250, 500 und 750 kW_{el}
- Biogasproduktion bleibt dieselbe
- Wirkungsgrad neues BHKW entspricht Wirkungsgrad Bestandsanlage
- Erweiterung: 50, 100 bzw. 200 %
- Fahrplan
  i. Peak-Load
  ii. Takten



Aufwendungen und Erlöse der 100 kW_{el} BGA

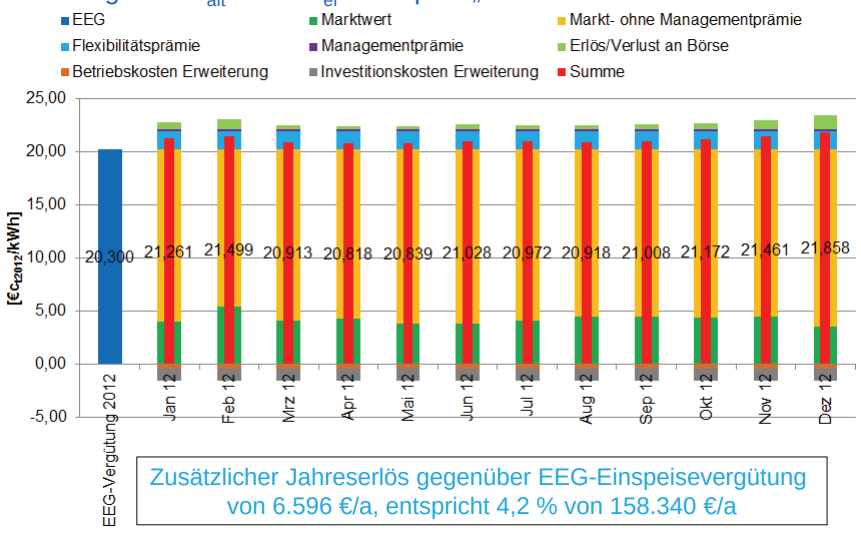
Erweiterung $BHKW_{neu}$ 100 kW_{el} / Fahrplan „Peak-Load“



Minderertrag gegenüber EEG-Einspeisevergütung von 10.733 €/a, entspricht 6,8 % von 158.340 €/a

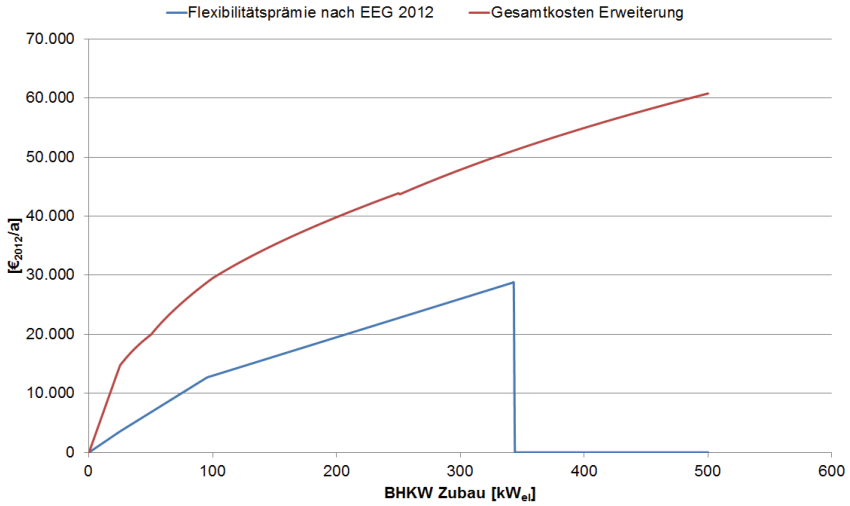
Aufwendungen und Erlöse der 100 kW_{el} BGA

Erweiterung $BHKW_{alt}$ 100 kW_{el} / Fahrplan „Peak-Load“



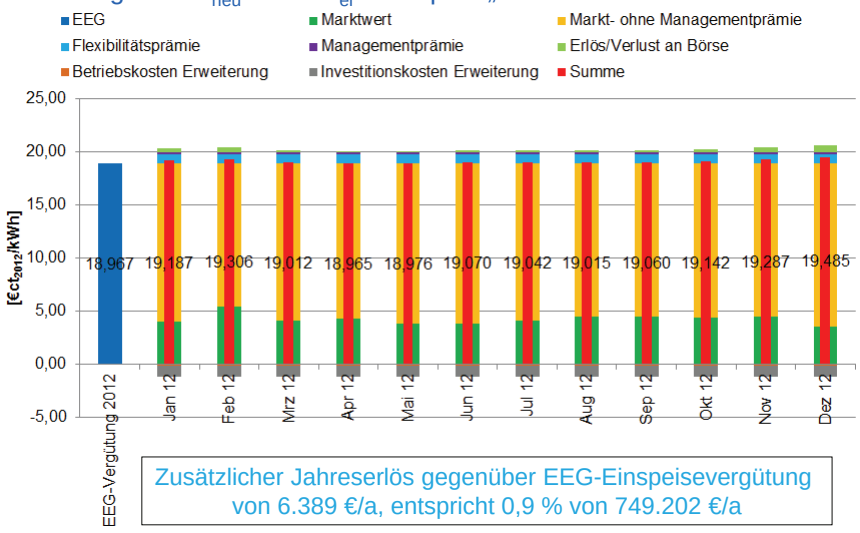
Zusätzlicher Jahreserlös gegenüber EEG-Einspeisevergütung von 6.596 €/a, entspricht 4,2 % von 158.340 €/a

Bilanz aus Flexibilitätsprämie und Investitionskosten der Erweiterung für 100 kW_{el} BGA



Aufwendungen und Erlöse der 500 kW_{el} BGA

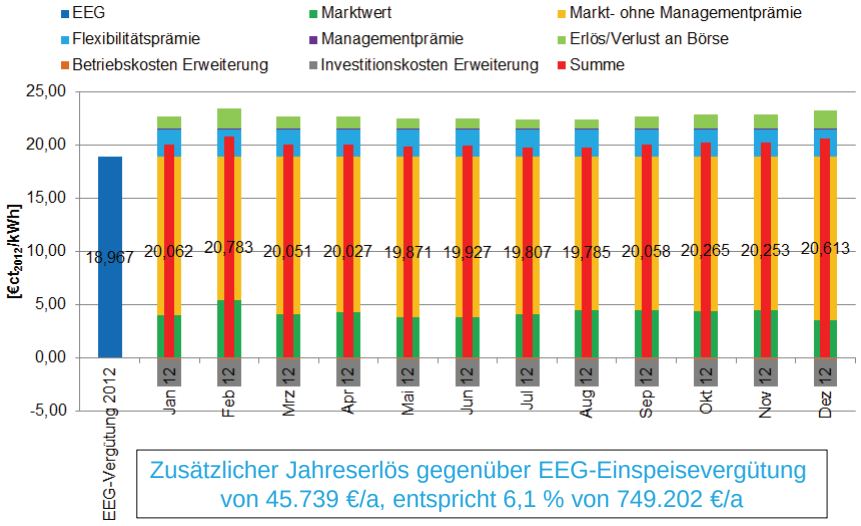
Erweiterung $BHKW_{neu}$ 250 kW_{el} / Fahrplan „Peak-Load“



Zusätzlicher Jahreserlös gegenüber EEG-Einspeisevergütung von 6.389 €/a, entspricht 0,9 % von 749.202 €/a

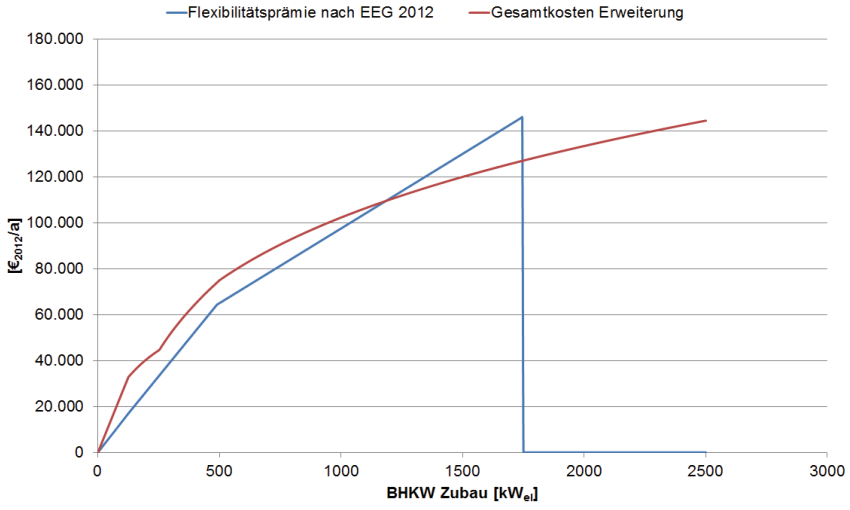
Aufwendungen und Erlöse der 500 kW_{el} BGA

Erweiterung $BHKW_{neu}$ 1.000 kW_{el} / Fahrplan „Takten“



Zusätzlicher Jahreserlös gegenüber EEG-Einspeisevergütung von 45.739 €/a, entspricht 6,1 % von 749.202 €/a

Bilanz aus Flexibilitätsprämie und Investitionskosten der Erweiterung für 500 kW_{el} BGA



Zusammenfassung der Ergebnisse 100 und 250 kW_{el}

Bestandsanlage	**100 kW_{el}**			**250 kW_{el}**		
Volllaststunden	7.800 h/a			7.800 h/a		
Stromproduktion	780.000 kWh/a			1.950.000 kWh/a		
EEG Vergütung	158.340 €			383.202 €		
Erweiterung	50%	100%	200%	50%	100%	200%
Mehrerlös / Verlust gegenüber EEG Vergütung						
Peak-Load	-9.648 € -6,1%	-10.733 € -6,8%	-16.588 € -10,5%	-5.238 € -1,4%	-1.421 € -0,4%	-9.861 € -2,6%
Takten	-8.881 € -5,6%	-9.616 € -6,1%	-10.400 € -6,6%	-3.270 € -0,9%	1.570 € 0,4%	5.677 € 1,5%

Zusammenfassung der Ergebnisse 500 und 750 kW_{el}

Bestandsanlage	**500 kW_{el}**			**750 kW_{el}**		
Volllaststunden	7.900 h/a			8.000 h/a		
Stromproduktion	3.950.000 kWh/a			6.000.000 kWh/a		
EEG Vergütung	749.202 €			1.087.368 €		
Erweiterung	50%	100%	200%	50%	100%	200%
Mehrerlös gegenüber EEG Vergütung						
Peak-Load	6.389 € 0,9%	19.362 € 2,6%	14.180 € 1,9%	18.703 € 1,7%	45.675 € 4,2%	45.246 € 4,2%
Takten	10.450 € 1,4%	25.678 € 3,4%	45.739 € 6,1%	24.977 € 2,3%	55.638 € 5,1%	93.307 € 8,6%

Schlussfolgerung / Ausblick

- BGA < 500 kW_{el} haben es schwer, zu einem positiven Ergebnis zu kommen.
- Mit gebrauchten BHKW können die Investitionskosten gering gehalten werden.
- Bei größeren BGA (ca. ab 500 kW) kann die Flexprämie allein die Kosten der Erweiterung decken.
- Der Fahrplan „Takten“ ermöglicht durch geschicktes Handeln am Markt einen höheren Erlös als der Fahrplan „Peak-Load“.
- Auch wenn zusätzliche („neue“) BHKWs bessere technische Leistungen zeigen können, müssen sie bei den alternativen Fahrplänen („Takten“ oder „Peak-Load“) noch unter Beweis stellen, dass sie weiter optimal funktionieren.
- Größere Gasspeicher können ggf. unter die Störfallverordnung fallen und müssen dann zusätzliche Anforderungen (Investitionsbedarf!) erfüllen.

→ Laufende Untersuchungen betrachten systemanalytische Bewertung der Bioenergie im Energiesystem BW mit hohen Anteilen fluktuierender Energieerzeugung.

Das Projekt wurde gefördert durch das Land Baden-Württemberg und das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) mit Mitteln der Baden-Württemberg Stiftung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)

Abteilung Systemanalyse und Erneuerbare Energien (SEE)

Martin Henßler
Tel.: +49 (0)711 685 878 53
martin.henssler@ier.uni-stuttgart.de

Dr. Ludger Eltrop
Tel.: +49 (0)711 685 878 16
ludger.eltrop@ier.uni-stuttgart.de

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

dena Deutsche Energie-Agentur | Fraunhofer IWES | Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Klima schutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

Biomethan in Kraft-Wärme-Kopplung – ein Branchenleitfaden zu Markt, Einsatzmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit

FKZ-Nr. 03KB078

Laufzeit: 01.12.2012-31.12.2013

5. Statuskonferenz, Leipzig, 14.11.2013

Biomethanmarkt

Energetische Biomassenutzung

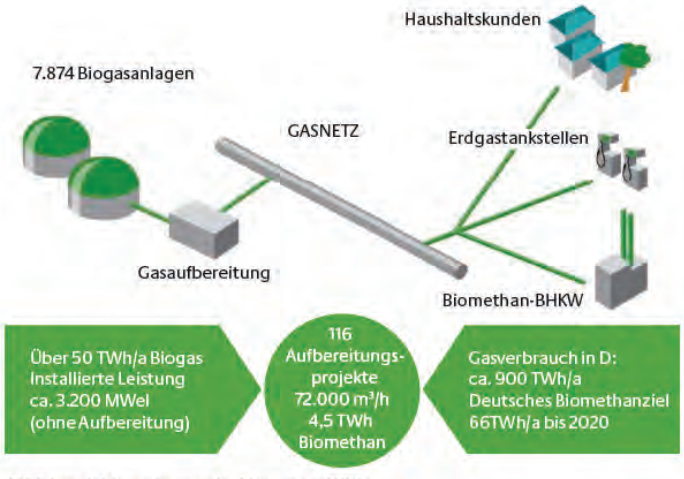
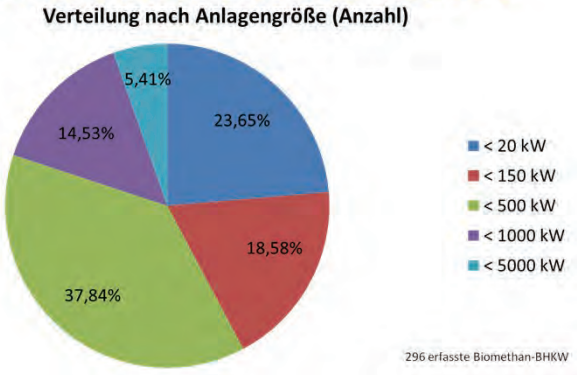


Abbildung 1: Biomethanmarkt, Mengen und Ziele (alle Angaben sind Brennwert-bezogen) (Quellen: dena 2013; Fraunhofer IWES 2013; AG Energiebilanzen e.V. 2013; BNetzA 2013).

Biomethanmarkt

Energetische Biomassenutzung

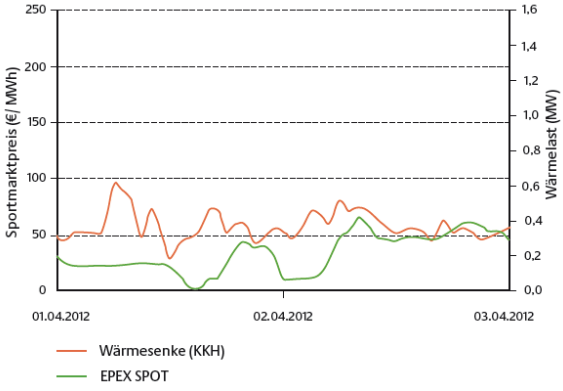


- über 40% der Biomethan-BHKWs sind kleiner als 150 kW
- Mehr als die Hälfte der BHKWs ging im Zeitraum vor 2009 erstmals in Betrieb
- Die Zahl der BHKW, die für die Flexibilitätsprämie angemeldet sind, steigt: 271 (mit Stand 30.09.2013)

Direktvermarktung

Energetische Biomassenutzung

- Direktvermarktung eröffnet die Chance, die Betriebsweise des BHKWs stärker an den Strompreisen auszurichten
- Durch die Flexibilitätsprämie ist eine strom- und wärmegeführte Betriebsweise möglich



→ neu: BHKW-Auslegung außerhalb des Grundlastbetriebs wirtschaftlich interessant

Neue BHKW-Konzepte

Energetische Biomassenutzung

- Klassische Auslegung im wärmegeführten Betrieb: Grundlastbetrieb, der ca. 50-75% des Jahres-wärmebedarfs deckt

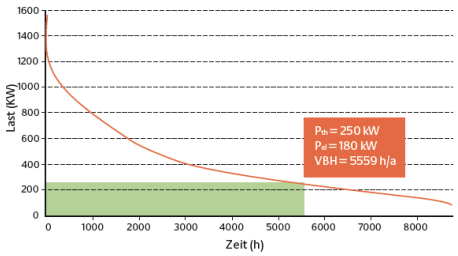


Abbildung 7: Auslegung wärmegeführtes BHKW.

- Wärmegeführte Direktvermarktung: in den Übergangszeiten wird die Stromerzeugung aus Niedrigpreiszeiten in Hochpreiszeiten verlagert und Wärme zwischen-gespeichert

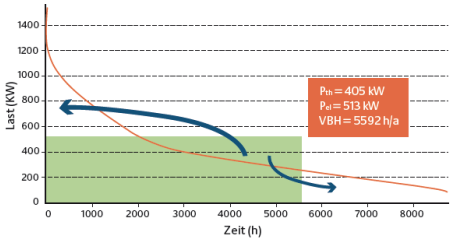


Abbildung 8: BHKW-Auslegung bei wärmegeführter Betriebsweise und Direktvermarktung.

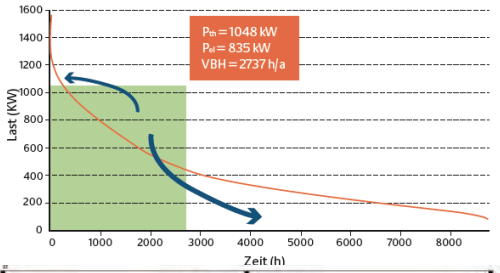
Neue BHKW-Konzepte

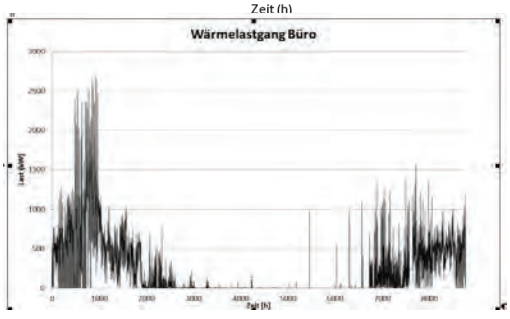
Energetische Biomassenutzung

- Strom- und wärmegeführter Betrieb: ganzjährig bedarfs-orientierte Strom-erzeugung durch Erhöhung der Erzeugungs- und Speicherkapazitäten

→ Inanspruchnahme der Flexibilitätsprämie

→ Wärmesenken ohne nennenswerte Wärmelast in Sommermonaten können mit BHKWs erschlossen werden





Wirtschaftlichkeit

Energetische Biomassenutzung

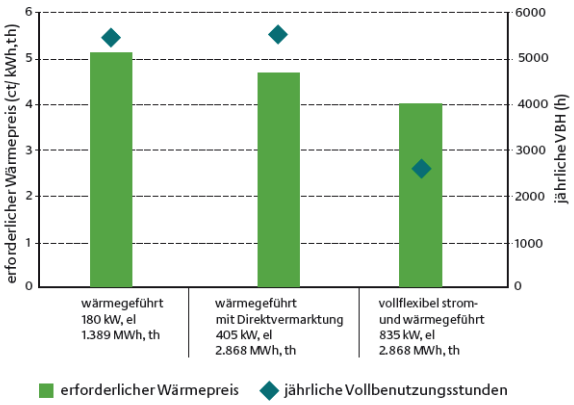
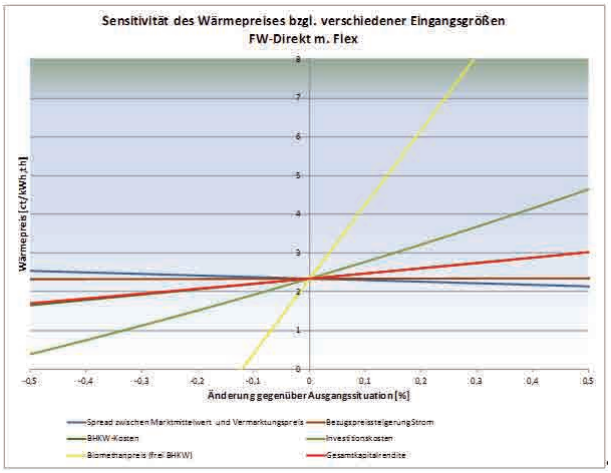


Abbildung 10: Erforderlicher Wärmepreis für unterschiedliche BHKW-Betriebskonzepte.

- Erforderliche Wärmepreise können durch Direktvermarktung, Flexiblitätsprämie und bedarfsorientierter Stromerzeugung gesenkt werden
- Leitfaden: Ausführliche Wirtschaftlichkeitsberechnungen für 3 Wärmesenken mit je 3 unterschiedlichen Betriebs- und Direktvermarktungskonzepten

Wirtschaftlichkeit

Energetische Biomassenutzung



- die Wirtschaftlichkeit von Biomethan-BHKWs kann durch viele Stellschrauben verbessert werden
- Der „Leitfaden Biomethan-BHKW direkt“ beschreibt zahlreiche Optimierungsmöglichkeiten

Leitfaden und Branchenkompass

Energetische Biomassenutzung

- Branchenkompass Biomethan in KWK
  - Komprimierte und anschauliche Informationsbroschüre
  - Biomethan-BHKW Umsetzung „Schritt für Schritt“
  - 28 Seiten, 9 Abbildungen

- Leitfaden Biomethan BHKW direkt
  - Ausführlicher Leitfaden zur erfolgreichen Umsetzung eines Biomethan-BHKWs
  - zahlreiche Kennwerte, Infoboxen, Praxisbeispiele
  - 150 Seiten, 51 Abbildungen, 31 Tabellen

Praxispartner

Energetische Biomassenutzung

- Praxispartner steuerten zahlreiche Kennwerte, Praxisbeispiele, Geschäftsmodelle und Einschätzungen bei:

agri.capital

Arcanum ENERGY Neue Energie für neue Märkte.

BBH Becker Büttner Held Rechtsanwälte · Wirtschaftsprüfer · Steuerberater

bmp greengas energy for generations

enerbasics

HAASE Energietechnik

LANDWÄRME

LichtBlick die Zukunft der Energie

Städtische Werke Aktiengesellschaft

Forschungsbedarf

Energetische Biomassenutzung

- Verbesserung des Zusammenspiels von Anlagentechnik (Motoren, Wärmespeicher, Peripherie) und Direktvermarktung, um zukünftig vermehrt Systemdienstleistungen (z.B. MRL, SRL) zu übernehmen
- Chancen und Rolle von Biomethan-BHKWs evaluieren, die durch zukünftige energiewirtschaftliche Änderungen entstehen
- Entwicklung von Anlagen- und Betriebs- und Vermarktungskonzepten, die auf energiewirtschaftliche Änderungen reagieren können

2. Tag

Arbeitsgruppen

Energetische Biomassenutzung

AG 1

Ökobilanzierung

Energetische **Biomassenutzung**

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

DBFZ NEXT KRAFTWERKE

Gefördert durch

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

03KB073A/B: OptFlex Biogas

Ermittlung eines technisch-ökonomisch optimierten Betriebs flexibler Biogasanlagen

Laufzeit: 01.09.2012 – 31.12.2014

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Inhalt des Projektes

Energetische Biomassenutzung

- Bedarfsgerechte Stromerzeugung
- Stromangebot und –nachfrage im Einklang
- Ermittlung der Emissionen aus dem flexiblen Betrieb unterschiedlicher Biogasanlagen stundengenau
- Ermittlung des bestmöglichen Einspeisezeitpunktes

1) Nach ökonomischen Gesichtspunkten
2) Nach ökologischen Gesichtspunkten

Herausforderung Flexibilisierung

Energetische Biomassenutzung

- Flexibilisierung im Sinne einer Änderung von bestimmten Parametern in Bezug auf BHKW

→(Wirkungsgrad, Fahrweise (Teillast, Vollast, Einsatz von Gasspeichern))

- Flexibilisierung: für BHKW und Einsatz Gasspeichern
- Vorkette bleibt statisch

Wie wird Flexibilisierung in Ökobilanz eingefangen?

- Bisherige Möglichkeiten: Vergleich einzelner Szenarien
- Problem: Flexibilisierung ist nur im begrenzten Umfang zu berücksichtigen
- Methodische Möglichkeiten mit gängigen Bilanzierungssoftwares sind begrenzt

Welche Möglichkeiten gibt es darüber hinaus?

Lösungsansatz im Projekt: Excel Tool

Energetische Biomassenutzung

- **Statischer Teil:** Berechnung mit Bilanzierungssoftware, Ergebnisübertragung in Excel
- **flexibler Teil:** Excel (mit Möglichkeit der Änderung von Größen durch Anwender)

- weitere Möglichkeit: komplette Prozesskette wird mit Excel erfasst (mögliche Unübersichtlichkeit durch zahlreiche Prozessschritte)

Herausforderung Referenz

Energetische Biomassenutzung

- Zweite Herausforderung: geeignete Referenz
- Bisherige Referenzen: deutscher Strommix (stundengenau), fossiler Anteil des deutschen Strommixes, GuD-Kraftwerk

Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- THG-Workshop Ende Januar 2014 geplant
- Diskussion methodische Umsetzung Flexibilisierung, Referenzen

Energetische Biomassenutzung

M.Sc. Geogr. Eva Nebel
Bereich Bioenergiesysteme (BS)
Tel. +49 (0)341 2434-596
E-Mail: eva.nebel@dbfz.de

DBFZ
Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig

AG 2a

Technologien – Gasförmige Bioenergieträger

Energetische Biomassenutzung

Energetische Biomassenutzung

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

Diskussion in den Arbeitsgruppen

Arbeitsgruppe 2a: Biogastechnologie

AG-Leiter:
J. Liebetrau (DBFZ) und B. Faßauer (IKTS)

Protokollant: Mathias Stur (DBFZ)

AGENDA

Energetische Biomassenutzung

- Präsentationen - Vorstellung der Vorhaben
  - Neu 5 min
  - Aktuell 10 min
  - Abgeschlossen 15 min
- Messmethodensammlung Biogas
- Forschungs-/Regelungsbedarf aktuell & 2030
- Effizienzdiskussion

Messmethodensammlung Biogas

Energetische Biomassenutzung

- Beginn 2010
- Neue Auflage bis Ende 2013
- 10 Institutionen
- 37 Autoren
- 39 Methoden
- 10 neue Methoden
- 5 angepasste Methoden
- Englische Fassung in 2014 (bereits in Arbeit)

Messmethodensammlung Biogas

Energetische Biomassenutzung

10 neue Methoden:

- Kontinuierliche Vergärungsversuche
- Massebilanzierung
- Untersuchung von Feststoffproben (Substraten) und Gärresten mit HPLC auf aliphatische und aromatische Säuren, Alkohole und Aldehyde
- Bestimmung von Zuckern und Glucose-Abbau-Produkten
- Bestimmung des Schaumpotenzials mit dem „Bubble-Test
- LEIPZIGER SCHAUMTESTER – Testset zur Bestimmung der Schaumneigung von Substrat im aktiven Gärmaterial
- Erfassung der diffusen Emissionen aus Biogasanlagen mittels optischer Fernmesstechnik
- Bestimmung von Aldehyden, Alkoholen, Ketonen, volatilen Fettsäuren
- Bestimmung von Zuckern basierend auf einer GC-MS Analytik
- Bestimmung des Restgaspotenzials

Neue Methoden 2014?

Energetische Biomassenutzung

Messmethodensammlung Biogas
Methoden zur Bestimmung von analytischen und prozessbeschreibenden Parametern im Biogasbereich

Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung"
BAND 7

→Integration neuer Methoden?

- In dt. und englisch
- NIRS (Fabian Jacobi, DBFZ)
- Derivatisierung von GC-Proben zur Bestimmung von Lactose (Jana Mühlenberg; Martin Apelt, DBFZ)
- Bestimmung von Lactose mittels HPLC (Jana Mühlenberg; Martin Apelt, DBFZ)
- Summenparameter S, Siloxan-Analytik (Hr. Bobach)
- Füllstandsbestimmung (T, p); Biogasvolumenstrom; Gasspeicherfüllstände (Hr. Sonnleitner/Häring)
- Simulationstool, Regressionsanalysen (Hr. Sonnleitner/Häring; HS Ingolstadt)
- mikrobiologische Aktivität, Aufschlussmethoden (Spurenelemente) (Hr. Pröter)

- **Deadline für nächste Ausgabe**: Bis 1.12.13 noch neue Methoden aufnehmbar!

TIPP >> VERANSTALTUNG

Energetische Biomassenutzung

Tagung Prozessmesstechnik in Biogasanlagen
Leipzig, 25./26.03.2014
>> Im Rahmen des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung"

THEMEN

- Welche Prozessmesstechnik ist für den effizienten Betrieb einer Biogasanlage sinnvoll? – Folgen unzweckmäßiger und unzureichender Ausstattung
- Zuverlässigkeit und Aussagekraft von Labormessungen
- Massenbilanzierung als Werkzeug zur Effizienzbewertung
- Messtechnische Ausstattung für das optimale Sicherheitskonzept von Biogasanlagen
- Herausforderung Erfassung von Rohbiogas und Biomethanmengen: Messmethoden, Messstellenkonzepte, Ersatzwertbildung
- Prozessregelung durch Fuzzy Logic und modellbasierte Online-Überwachung: Wie komplex müssen Modelle wirklich sein?
- Neue Sensorkonzepte auf der Basis von elektronischen Zungen und lichtadressierbarer potentiometrischer Sensoren
- **Parallele Spezialsession „Mikrobiologische Messmethoden für die Prozesskontrolle bei Biogasanlagen"**

Diskussion

Energetische Biomassenutzung

Vor dem Hintergrund von Kosten- und THG-Minderung, sowie notwendiger Effizienzsteigerung – was brauchen wir an technischen Entwicklungen und pol. Rahmenbedingungen?

- Regelungsbedarf aktuell – was muss an politischen Rahmenbedingungen geändert werden? (max. 2 Punkte)
- Welche signifikanten technologischen Entwicklungen sind notwendig bis 2020/2030 (max. 2)
- Aktueller Forschungsbedarf (max. 2)

Energetische Effizienz der Biogasproduktion und Verwertung:

- Fragestellung / Effizienzbegriffe / Methode
  - Bestimmung der technischen Effizienz / Wirkungsgrad / Wirkungsgrade in %
  - Methodischer Bedarf (insbesondere biologischer Prozess)
  - Wer hat Interesse mitzuwirken?

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Rückert NatUrgas GmbH

Fraunhofer IKTS

enersyngy

PCM Green Energy

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

FKZ-Nr. 03KB081: EFFIGEST

Entwicklung einer energetisch hocheffizienten Prozesskette zur Effizienzsteigerung bei der Vergärung von Geflügelmist unter Nutzung modifizierter Strohfraktionen und mit prozessintegrierter Gewinnung marktfähiger Dünger

Laufzeit: 01.09.2013 – 29.02.2016

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

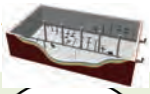
Motivation und Projektziele

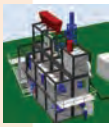
Energetische Biomassenutzung

- Motivation/Hintergrund
  - Ressourcenknappheit für Bioenergiesektor
  - Konsum von Geflügelfleisch steigt → große Mengen Geflügelkot
    - Energiegehalt, Nährstoffgehalt
    - Schwierige Vergärbarkeit (Stickstoffhemmung, Sand, …)
  - Ungenutztes Energiepotenzial von Stroh
    - Große Mengen → energetische Nutzung bei Erhalt des Humuswertes
    - Schwierige Vergärbarkeit (Stickstoffmangel, Transportwürdigkeit, Schwimmschichten)
- Zielstellung
  - Kombination beider Rohstoffe → Prozesskette zur Biogaserzeugung:
    - Strohaufschluss und Kompaktierung → hohe Transportfähigkeit, einf. Handling
    - Optimale Verfahrensführung → Nährstoff und Wassermanagement, eff. Mischen
    - Stoffliche und optional energetische Gärrestnutzung

Inhalte und Schwerpunkte

Energetische Biomassenutzung





Fermentation

Geflügelmist → BGA N-Optimum, hohe Raumausbeute, keine Sinkschichten → Gärrest → Fest/Flüssig-trennung

Kreislaufführung Wasser

Flüssig-phase → Teilent-stickung

Prozessflüssigkeit

Feststoff

Transportwürdigkeit, optimiert für Einsatz in BGA

N

C,P

C

Düngemittel-produktion

optionale energetische Verwertung

Aufschluss, Kompaktierung (dezentral)

Transportwürdigkeit, hohe Produktqualität, Nährstoffkreislauf

Pyrolyse

Verbrennung/Vergasung

Stroh

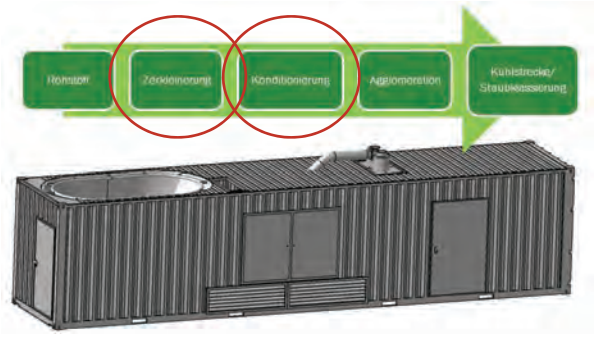
Kompaktierung/Veredelung

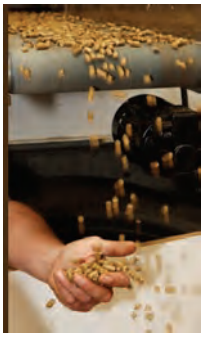
Thermische Nutzung

Inhalte und Schwerpunkte

Energetische Biomassenutzung

PCM Green Energy





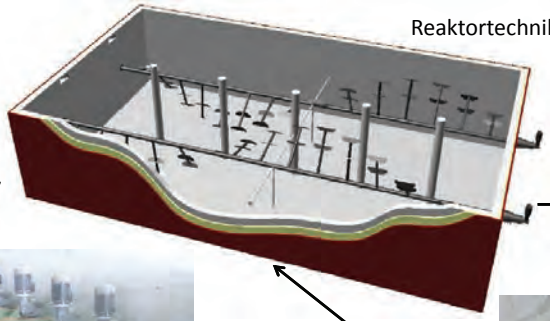
Pelletierung – Aufschluss und Kompaktierung

Inhalte und Schwerpunkte

Energetische Biomassenutzung

Rückert NatUrgas GmbH

Reaktortechnik



Substrateinbringung

Substrateinbringung

Stickstoff-
entfernung

Inhalte und Schwerpunkte

Energetische Biomassenutzung

enersyngy

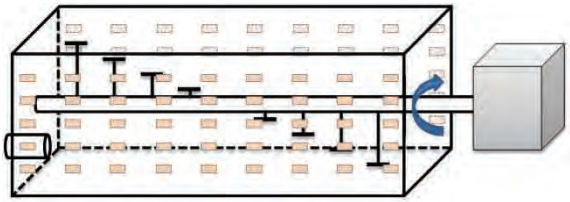
Kleintechnische Versuchsanlage zur Pyrolyse

Inhalte und Schwerpunkte

Energetische Biomassenutzung

Fraunhofer IKTS

Upscaling des Verfahrenskonzeptes bis zum Pilotmaßstab



Prozesstomographie - Reaktoroptimierung

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Nutzung von Reststoffen → verbesserte CO_2-Bilanz
  - Anaerobe Vergärung → Nährstoff- und Humuserhalt
- Ökonomisch
  - Nutzung von Reststoffen → günstigere Substratgestehung
  - Einsparung bei Transportkosten
  - Erzeugung von marktfähigen Düngern
- Sozial
  - Keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion
  - Kostensenkung bei der Stromgestehung
  - Versorgungssicherheit erhöht

Erwartete Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Erwartete Produkte
  - Verfahren und Komponenten für die Energetische Nutzung von Geflügelmist und Stroh
- Übertragbarkeit
  - Neuerrichtung von Anlagen
  - Einzelne Komponenten und Erkenntnisse auch für die Verwertung anderer Substrate und Gärreste nutzbar
- Transfermaßnahmen
  - Vorträge und Veröffentlichungen

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

STEROS

IBZ

Innovations- und Bildungszentrum Hohen Luckow e.V.

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

FKZ-Nr.: 03KB082

HydroCon – Flexibles Repowering von Biogasanlagen durch Hydrolyseoptimierung

Laufzeit: 01.08.2013 – 30.07.2015

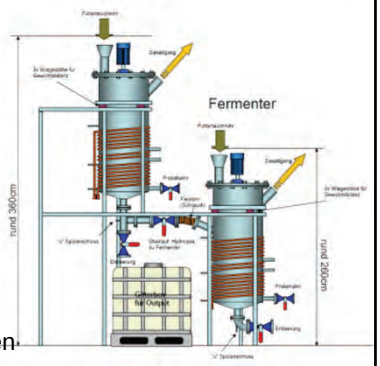
Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe Biogastechnologie: Dr. Mathias Schlegel, Universität Rostock

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation:
  - Ungenügende Ausnutzung des Potenzials lignocellulosehaltiger Biogassubstrate
    - Erhöhung der Gasausbeute
    - Verringerung des Substrateinsatzes
  - Biogasqualität für nachfolgende Prozesse (Verbrennung usw.) nicht optimal



- Projektziel:
  - Effizienzsteigerung bestehender Biogasanlagen (erwartet 10 %) durch den Einsatz einer externen Hydrolyseeinheit
  - Eliminierung bzw. starke Verringerung der gasförmigen Schwefelverbindungen im Biogas des Hauptfermenters
  - Bindung dieser Schwefelverbindungen des Hydrolysegases
  - Bau und Test eines Funktionsmuster
  - Überführung der Ergebnisse auf eine Pilotanlage (Standardcontainer)

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

Koordinator:

STEROS GmbH
Otto-Lilienthal-Str. 3
17268 Templin

Aufgaben:

- Technische Auslegung und Dimensionierung der Hydrolysestufe
- Bau und Umsetzung des Funktionsmusters
- Optimierung und Anpassung des Funktionsmusters
- Konzeptionierung und Bau einer Pilotanlage (Container)

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

Verbundpartner:

IBZ Hohen Luckow
(Innovations- und Bildungszentrum e.V.)
Bützower Str. 1a
18239 Hohen Luckow

Innovations- und Bildungszentrum Hohen Luckow e.V.

Aufgaben:

- Ausgangsanalyse zum Stand des Wissens
- Konzeptionierung der Hydrolysestufe
- Versuchsplanung zum Test des Funktionsmusters
- Experimentelle Untersuchungen mit dem Funktionsmuster
- Wissenschaftliche Begleitung der Versuchsanlage

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

Verbundpartner:

Universität Rostock
Professur für Agrartechnologie
und Verfahrenstechnik
Justus-von-Liebig-Weg 8
18059 Rostock

Aufgaben:

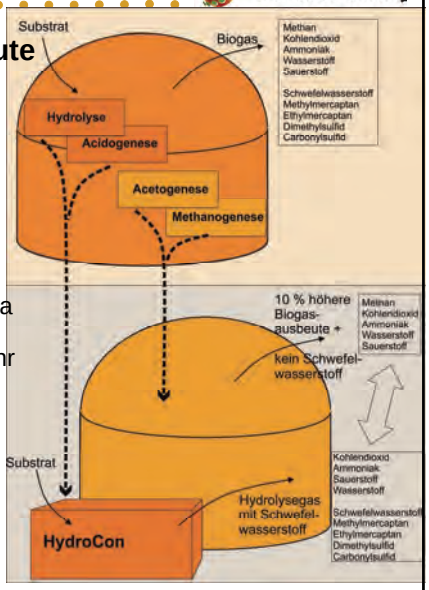
- Literatur- und Patentrecherche zu bestehenden Hydrolyseverfahren
- Festlegung der Rahmenbedingungen für die Laborversuche (Hydrolyseverfahren, Substrate, Gasreinigung)
- Labortechnische Untersuchungen der Substrate/ Gärreste und Gase
- Hydrolyse-/ Fermentations- und Gasreinigungsversuche

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

…bei 10 % Steigerung Gasausbeute

- Ökologisch
  - Minderung der Treibhausgasemissionen
  - Substrateinsparung/ Flächenverbrauch
- Ökonomisch
  - Rohstoffe 50 % der variablen Kosten
  - bei 500 kW-Anlage Einsparungen von etwa 1.350 t Maissilage je Jahr/ bei 38€/t Einsparungen in Höhe von 51.300 € je Jahr
- Sozial
  - Verminderung der Nutzungskonkurrenzen
  - Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz



Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

NOWUM ENERGY

PlanET Biogastechnik planen, bauen & service

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

FKZ-Nr.: 03KB084

ACidestion

Modifizierte VFA (Fettsäure)-Silierung zur Steuerung einer bedarfsorientierten Biogasproduktion

Laufzeit: 01.08.2013 – 31.07.2016

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe Biogas: Markus Dahmen, FH Aachen Institut NOWUM-Energy

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Ausbau der regenerativen Energien:
    - Biomasse besonderer Stellenwert (speicherbar, unabhängig von Sonne und Wind)
    - Optimierungsbedarf vorhanden
- Ziel 1:
  - Modifizierte Silage :
    - Ist die Lactatbildung in einer normalen Silage das Optimum?
    - Buttersäuresilierung als alternative Silierungsform
- Ziel 2:
  - Bedarfsgerechte Produktion von Biogas:
    - Regelenergie

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Aufgabe 1:
  - FH Aachen :
  - Modifizierte Silierung:
    - Anzucht verschiedener Clostridien zur Buttersäureproduktion
    - Verändern der Silierungsbedingungen
    - Versetzen der Silage mit den Clostridien
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Hohe Buttersäure Konzentration
    - Keine Schimmel- / Hefebildung

- Aufgabe 2:
  - FH Aachen / PlanET:
  - Regeluntersuchungen am „Mini-Fermeter“:
    - Betrieb mit normaler Silage
    - Regelung mit modifizierter Silage
  - Erwartetes Ergebnis
    - Anstieg der Biogasproduktion
    - Anstieg der Methankonzentration

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- Aufgabe 3:
  - FH Aachen:
  - Prozesssimulation:
    - Simulation des dynamischen Verhaltens einer Biogasanlage anhand der ermittelten Daten
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Entwurf einer Regelungsstrategie für Biogasanlagen für eine bedarfsgerechte Biogasbildung zur Stromerzeugung

http://www.energieportal24.de/cms1/typo3temp/fl_realurl_image/biogasanlage-butzbach-01-c2.jpg

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Effizienzsteigerung von Biogasanlagen
  - Beitrag zur nationalen Klimaschutzinitiative
- Ökonomisch
  - schwer abschätzbar
  - Möglichkeit des Nachrüstens bestehender Anlagen
  - Regelerzeugung
- Sozial
  - Optimierte Energieerzeugung
  - Verbesserung der Reaktionsfähigkeit und Flexibilität von Energieversorgungssystemen

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

- Forschungsbedarf
  - Effizienzsteigerung von Biogasanlagen
    - Optimierung eingesetzter Substrate
    - Mikrobiologische Prozessüberwachung
    - Entwicklung effektiver Power-2-Gas Anlagen
- Technologische Veränderungen bis 2030 (z.B. Ausblick Anlage/Konzept 2030)
  - Förderung dezentraler Kleinanlagen (<500kW)
  - Verwendung von Substraten aus der Industrie (Abfälle) zur Biogaserzeugung
  - Erweiterung bestehender Biogasanlagen zur Effizienzsteigerung und bedarfsgerechten Stromerzeugung

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

03KB086: Ovaler BioReakt

Demonstrationsvorhaben zur Gewinnung von Mehr-Biogas aus biogenen Reststoffen durch Einführung neuartiger ovaler Reaktorsysteme aus Stahlfaserbeton

Laufzeit: 01.08.2013 – 31.07.2016

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 2a: Karin Jobst, Fraunhofer IKTS

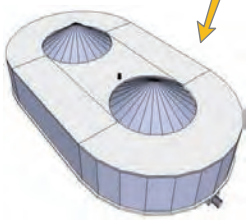
Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Innovative Entwicklungsergebnisse zur effizienten und nachhaltigen Erzeugung von Biogas
    - Entwicklung einer neuartigen Reaktorgeometrie
    - Entwicklung eines Stahlfaserbetons für den Reaktorbau
    - Einsatz hoch lignozellulosehaltiger Substrate
  - Gesicherte Aussagen im kleintechnischen und Pilotmaßstab liegen vor
- Zielstellung
  - Überprüfung/Optimierung der Ergebnisse auf einer neu zu errichtenden Modell- und Demonstrationsbiogasanlage 500 kW_{el}

Auenlandschaft Havelberg

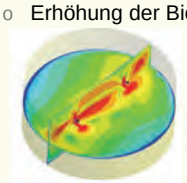
Quelle: http://www.camping.de



Inhalte und Schwerpunkte

Energetische Biomassenutzung

- Verfahrenstechnik
  - Ovale Reaktoren mit Trennwand
    - Verbesserung der Durchmischung
    - Erhöhung der Biogasausbeute



Zylindrischer Reaktor.wmv

Ovaler Reaktor.wmv

  - Substratvorbehandlung - Einsatz Landschaftspflegematerial
    - Nachhaltige Biogaserzeugung

Bioextruder LEHMANN Maschinenbau GmbH

- Bautechnik
  - Einsatz Stahlfaserbeton - Reaktorbau
    - Stahlfasergemisch
    - Verbesserung des ökologischen und wirtschaftlichen Gesamtkonzeptes

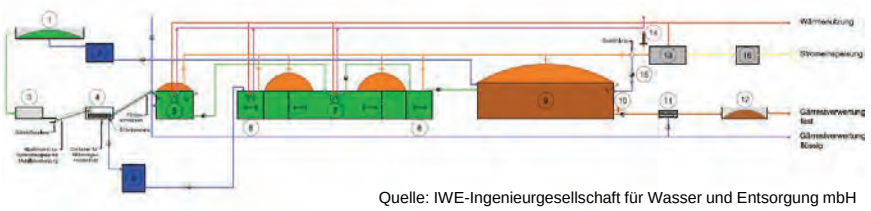
Stahlfaserbeton

Vorbereitung Probekörper

Inhalte und Schwerpunkte

Energetische Biomassenutzung

- Verfahrenstechnische Auslegung der Demonstrations-Anlage
  - Institutionen:
    - Fraunhofer IKTS, IWE-Ingenieurgesellschaft für Wasser und Entsorgung mbH; biotechnology V.B.T.S. GmbH
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Skalierung in großtechnischen Bereich
    - Verfahrensfestlegung
    - Schnittstellenanpassung Innovationen/traditionelle Anlagentechnik

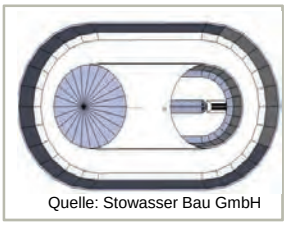


Quelle: IWE-Ingenieurgesellschaft für Wasser und Entsorgung mbH

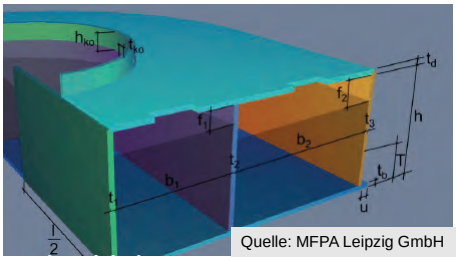
Inhalte und Schwerpunkte

Energetische Biomassenutzung

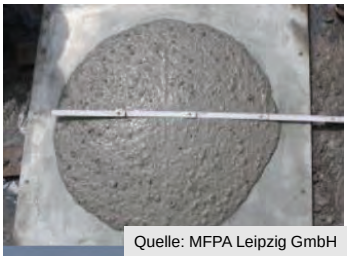
- Bautechnische Auslegung und Anlagenerrichtung
  - Institutionen:
    - MFPA Leipzig GmbH und Stowasser Bau GmbH
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Planung Reaktoren unter Einsatz Stahlfaserbeton
    - Reaktorbau
    - Überwachung bautechnischer Kennwerte



Quelle: Stowasser Bau GmbH



Quelle: MFPA Leipzig GmbH

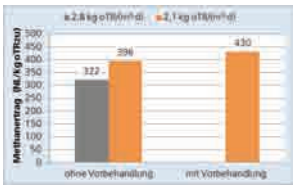


Quelle: MFPA Leipzig GmbH

Inhalte und Schwerpunkte

Energetische Biomassenutzung

- Überprüfung/Optimierung der Effekte im Praxisbetrieb
  - Institutionen:
    - Fraunhofer IKTS mit IWE mbH und HZDR e.V.
  - Nachweis der verfahrenstechnischen Effekte
    - Steigerung Biogasausbeute
    - Energieeffiziente Reaktormischung
    - Verbesserung Wirtschaftlichkeit



  - Institutionen:
    - MFPA Leipzig GmbH und Stowasser Bau GmbH
  - Nachweis der bautechnischen Effekte
    - Stabilitätsnachweis im Dauerbetrieb
    - Nachweisführung Materialkennwerte

Quelle: MFPA Leipzig GmbH

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Verbesserte CO_2-Bilanz durch
    - Nutzung von Reststoffen
    - Einsatz Stahlfaserbeton
    - optimierte anaerobe Vergärung
- Ökonomisch
  - Nutzung von Reststoffen → günstigere Substratgestehung
  - Erzeugung Mehrbiogas
  - Reduzierung Aufwendungen für Rührprozesse
- Sozial
  - Keine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion
  - Kostensenkung bei der Stromgestehung
  - Versorgungssicherheit erhöht

Erwartete Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Erwartete Produkte
  - Demonstrationsanlage mit Modellcharakter
  - Vorbereitung Breitenanwendung
- Übertragbarkeit
  - Neuerrichtung von Anlagen
  - Erweiterung von Anlagen
- Transfermaßnahmen
  - Anlagenbesichtigungen u. ä.
  - Vorträge und Veröffentlichungen

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

IdE Institut dezentrale Energietechnologien · CUBE · e·on Mitte · VIESMANN

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

03KB089A: BioPower2Gas

Demonstration und Vergleich von optimal leistungsregelbaren Biogastechnologien

Laufzeit: 01.09.2011 – 31.08.2016

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Biogasanlagen als systemstützende Komponente im zunehmend erneuerbaren Energieversorgungssystem
- Ziel:
  - Flexibilisierungspotenziale nutzen:
    - Leistungsregelbare Biogas-, Biomethan und BioPower2Gas-Kraftwerke
    - bedarfsgerechte Stromeinspeisung
    - Biogasanlagen als Spitzenlastkraftwerke
    - und verschiebbare Last
    - BioPower2Gas-Anlagen können bei drohender Netzüberlastung zusätzlich Methan produzieren und das Netz entlasten

BioPower2Gas

IdE Institut dezentrale Energietechnologien · CUBE · e·on Mitte · VIESMANN

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

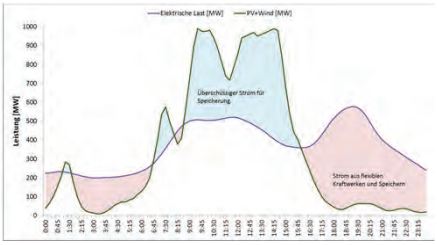
- AP 1 - Analyse und Auslegung der Anlagenkonfiguration für eine bedarfsorientiertes Betriebskonzept:
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Definition von Auslegungskriterien und Betriebsplanung
    - Festlegung von Kriterien, Randbedingungen und Anlagen
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Auswahl der Versuchsanlage
    - Bericht zur Flexibilisierungsanalyse
    - Planung des Anlagenbetriebs
    - Darstellung des Pilot- bzw. Demonstrationscharakters, der Repräsentativität und der bundesweiten Übertragbarkeit

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- AP 2 - Modellierung und Simulation, Geschäftsmodelle und Fahrpläne:
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Modellbildung
    - Validierung der Modelle
    - Programmierung
    - Simulation der Modelle



  - Erwartetes Ergebnis:
    - Betriebsführungsstrategien für den optimalen Einsatz der flexiblen Bioenergie-/Biogasanlagen
    - Erkenntnisgewinn zum Beitrag der Konzepte bzw. Anlagen zur Netzintegration von Windkraft- und PV-Anlagen
    - Ergebnisse für THG-Minderungspotenzial, Beitrag der Konzepte zu den Klimaschutzzielen, Biomassepotentiale

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- AP 3- Umsetzung und Betrieb:
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Messtechnische Evaluierung des Betriebs in der Praxis
    - Biologische Methanisierung, elektrolytisch gewonnener Wasserstoff, CO2- und Methan-Anteil
    - Anbindung einer Technikumsanlage an eine kommerzielle BGA
    - Langzeitversuche zur Prozessstabilität und Effizienz
    - Programmierung und Installation des IKT-Systems
  - Erwartetes Ergebnis
    - Flexible Fahrweise der Demonstrationsanlagen
    - Messtechnisch erfasster Betrieb der Anlagen
    - Erkenntnisgewinn zum praktischen flexiblen Betrieb von Biogasanlagen

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- AP 4 - Systemvergleich auf regionaler Ebene und Evaluation:
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Simulation von Anlagentypen bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen
    - Regionale Modelle aufbauend auf Potenzialen aus Klimaschutzkonzepten und Masterplänen 100% Klimaschutz
    - Kennzahlenbasierte Regions- und Anlagenanalyse zur Hochrechnung und Übertragung
    - Algorithmus zur Gesamtoptimierung unter Berücksichtigung mehrerer Kriterien
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Simulation des Anlagenbetriebs mit unterschiedlichen Betriebsweisen
    - Beitrag der Flexibilisierung für Umsetzung von EE-Regionen
    - Berücksichtigung von Netzaspekten, Treibhausgasreduktion, Wirtschaftlichkeit und Effizienz
    - Gesamtoptimierung nach priorisierendem Algorithmus
    - Ansätze zur Weiterentwicklung des Rechtsrahmens

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- Demonstrationsanlage
  - Systeme:
    - Biomethan-Erzeugung mit BioPower2Gas-Verfahren
    - Flexible Stromerzeugung mit Biomethan-BHKW mit Wärmespeicher
    - Flexible Biogasanlage mit Wärme- und Gasspeicher
  - Erwartetes Ergebnis
    - Nachweis
      - Bedarfsgerechter Betrieb der KWK-Anlagen
      - Erhöhung des Methanoutputs durch Wasserstoffeinspeisung
      - Ansatz zur Netzentlastung durch Elektrolyse für Power2Gas

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Vergleich der THG-Wirkung
  - Integrationswirkung für EE
  - Substitutionswirkung
- Ökonomisch
  - CO_2-Vermeidungskosten (in €/t-CO_2-Äuq. Betriebswirtschaftlich kalkuliert ohne Fördermaßnahmen)
  - Beschäftigungseffekte (pro Anlage)
  - Verbesserung der regionalen Wertschöpfung durch Biogasanlagen
- Sozial
  - Aspekte von Akzeptanz und Partizipation

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Erwartete Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Erwartete Produkte
  - Neues Methanisierungsverfahren
  - Systemerweiterung für Biogasanlagen (Elektrolyseur/Speicher)
  - Teilnahme an verschiedenen Energiemärkten
  - Steuerungssoftware für den Anlagenbetrieb
  - Simulationsmodelle, -Software, Optimierungswerkzeuge
- Übertragbarkeit
  - Breitenanwendung in über 7500 deutschen Biogasanlagen möglich
  - Erstellung von Regionalmodellen für 100ee-Regionskonzepte
  - Positive Auswirkungen auf den Betrieb des Stromnetzes, bzw. auf die Netzbelastung
- Transfermaßnahmen
  - Vernetzung mit anderen Projekten
  - Einbindung in die universitäre Lehre

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

- Forschungsbedarf
  - Beitrag unterschiedlicher flexibler Betriebskonzepte für EE-Integration
  - Verlässlichere EE-Erzeugung
  - unterschiedliche Effizienz und THG-Einsparung
- Technologische Veränderungen bis 2030
  - Erwartet wird, dass BGA zur bedarfsgerechten Stromerzeugung breite Anwendung finden, um Netzintegration von EE zu gewährleisten.
  - Auch die BioPower2Gas-Technologie hat Potenzial dafür wesentlicher Bestandteil des Gesamtenergiesystems zu werden.

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

GICON Großmann Ingenieur Consult GmbH

PUS

Gefördert durch

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ Projektträger Jülich Forschungszentrum (JUELICH)

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

FKZ-Nr.: 03KB063

Emissionsminderung durch Spurenelemente in Abfallbiogasanlagen

Laufzeit: 01.09.2011–31.08.2014

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 2a: Michael Dittrich-Zechendorf, DBFZ gGmbH

Motivation

Energetische Biomassenutzung

- Nutzung des Abfallaufkommens durch anaerobe Vergärung
  - mindert CO_2-Emissionen gegenüber alternativer Verbrennung oder Kompostierung
  - Gewinnung von Energie (chem./elektr./therm.)
- Steigerung der Biogasausbeute von Abfallbiogasanlagen
  - Erhöhung der spezifischen Gasbildung
  - Erhöhung der Raumbelastung, Verkürzung der Verweilzeit
    - kleinere Biogasanlagen
      - Senkung der Abfallgebühren
- Durch Einsatz von Spurenelementen Vermeidung von Prozessinstabilitäten
- Minimierung des Spurenelemente-Eintrages durch Erhöhung der Verfügbarkeit vorhandener Spurenelemente in den Substraten
  - Umkomplexierung

Herausforderungen

Energetische Biomassenutzung

- Bioabfall heterogen
  - lokale und saisonale Schwankungen
  - Störstoffe (Kunststoffe, Metalle, Bauschutt, Elektronik(-Schrott))
- (rühr-)technische Schwierigkeiten
- Präzise Charakterisierung und Versuchsauswertung nicht möglich

Mögliche Lösungswege:

- Kombination Trockenfermentation (Hydrolyse) und Nassvergärung (Festbettreaktor)
- Modellsubstrat: Maissilage
  - Relativ Homogen
  - Spurenelementmangel-Substrat
  - Verfügbar

Herausforderungen

Energetische Biomassenutzung

Ziele / Lösungs-Ansätze

Energetische Biomassenutzung

- Optimierung Vergärung in zweistufigen Anlagen-Betrieb (GICON-Verfahren)
  - Störstoffe irrelevant
  - Nebeneffekt: Intermediat lagerfähig (Bedarfsgerechte Anlagenführung möglich)
- Hydrolyse wenig bekannt (Spurenelementebedarf)
  - Intensive Betrachtung (Batch)
- Spurenelementemischung (Ferrosorp™ DGµ)
  - Nebenstrom der (Trink-)Wasseraufbereitung
- Einzelpräparate (Steuerung)
  - Eisenhydroxid
  - Manganhydroxid

Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

- Einfluss der Spurenelemente auf Gärungsweg (Hydrolyse)
  - Damit auch auf die Produktpalette
- Mit Ferrosorp™ DGµ mehr Säure
  - ≈ 18% Mehrertrag
- Mit Ferrosorp™ DGµ mehr Gas
  - Verdopplung des Gasvolumens in halber Zeit

Ausblick und Weiteres Vorgehen

Energetische Biomassenutzung

- Weitere Zuschlagstoffe
  - Maissilage (Steuerung des Gärungsweges möglich?)
- Bioabfall ohne und mit Zuschlagstoffen
  - Anwendbarkeit der Erkenntnisse von Maissilage?
- Zusammenwirken von Hydrolyse und Methanstufe
  - Verlauf der Hydrolyse?
- Halbtechnischer und technischer Maßstab
  - 60-kg-Ansatz; Container-Anlage

Abschlussfolie!

Energetische Biomassenutzung

- Danksagungen
  - BMU / PtJ
    - für die Förderung des Projektes
  - Projektpartner (GICON und P.U.S.)
    - für die gute Zusammenarbeit
  - UFZ (Dr. Heike Sträuber)
    - für die ebenfalls gute Zusammenarbeit
  - Ihnen
    - für die Aufmerksamkeit

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Fraunhofer IKTS | DBI GUT Gas- und Umwelttechnik GmbH | WEBER Entec

LMEngineering GmbH

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

FKZ-Nr. 03KB072: PROKOSYS

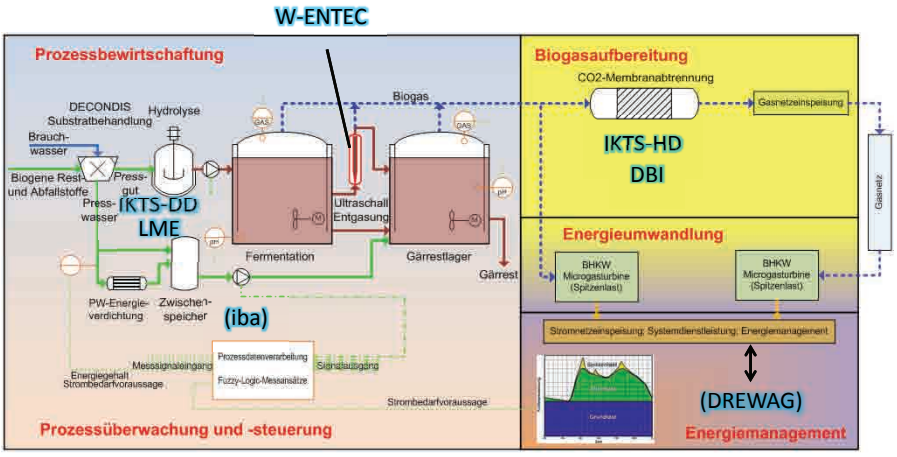
Prozesse, Komponenten und Systeme für den flexibilisierten Betrieb von Biogasanlagen unter Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe

Laufzeit: 01.10.2012 – 31.03.2015

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Projektziele

Energetische Biomassenutzung



Zwischenstand

Energetische Biomassenutzung

Untersuchte Substrate

Grassilage

Landschaftspflege/ Grünschnitt

Festmist

Zwischenstand

Energetische Biomassenutzung

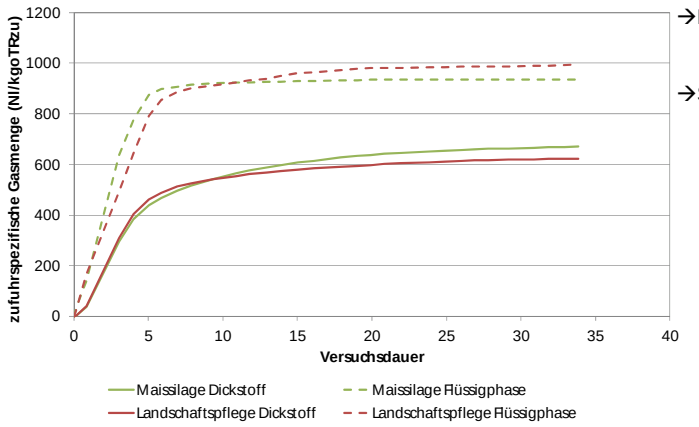
Entwässerung mittels Schneckenpresse

LMEngineering GmbH

Zwischenstand

Energetische Biomassenutzung

Gaspotenzial

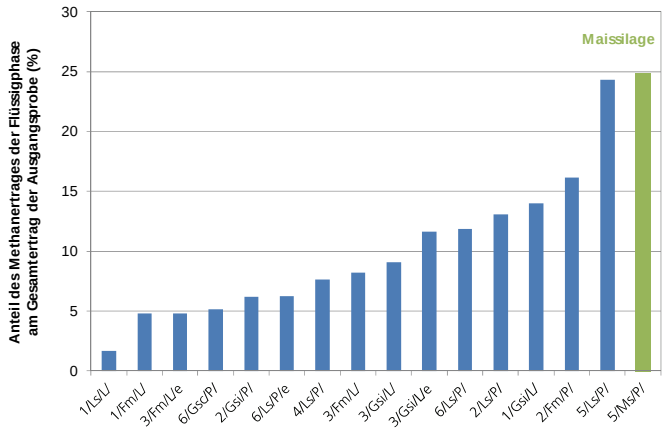


→Flüssigphasen i.d.R. sehr schnell verfügbar
→Separation für bedarfsgerechte Biogasproduktion

Zwischenstand

Energetische Biomassenutzung

Anteil der Methanausbeute der Flüssigphase am Gesamtertrag

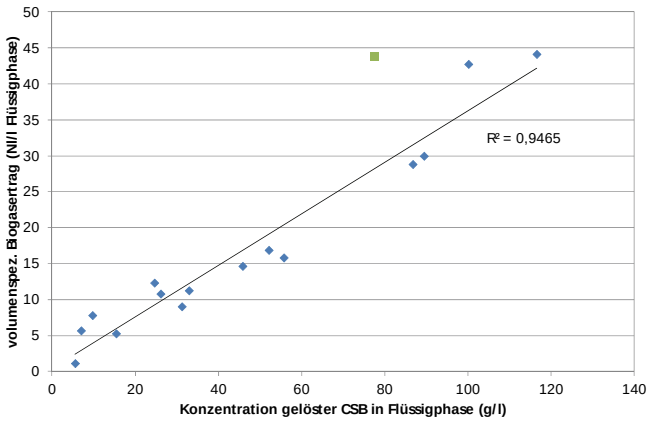


→Sehr untersch. Erträge
→Reine Flüssig-phase aus Reststoffen für bedarfsgerechte Biogasproduktion häufig nicht ausreichend
→Ursachen
- geringer Gehalt an Flüssigkeit
- geringer Energiegehalt

Zwischenstand

Energetische Biomassenutzung

Zusammenhang Gasertrag – Chemischer Sauerstoffbedarf



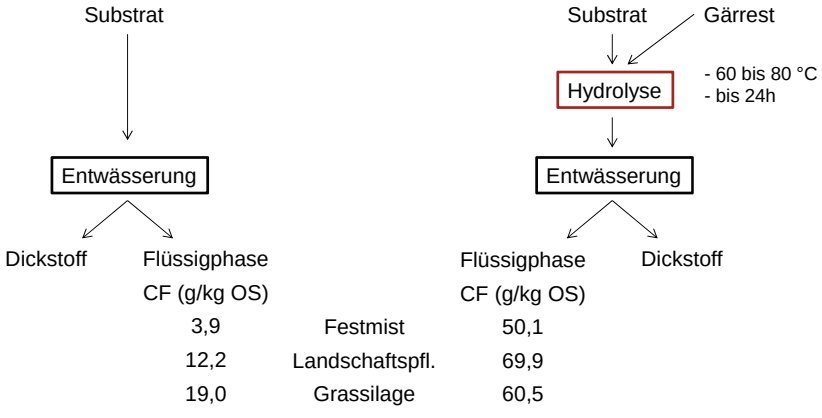
→Neben Menge der abtrennbaren Flüssigphase ist CSB wichtige Prozessgröße
→Steigerung von Menge (Fracht) und Konzentration vor Entwässerung anzustreben

Zwischenstand

Energetische Biomassenutzung

Steigerung der gelösten CSB-Fracht

→ wichtige Kenngröße: Freisetzung gelöster CSB aus Originalsubstrat „CF“ in g/kg OS
→ Steigerung durch vorgeschaltete Hydrolyse

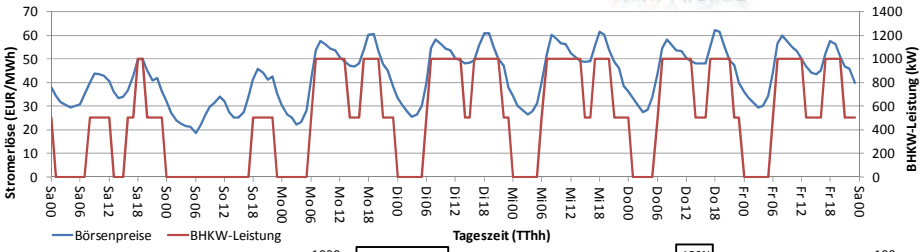


Zwischenstand

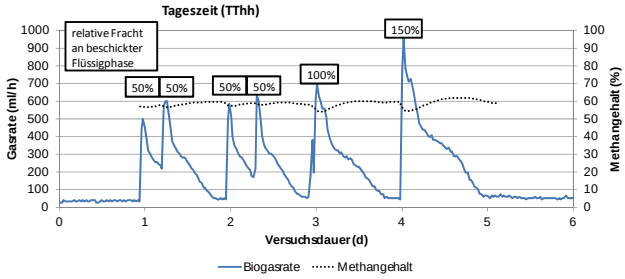
Energetische Biomassenutzung

Kontinuierliche Gärtests für die bedarfsgerechte Biogasproduktion

→ Grundlage ist Energiepreiskurve mit Unterstützung von NEXT KRAFTWERKE



→ Erste Versuche durchgeführt
→ Vorhandene Gas-speicher notwendig

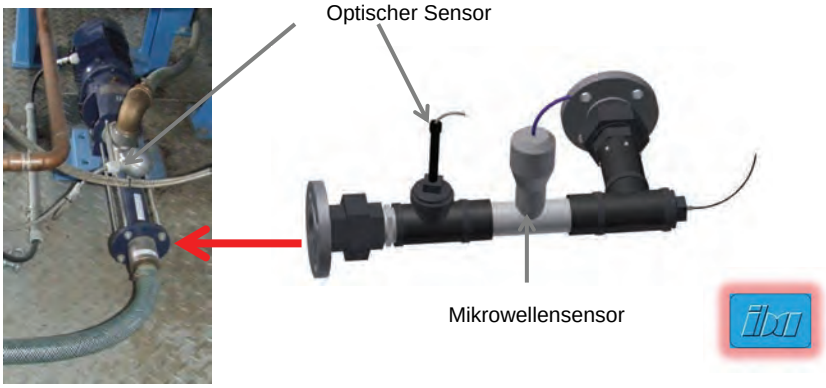


Zwischenstand

Energetische Biomassenutzung

Steuerung der Biogasproduktion - Sensorik

→ Grundlage ist die permanente Erfassung des Energiegehaltes der Flüssigphasen
→ Weiterhin Erfassung und Bewertung des Prozesszustandes
→ Sensorentwicklung durch UAN: IBA Heiligenstadt

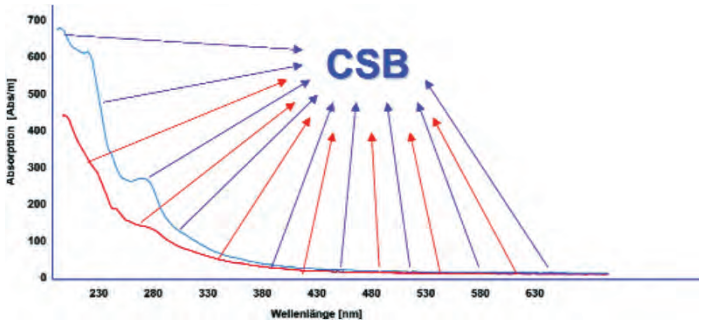


Zwischenstand

Energetische Biomassenutzung

Steuerung der Biogasproduktion - Sensorik

→ Optisches Spektrum – Korrelationen zum Messwert Chemischer Sauerstoff Bedarf (CSB)
→ Gegenwärtig: Ermittlung der allgemeinen spektralen Eigenschaften, Datenaufbereitung mit multivariaten statistischen Methoden



Zwischenstand

Energetische Biomassenutzung

Bedarfsgerechte Biogasfreisetzung durch Ultraschall

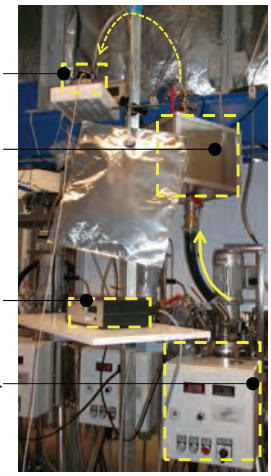
→ Labor-Ultraschall-Reaktor wurde angefertigt → Versuche mit Wasser und Gärresten

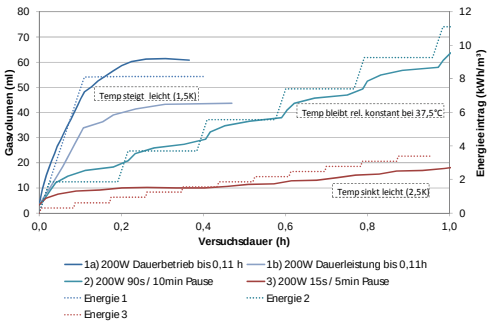
Gaszähler

Ultraschall-reaktor

Ultraschall-generator

Biogasreaktor (Substrat-vorhaltung)





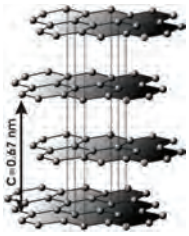
→ Prinzipielle Funktion nachgewiesen
→ Effekte z.Z. noch zu gering
→ weitere Optimierung

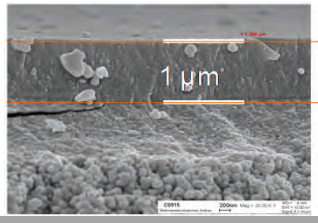
Zwischenstand

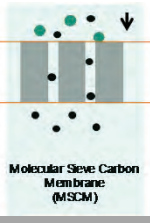
Energetische Biomassenutzung

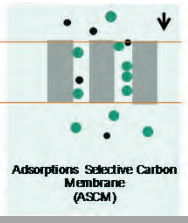
Gasaufbereitung mittels Kohlenstoffmembranen

→ Trennung von CH_4 und CO2 an adsorptiv wirkenden Kohlenstoffschichten auf Keramischen Trägern









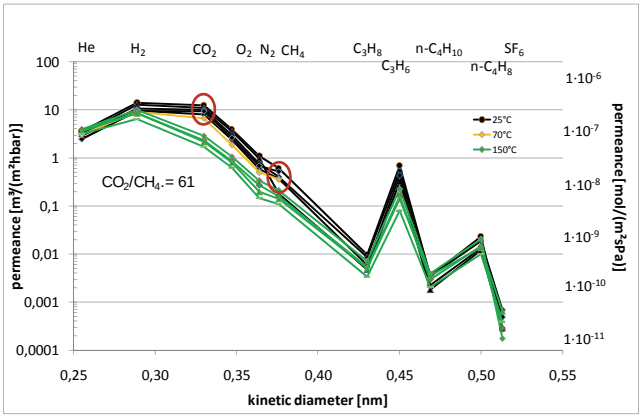
Zwischenstand

Energetische Biomassenutzung

DBI GUT Gas- und Umwelttechnik GmbH

Gasaufbereitung mittels Kohlenstoffmembranen

→ eine hohe CO2/CH4-Permselektivität konnte erreicht werden (CO2/CH4 = 61)



Fazit/Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- Fazit
  - Verfahrensfestlegung: Hydrolyse vor Separation
  - Potenziell ist bedarfsgerechte Biogasproduktion auch mit Reststoffen gut möglich
  - Komponenten für Entgasung, Sensorik und Gasaufbereitung sind in der Entwicklung
- Ausblick (Nächste Schritte)
  - Komplettes Verfahrenskonzept zur flexiblen Biogasproduktion im Labormaßstab
    - Nachfahren von konkreten „Fahrplänen“
  - Integration aller Komponenten auf 10m³ Pilotanlage

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

KOMPETENZFELD ERNEUERBARE ENERGIEN
Hochschule Ingolstadt

UTS

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

03KB061: BioStrom

Steuerbare Stromerzeugung mit Biogas

Laufzeit: 01.06.2011 – 31.05.2014

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 2a: Georg Häring, M.Phil. Matthias Sonnleitner,

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Bestehende Biogasanlagen in die Lage versetzen, steuerbar Strom zu erzeugen
  - Erarbeitung verschiedener Lösungskonzepte hinsichtlich steuerbarer Stromerzeugung durch Simulationsrechnungen
  - Umsetzung eines Konzepts an einer bestehenden Biogasanlage
  - Verifikation von Simulation und praktischem Anlagenbetrieb

Grundlage für deutschlandweite Umbaumaßnahmen an bestehenden und zukünftigen Biogasanlagen

Faulstich M. (2011) Energiespeicher als notwendige Voraussetzung für die Integration der erneuerbaren Energien ins Strommetz, Kongress *„Energiespeicher – Technologie für die zukünftige Stromversorgung"*, 30.06.2011

Zwischenstand I

Energetische Biomassenutzung

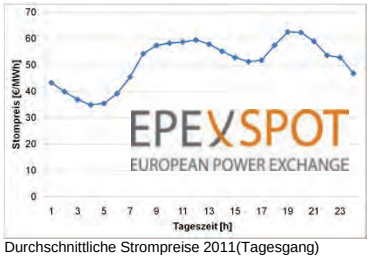
- Analyse Stand der Technik und Potenziale – Handlungsfelder und Rahmenparameter der steuerbaren Stromerzeugung durch Biogas
  - Zwischenergebnis
    - Analyse des Bedarfs an steuerbarer Stromerzeugung

Steuerinstrumente, die den „Fahrplan“ vorgeben?

Markt

- Spotmarkt EPEX Spot SE
  - Day-ahead-Auktion
  - Intraday-Markt

Strommarkt bildet nicht regionale residuale Last ab



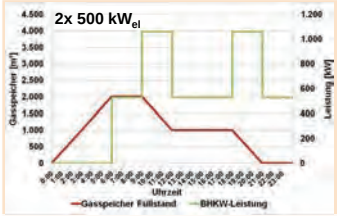
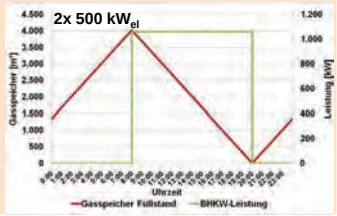
Durchschnittliche Strompreise 2011(Tagesgang)

EPEX SPOT SE (2012) [Online Bild] Verfügbar bei: www.epexspot.com [Zugriff: 25.01.2012]

Zwischenstand II

Energetische Biomassenutzung

- Entwicklung und Simulation von Lösungskonzepten zur steuerbaren Stromerzeugung
  - Methodik / Maßnahmen
    - Komponentenübergreifende dynamische Simulationsrechnungen von Gesamtkonzepten
  - Zwischenergebnis
    - Für einen wirtschaftlichen steuerbaren Betrieb von Biogasanlagen ist eine Gasspeichererweiterung nicht immer notwendig bzw. sinnvoll

ohne Gasspeichererweiterung	mit Gasspeichererweiterung
	
max. Versch. der Stromerzeugung: **6 h**	max. Versch. der Stromerzeugung: **12 h**
mögliche zusätzliche Einnahmen aus Stromvermarktung*: **26.660 €/a**	mögliche zusätzliche Einnahmen aus Stromvermarktung*: **28.420 €/a**

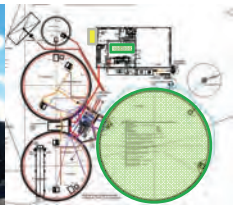
*** Mögliche zusätzliche Einnahmen durch Direktvermarktung gegenüber der herkömmlichen EEG-Vergütung. Annahmen: *EPEX Spot* Durchschnitt 2011; Managementprämie: 0,00275 €/kWh$_{el}$ (2013); Gewinnbeteiligung Stromvermarkter: 30 %**

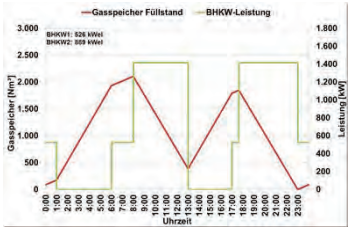
Zwischenstand III

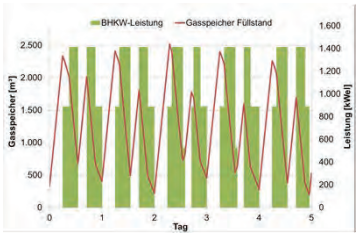
Energetische Biomassenutzung

- Implementierung eines Konzeptes zur steuerbaren Stromerzeugung
  - Methodik / Maßnahmen
    - Umrüstung der Biogasanlage „Zellerfeld“

Biogasanlage Zellerfeld		
Standort	Egling a.d. Paar	
Bemessungsleistung	700 kW_{el}	
Installierte Leistung	1.415 kW_{el} (526 + 889)	
Nutzbarer Gasspeicher	2.700 m³	
Substrateinsatz	Rindergülle Grünroggen (GPS) Mais (GPS) Zuckerrüben	10 % 15 % 55 % 20 %



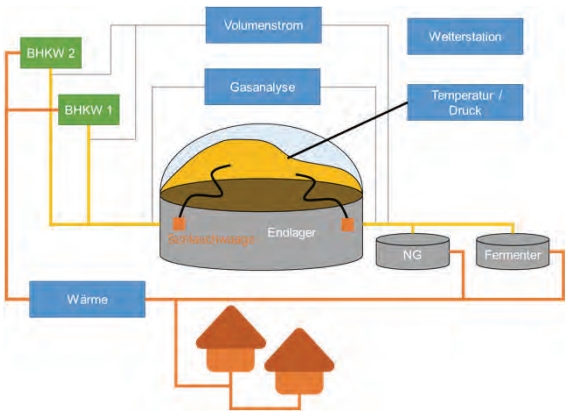




Zwischenstand IV

Energetische Biomassenutzung

- Implementierung eines Konzeptes zur steuerbaren Stromerzeugung
  - Methodik / Maßnahmen
    - Installation von Messtechnik
    - Monitoring



- Bilanzierung Gasspeicher
  - Gaszusammensetzung vor und nach Gasspeicher
  - Ein- und ausgehende Volumenströme
  - Normierung des Gasspeicherinhalts
- Wetterdaten
  - Sonneneinstrahlung
  - Wind
- Bilanzierung Wärme

Forschungs-/Regelungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

Aktueller Forschungsbedarf

- Demonstration der steuerbaren Stromerzeugung
- Steuerung der Gaserzeugung in der Praxis
- Technologien zur Füllstandüberwachung von Gasspeichern

Aktueller Regelungsbedarf

- Rechtssicherheit, Bestandsschutz
- Kontinuität in der Gesetzgebung
- Anpassung Flexibilitätsprämie (140 €)
- Strommarktreform

Signifikante technologische Veränderungen bis 2030

- Veränderte Flexibilitätsanforderungen (Woche, Monat, Jahr)
- Power to Gas

Vernetzungsaktivitäten im Förderprogramm und darüber hinaus

Energetische Biomassenutzung

- Im Rahmen des Förderprogramms
  - AG 2a *Technologien – Gasförmige Bioenergieträger*
  - AG 4 *Systemintegration*
  - Beiträge zu Wissenstransfermaßnahmen
    - Europäische Biomasse Conference (EUBC), Hamburg, 2014
- Im Rahmen des Vorhabens
  - Technologie-Workshops
    - BHKW-Hersteller, Gasspeicher-Hersteller
  - Stromnetz-Workshop
    - Stromvermarkter, Verteilnetzbetreiber, Übertragungsnetzbetreiber
- Außerhalb des Vorhabens
  - Biogasforum Bayern
    - Fachinformation „Technische Anforderungen an Biogasanlagen für die flexible Stromerzeugung“
  - *IBBK/FnBB*
  - Regeneratives Energienetzwerk Region Ingolstadt *RegIN*⁺

Bayern Biogas Forum

REG IN

Ausblick – Weiteres Vorgehen

Energetische Biomassenutzung

- Nächsten Schritte
  - Fortführung der Simulationsarbeiten → Verallgemeinerung, Verifizierung
  - Implementierung eines Konzeptes zur steuerbaren Stromerzeugung
    - Methodik / Maßnahmen
      - Betrieb der steuerbaren Stromerzeugung
      - Monitoring

- Transfermaßnahmen
  - National
    - Jahrestagung *Fachverband Biogas* 2013, Bremen
    - Biogas-Innovationskongress 2013, Osnabrück (*DBU*)
    - Flexible Strombereitstellung aus Biogas, Berlin (*DBFZ*, *IZES*)
    - Biogas in der Landwirtschaft, Kassel (*KTBL*)
  - International
    - Europäische Biomasse Conference 2013 (EUBC), Kopenhagen
    - Bioenergy 2013, Jyväskylä (Finnland)

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wurde bearbeitet von

GOETHE UNIVERSITÄT FRANKFURT AM MAIN

Fachhochschule Münster University of Applied Sciences

UNIVERSITÄT HOHENHEIM

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

03KB025 – RE$_2$ALKO

Optimierung der regionalen Bioalkoholherstellung aus biogenen Reststoffen

Laufzeit: 01.08.2009 - 31.12.2012

Präsentation der Endergebnisse auf der 5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 2a: Daniel Baumkötter, Fachhochschule Münster

Einleitung

Energetische Biomassenutzung

- Umstellung der Rohstoffbasis auf lignocellulosehaltige Rest- und Abfallstoffe
  - Veränderte Anforderungen an Vorbehandlung
  - Zerkleinerung, Dämpfen und enzymatische Hydrolyse
- Entwicklung neuer Hefen zur Nutzung der Pentosen
- Optimierte Nutzung der Schlempe
  - Rückführung durch Abtrennung
  - Überprüfung der Einsetzbarkeit in einer Biogasanlage
- Bereitstellung CO_2-neutraler Prozessenergie
  - Energiekreisläufe schließen
  - Großer Einfluss auf die Nachhaltigkeit
- Isobutanol als Alternative zu Ethanol

Ergebnisse

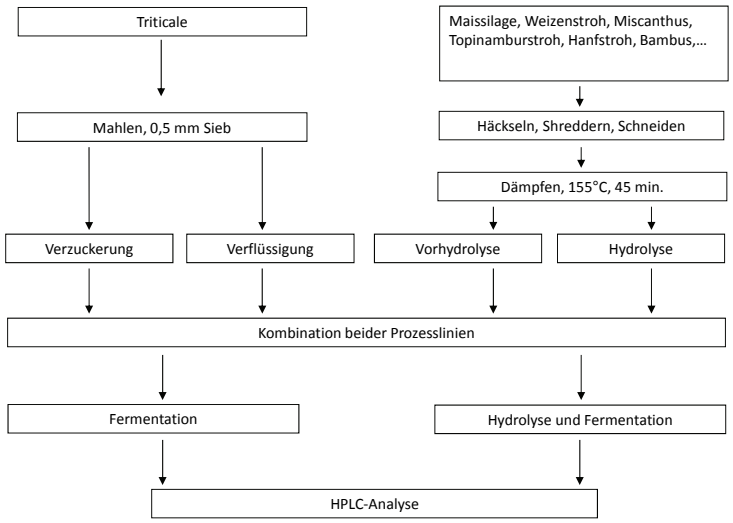
Mechanische Vorbehandlung

- Anforderungen an die Zerkleinerungs-maschinen von Stoffeigenschaften abhängig
- Grundsätzlich geeignet: Prall- und Schneidmühlen
- Zerkleinerungsversuche mit Prallreaktor
  - Untersuchte Substrate: Stroh, Heu, Gras- und Maissilage
  - Bestimmung Biogaspotenzial zur Überprüfung der Wirkung auf die biologische Abbaubarkeit
  - Ergebnis: Erhöhung der biologischen Abbaubarkeit bei Stroh und Heu um bis zu 10 %; keine nachweisbare Wirkung bei Gras- und Maissilage

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

Hydrolyse und Fermentation - Versuchsaufbau

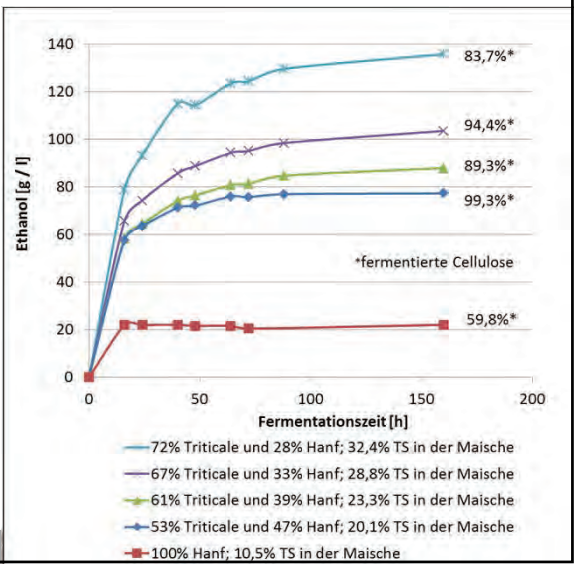


Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

Hydrolyse und Fermentation

- Hanfstroh mit Triticale
  - TS 91%; 63% Glucan
  - TS in Hydrolysat: 7,6%
  - 3,5 Tage Hydrolyse im Maischbad, 55°C, 200 rpm
  - Zugabe von Triticale-schrot, dann Vorhydrolyse mit Stargen Amylasen
  - Fermentation bei 30°C



Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

Etablierung neuer Hefen

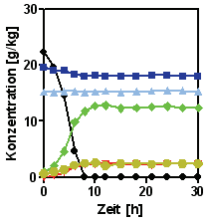
- Erhöhung der Ethanolausbeute durch Nutzung der Pentosen (C5-Zucker) mit Hilfe angepasster Hefen
- Konstruktion entsprechender Hefen bisher wissenschaftlich beschrieben, jedoch noch nicht im industriellen Einsatz erprobt worden
- Ziel: Implementierung der Abbauwege für Xylose und Arabinose

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

Etablierung neuer Hefen

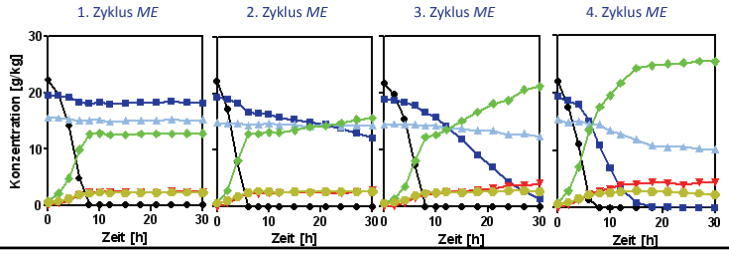
Ethanol Red



Fermentation von synthetischen Medium

Stamm	Ethanolausbeute [g/g]	Ethanolproduktionsrate [g/g*h]
Ethanol Red	0,20	1,45
1.Zyklus *ME*	0,21	1,63
2.Zyklus *ME*	0,26	1,88
3.Zyklus *ME*	0,39	1,45
4.Zyklus *ME*	0,41	1,70

Metabolic Engineering (ME)



Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

Gezielte Rückführung der flüssigen Phase in den Prozess

- Separation der Schlempe (Klass-Wendelfilter und Schwingsieb)
- Substrate: Stroh-, Maissilage-, Hanf- und Topinamburschlempe
- Massenabscheidung: ca. 30 % Feststoff und ca. 70 % Filtrat (unabhängig von Einstellung und Substrat)
- TR-Gehalte im Feststoff
  - Mais und Stroh: ca. 20 % TR
  - Hanf und Topinambur: ca. 26 % TR
- Hohe elektrische Leitfähigkeiten (bis 10 mS/cm) und niedrige pH-Werte (ca. 5,5) im Filtrat
  → zur Rückführung nicht geeignet

Schwingsieb nach Separation von Strohschlempe

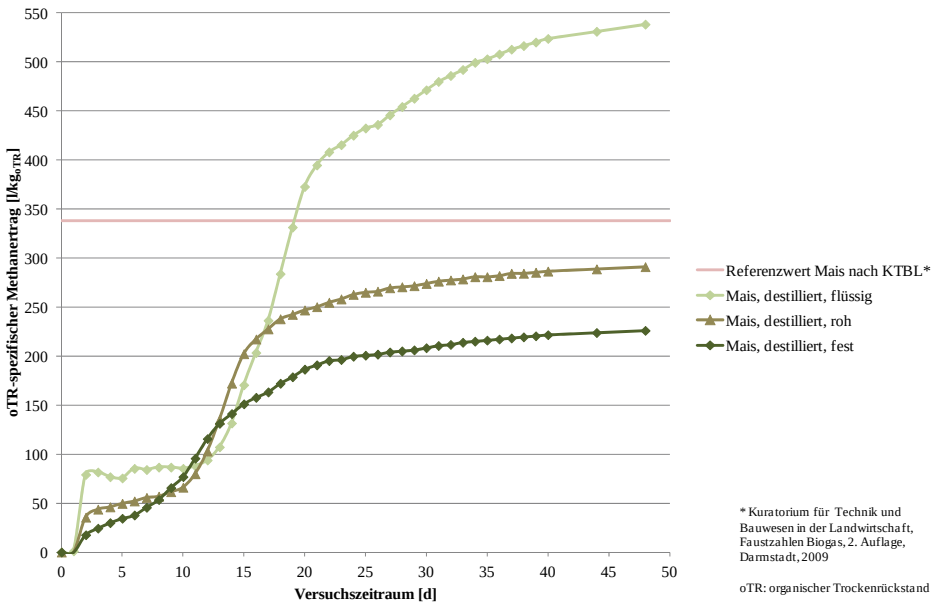
Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

Optimierung der Schlempenutzung

- Bestimmung der Biogaspotenziale
- Substrate: Maissilage-, Stroh-, Topinambur-Triticale- und Hanf-Triticale-Schlempe
- Vor und nach Separation (drei Fraktionen)
  - Klass-Wendelfilter
  - Schwingsieb (1,52 mm Maschenweite)
- Nach Hydrolyse, Fermentation und Destillation
- Leicht verzögerter Abbau durch die hohen Gehalte an organischen Säuren → Zugabe von Kalk: Anstieg pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit
- Beispiel Maissilage: ca. 70 % des Biogasertrages gegenüber der direkten Vergärung

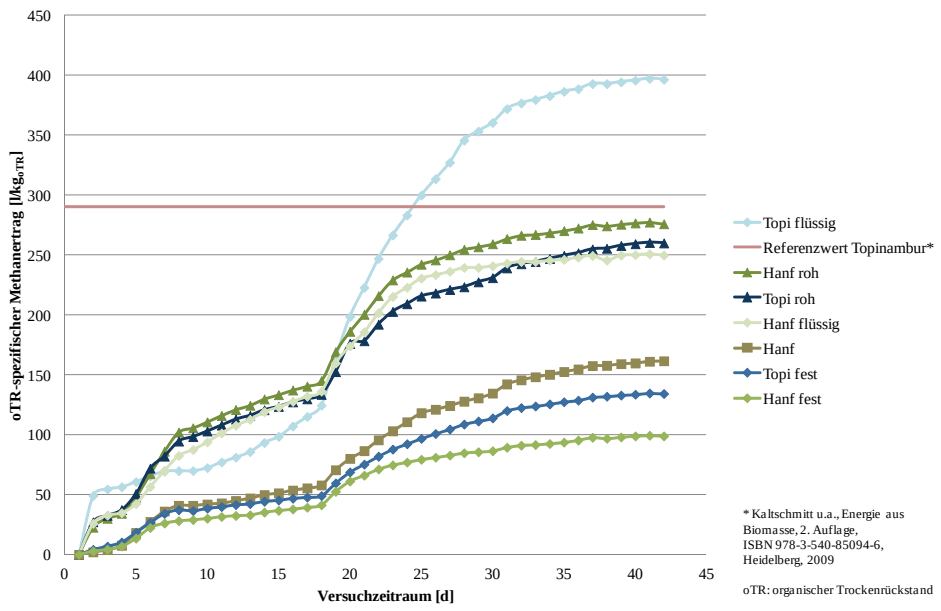
Methanertrag nach Schwingsieb (1,52 mm)



* Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Faustzahlen Biogas, 2. Auflage, Darmstadt, 2009

oTR: organischer Trockenrückstand

Methanertrag nach Schwingsieb (1,52 mm)



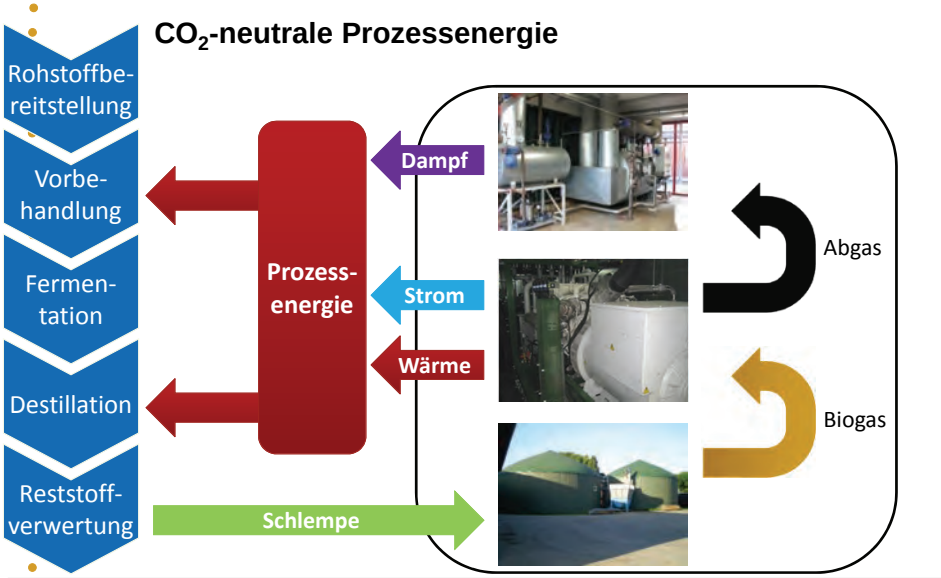
* Kaltschmitt u.a., Energie aus Biomasse, 2. Auflage, ISBN 978-3-540-85094-6, Heidelberg, 2009

oTR: organischer Trockenrückstand

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

CO_2-neutrale Prozessenergie



Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

CO_2-neutrale Prozessenergie

- Beispielberechnung für eine Brennerei mit einer Produktionskapazität von 20.000 hl/a
  - Benötigte Biogasanlagenleistung: ca. 2,2 MW_{el}

Benötigte elektrische Leistung		
Gesamt	50	kW_{el}
Benötigte thermische Leistung		
Dämpfer	365	kW_{th}
Brennerei	60	kW_{th}
Gesamt	425	kW_{th}
Benötigte Dampfleistung		
Dämpfer	689	kW_{Dampf}
Destillation	395	kW_{Dampf}
Gesamt	1.084	kW_{Dampf}

  - Deckungsgrad des Energiebedarfs durch die Schlempe

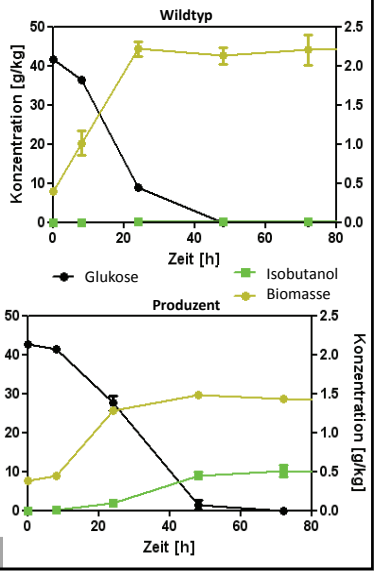
	Einheit	Bedarf	Roh		Feststoff	
			Absolut	Anteil	Absolut	Anteil
Elektrische Leistung	kW_{el}	50	380	761%	147	294%
Thermische Leistung	kW_{th}	425	238	56%	92	22%
Dampfleistung	kW_{Dampf}	1.084	190	18%	74	7%

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

Konstruktion eines Isobutanol produzierenden Hefestammes

- Butanol besitzt gegenüber Ethanol einige chemisch-physikalische Vorteile (höhere Energiedichte, schlechter mit Wasser mischbar, weniger korrosiv)
- Produktion von Butanol bisher nur durch Fermentation von Zuckern mit anaeroben Bakterien
- Ergebnis:
  - Steigerung der Produktion um fast das 50-fache und der Ausbeute um fast das 60-fache
  - Bisher erreichte Ausbeuten relativ gering
  - Allerdings noch vielversprechende Optimierungsansätze

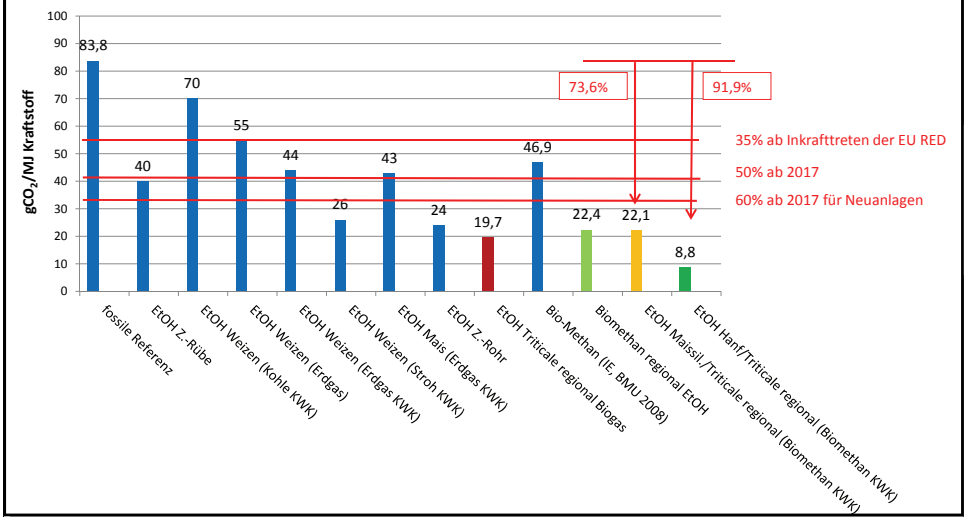


Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

Ökobilanz

- CO_2-Äquivalente im Vergleich zu den Default-Werten



Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

Ökonomische Betrachtung

- Betrachtung der Produktionskosten:

Anlagevarianten	V0 Triticale-Anlage				V1 Cellulose-Maissilage				V2 Cellulose-Stroh				V3 Cellulose-Hanfstroh			
	Sep. Anl.[1]	Kombinierte Anlage[2]			Sep. Anl.[1]	Kombinierte Anlage[2]			Sep. Anl.[1]	Kombinierte Anlage[2]			Sep. Anl.[1]	Kombinierte Anlage[2]		
Preisszenarien	Markt-preise €/l	Markt-preise €/l	Min €/l	Max €/l	Markt-preise €/l	Markt-preise €/l	Min €/l	Max €/l	Markt-preise €/l	Markt-preise €/l	Min €/l	Max €/l	Markt-preise €/l	Markt-preise €/l	Min €/l	Max €/l
Rohstoffe	0,55	0,55	0,38	0,71	0,63	0,63	0,45	0,78	0,60	0,60	0,41	0,77	0,43	0,43	0,29	0,56
Energie	0,14	0,14	0,14	0,14	0,28	0,25	0,25	0,25	0,18	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15
Arbeit	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Kapital	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Betriebskosten	0,03	0,03	0,03	0,03	0,08	0,08	0,08	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Unterhalt/Versich.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Summe Kosten	**0,85**	**0,85**	**0,68**	**1,00**	**1,17**	**1,13**	**0,96**	**1,29**	**0,97**	**0,96**	**0,77**	**1,13**	**0,78**	**0,77**	**0,63**	**0,90**
Nebenprodukte	0,16	0,16	0,11	0,21	0,13	0,13	0,09	0,17	0,12	0,12	0,08	0,16	0,07	0,07	0,05	**0,09**
Produktionskosten Brennerei	**0,69**	**0,69**	**0,57**	**0,80**	**1,04**	**1,00**	**0,87**	**1,13**	**0,85**	**0,83**	**0,68**	**0,97**	**0,71**	**0,70**	**0,58**	**0,81**
Ergebnis Biogas	-0,20	-0,09	0,04	-0,21	-0,09	0,06	0,13	0,00	-0,11	0,02	0,06	-0,01	-0,09	0,04	0,07	0,00
Gesamte Produktionskosten	**0,89**	**0,78**	**0,53**	**1,01**	**1,13**	**0,94**	**0,74**	**1,13**	**0,95**	**0,81**	**0,62**	**0,98**	**0,80**	**0,66**	**0,51**	**0,81**

[1] Brennerei und Biogasanlage sind separate Einheiten (keine Wärmenutzung), [2] Brennerei und Biogasanlage wirtschaften als eine Einheit (geschlossenes, energieautarkes System)

Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

- Mechanische Zerkleinerung mittels Prall lieferte erste gute Ergebnisse
- Kombination vorhydrolysierter cellulosehaltiger Biomasse mit Triticale steigert die Celluloseethanolausbeute
- Nahezu vollständige Hydrolyse und Fermentation von Maissilage, Topinamburstroh und Hanfstroh
- Bis zu 86% fermentierte Cellulose in Weizenstroh
- Ansatz ist nicht erfolgreich bei Miscanthus, nur 52% Abbau und Fermentation der Cellulose

→ Bestes Substrat für Bioethanol aus Cellulose stellt Hanfstroh dar

- Die Abbauwege für Xylose und Arabinose konnten erfolgreich in eine Hefe implementiert werden

Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

- Schwingsieb geeignete Separationstechnologie
- Flüssige Phase jedoch nicht zur Rückführung geeignet
- Nutzung der Schlempe in einer Biogasanlage sinnvoll

  → Steigerung der Nachhaltigkeit
- Dämpfprozess größter Energieverbraucher

  → Optimierungspotenzial
- Es wurden Fortschritte bei der Entwicklung einer Isobutanol produzierenden Hefe erzielt
- THG-Verminderungspotenzial von bis zu über 90 %
- Produktionskosten zwischen 0,51 und 0,81 €/l r.A. für Bioethanol aus Hanfstroh

Fazit

Energetische Biomassenutzung

- Sehr effiziente und nachhaltige Produktion von Bioethanol gegenüber konventionellen Verfahren in landwirtschaftlichen Brennereien möglich
- Kopplung von Brennerei und Biogasanlage sinnvoll
- Regional geschlossene Stoff- und Energiekreisläufe
- Produktion von nachhaltigem Bioethanol aus Lignocellulose ist technisch machbar und ökologisch sinnvoll
- Wirtschaftlichkeit ohne Berücksichtigung externer Effekte nur bedingt gegeben, jedoch positiver Ausblick
- Trotz erheblicher Fortschritte bestehen noch viele Herausforderungen und Optimierungsmöglichkeiten bei der Entwicklung eines effizienten und wirtschaftlichen Verfahrens

→ Verbesserung der Rahmenbedingungen durch die Politik notwendig!

Energetische Biomassenutzung

Download des Schlussberichtes
sowie der Vorträge der Abschlusstagung
unter:

www.re2alko.de

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

DBFZ gewitra Dr. Reinhold & Kollegen

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

FKZ-Nr.: 03KB027

Analyse von Emissionen klimarelevanter Gase durch Biogasanlagen im Hinblick auf die ökologische Bewertung der Biogasgewinnung aus Abfällen

Laufzeit: 01.09.2009-30.11.2012

Präsentation der Endergebnisse auf der 5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 2a: Jaqueline Daniel-Gromke, DBFZ gGmbH

Motivation / Hintergrund

Energetische Biomassenutzung

- Derzeit Verwertung von rund 9 Mio. Mg organischen Abfällen auf Basis von aeroben und anaeroben Behandlungsverfahren.
- Notwendigkeit der quantitativen Einschätzung von Emissionen aus der Bioabfallbehandlung.
- Im Zusammenhang mit abgeschlossenen und parallel laufenden Projekten
  - UFOPLAN 2006 FKZ:20633326 (gewitra)
  - UFOPLAN 2009 FKZ: 370944320 (gewitra)

→ Ermittlung hoher Methan-Emissionsfaktoren für kombinierte Vergärung/Kompostierung

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Bewertung der Emissionssituation von Abfall-Vergärungsanlagen
  → Identifizierung emissionsrelevanter Quellen
- Darstellung von Maßnahmen zur Reduzierung der THG-Emissionen
- Erhebung emissionsrelevanter Daten von Bioabfall-Vergärungsanlagen
  → Aktualisierung bestehender THG-Bilanzen

Aufgabe / Methodik

Energetische Biomassenutzung

- Betreiberbefragung von Abfall-Vergärungsanlagen
- Emissionsmessung nach der Ausbringung von Gärresten zur Erfassung der Treibhausgase Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) und Ammoniak (NH_3)
- Emissionsmessungen an ausgewählten Biogasanlagen zur Erfassung der anlagenseitigen Emissionen der klimarelevanten Gase CH_4, N_2O und NH_3.
- Untersuchungen zum Restgaspotenzial der Gärreste aus der anaeroben Bioabfallbehandlung.
- Ökobilanzielle Darstellung der untersuchten Biogasanlagen unter Beachtung der Dünge- und Humuswirkung der Gärprodukte und Komposte.
- Darstellung von Maßnahmen zur Emissionsminderung.

Anlagenkonzepte - Abfallvergärung

Energetische Biomassenutzung

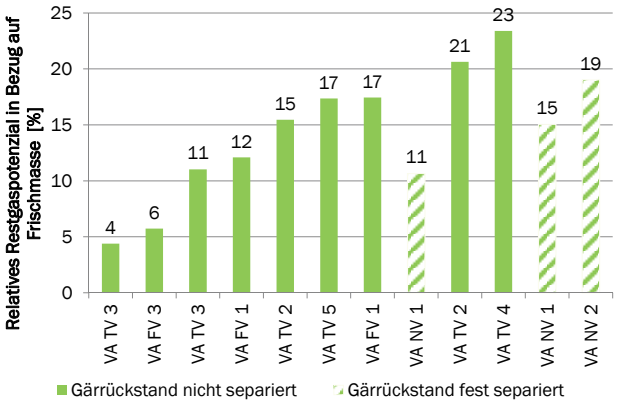
Insgesamt wurden 12 Anlagen zur Vergärung von Bioabfällen emissionsseitig untersucht:

- 4 x Nassvergärung, kontinuierlicher Betrieb (stehende Fermenter)
- 5 x Trockenvergärung, kontinuierlicher Betrieb (liegende Fermenter)
- 3 x Feststoffvergärungsanlage, diskontinuierlicher Betrieb (Garage)

Nr.	Kod-ierung	kWel	Vergärungs-verfahren	Temperatur	externe Wärme-nutzung	Abdeckung Gärestlager	Gärrest-aufber-eitung	Nach-kompost-ierung	Art der Rotte	
1	NV 1	630	nass	mesophil		abgedeckt	x	x	Miete	offen unbelüftet
2	NV 2	536	nass	thermophil	x	abgedeckt	x	x	Miete	offen unbelüftet
3	NV 3	986	nass	mesophil		offen	x	-	-	
4	NV 4	1200	nass	mesophil		offen, abged.	x	-	-	
5	TV 1	1790	trocken	thermophil		gasdicht abged.	x	-	-	
6	TV 2	1413	trocken	thermophil		abgedeckt	x	x	Miete	offen unbelüftet
7	TV 3	816	trocken	thermophil			x	x	Tunnel	gekapselt belüftet
8	TV 4	625	trocken	thermophil	x	gasdicht abged.	x	x	Tunnel	gekapselt belüftet und unbelüftet
9	TV 5	640	trocken	thermophil		abgedeckt	x	x	Tunnel	gekapselt belüftet
10	FV 1	625	trocken	mesophil	x		x	x	Miete	gekapselt belüftet
11	FV 2	680	trocken	mesophil	x		x	x	Tunnel, Miete	offen belüftet, gekapselt belüftet
12	FV 3	370	trocken	mesophil	x		x	x	Miete	gekapselt belüftet

Ergebnisse Restgaspotenzial

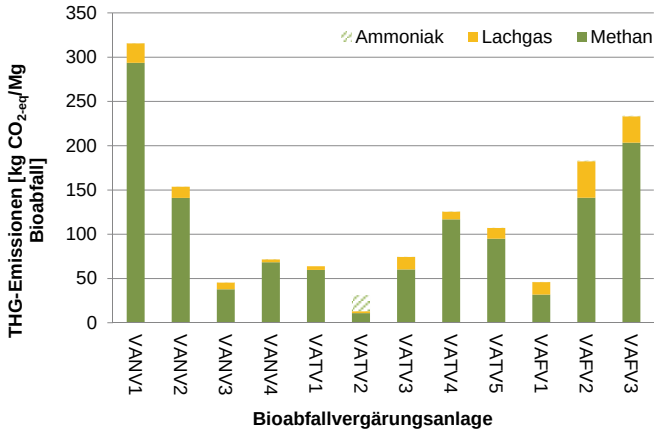
Energetische Biomassenutzung



Annahmen: Gasbildungspotenzial 74 m³ i.N. CH_4/t Bioabfall; 10 % Frischmasseabbau durch Biogasbildung, Separationsverhältnis 20 % fester Gärrückstand zu 80 % flüssiger Gärrückstand.

Ergebnisse Emissionsmessung Abfall-Vergärungsanlagen

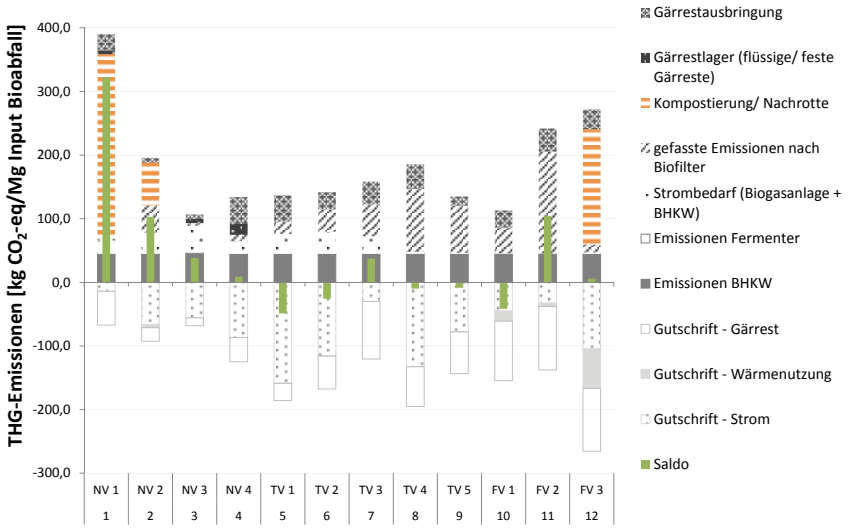
Energetische Biomassenutzung



- Große Bandbreite an anlagenseitigen THG-Emissionen
- Methanemissionen dominieren die THG-Emissionen

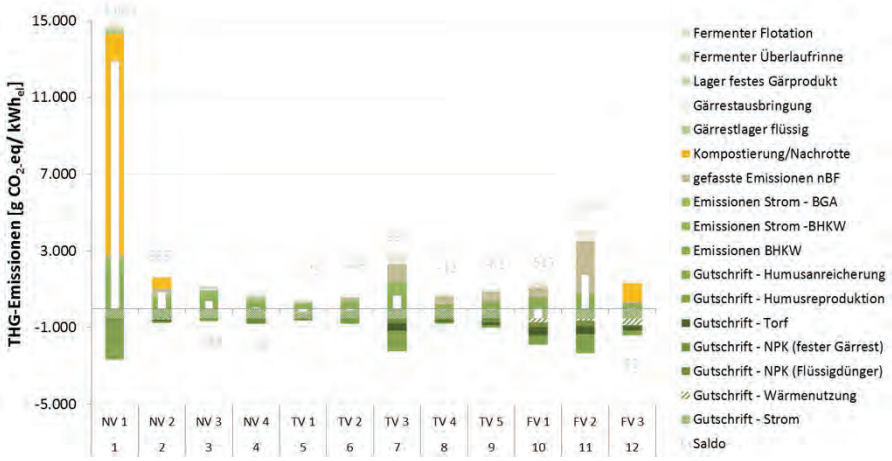
Ergebnisse – THG-Bilanz (kg CO_2-eq/Mg Input Bioabfall)

Energetische Biomassenutzung



Ergebnisse – THG-Bilanz (g CO_2-eq/kWh_{el})

Energetische Biomassenutzung



Bezog. auf die Stromerzeugung: überwiegend THG-Einsparungen im Vergleich konv. Stromerzeugung

Relevante Emissionsquellen

Energetische Biomassenutzung

- wesentliche Emissionsquellen:
  - unzulängliche Aerobisierung bzw. schlecht durchlüftete nachgeschaltete Kompostierungsverfahren
  - offene Gärrestlager
  - fehlende saure Wäscher vor Biofiltern

→ Rotteverfahren mit aktiver Belüftung tragen deutlich zur Emissionsreduktion bei der Behandlung von Bioabfällen bei.

→ Die Behandlung von Komposten und Gärrückständen durch zwangsbelüftete, gekapselte Kompostierungssysteme gegenüber natürlich belüfteter Kompostierung und Rotteverfahren kann die Emissionen deutlich reduzieren.

Maßnahmen Emissionsminderung

Energetische Biomassenutzung

- Verlängerung der Verweilzeit unter Beachtung der verfahrenstechnischen Grenzen
- Intensive, schnelle Aerobisierung der Gärreste
- Gasdichte Abdeckung von Gärrestlagern und Einbindung in die Biogasverwertung
- Generell offene Lagerung von Gärrückständen und Gärprodukten vermeiden
- Kleine Mieten, häufiges Umsetzen, intensives Belüften, ausreichend Strukturmaterial verwenden
- Einsatz von sauren Wäschern vor dem Biofilter

Fazit

Energetische Biomassenutzung

- Große Bandbreite der Emissionsmessungen an Bioabfallanlagen mit 40 bis 320 kg $CO_{2\text{-eq}}$/Mg Bioabfall
- Methanemissionen bilden den größten Anteil der THG-Emissionen
- Nicht unbedingt die Art des Vergärungsverfahrens sind für erhöhte Emissionen verantwortlich, sondern vielmehr der Umgang mit den aktiven Materialien (Gärrückstände)
- Die Gesamt-THG-Bilanz der Anlagenkonzepte hängt in vergleichbarem Maße einerseits von den anlagenseitigen Emissionen und andererseits von den Gutschriften für die erzeugten Produkte (Strom, Wärme, Gärprodukte) ab.
- Die Heterogenität bei den verschiedenen Einflussfaktoren sowohl auf Seiten der Emissionen als auch auf Seiten der Gutschriften zeigt erhebliche Optimierungspotenziale bei allen Anlagen.
- Mit Blick auf die Stromerzeugung und im Vergleich zu den mit der konventionellen Stromerzeugung verbundenen Emissionen ist der Großteil der betrachteten Anlagen deutlich besser zu bewerten.

Verwertung der Ergebnisse – Transfer

Energetische Biomassenutzung

- Veröffentlichung des Endberichtes
  - DBFZ-Homepage
    https://dbfz-sps01.leipzig.dbfz.de/PWA/P3230010/Berichte/Endbericht/f%C3%BCr%20Ver%C3%B6ffentlichung%20(TIB)/Endbericht03KB027_final%20TIB%2031.07.2013.pdf
  - TIB-Hannover
- Ergebnisse bei verschiedenen Veranstaltungen vorgestellt, u.a.:
  - VDI-Tagung Spezialtag Emissionen Nürtingen, 11.06. 013
  - Berlin, BDE-Tagung „Die Zukunft der Bioabfallverwertung“, 4.06.2012, Vortrag „Klimarelevante Emissionen aus Biogasanlagen“
  - Vortrag „Emissionen von Biogasanlagen“ , 3. KdRL Expertenforum Biogasanlagen VDI/BMU/UBA – 30. Oktober 2012, Bonn
  - Berlin, Statusseminar Konferenz Energetische Biomassenutzung, 5./6.11.2012, Vorstellung der Endergebnisse
  - Berlin, September 2012, u.a. Diskussion der Ansätze der Humuswirkungen von Gärresten zur Einbindung in die Ökobilanzierung

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

Aktueller Forschungsbedarf

- kontinuierliche Emissionsmessungen an Biogasanlagen insgesamt (u.a. längere Messzeiträume, Emissionen aus der Gärrestlagerung, Emissionen aus Überdrucksicherungen)
- Ökobilanzielle Bewertung der Gärreste bzgl. der Humuswirkungen näher zu untersuchen
- Weiterentwicklung und Validierung bestehender Messmethoden
- Standardisierung der Überwachung und Vorgehensweise zur Gasleckageuntersuchungen
- Analyse der Kosten und Verhältnismäßigkeit emissionsmindernder Maßnahmen
- Optimierung der Nachrotte

Signifikante technologischen Veränderungen bis 2030

- Einsatz effizienter und emissionsarmer Vergärungstechnologien
- Weiterentwicklung von Emissionsmesstechnik

Forschungsbiogasanlage DBFZ

Energetische Biomassenutzung

Fraunhofer IKTS

LEHMANN Maschinenbau GmbH

ALANTUM Innovations in Alloy Foam

Fraunhofer IFAM

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

FKZ-Nr.: 03KB041

Entwicklung eines neuartigen energie- und rohstoffeffizienten Entschwefelungssystems für die Erzeugung von Bio-Erdgas

Laufzeit: 01.09.2010-31.08.2013

Präsentation der Endergebnisse auf der 5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 2a: Marc Lincke, Fraunhofer IKTS

Projektziel

Energetische Biomassenutzung

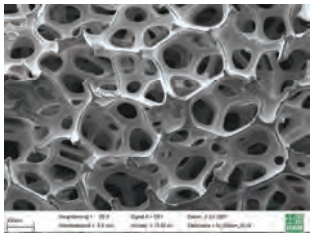
- energie- und rohstoffeffizientes Entschwefelungssystem
  - Metallischer Schaum als Trägermaterial
  - Eisen(III)-oxid (Fe_2O_3) als Sorbens
- Eignung des Systems für die Feinentschwefelung
  - Einhaltung des H_2S-Grenzwertes von < 5 mg/m³ nach DVGW 260
- Regeneration des Adsorbermaterial
- Gewinnung von elementarem Schwefel

Adsorberschaum Laboranlage

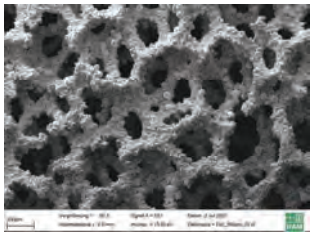
Herstellung Adsorberschäume

Energetische Biomassenutzung

- Nickel-Schaum
  - Beschichtung eines Polyurethan-Substrates (Schaum) mit Nickel (PVD + galvanisch) [1]
  - Wärmebehandlung zum Austreiben der Organik
  - Glatte Oberfläche
  - Großtechnische Herstellung



- Nickel-Basis-Schaum
  - Beschichtung des reinen Nickel-Schaums mit einem hochlegiertem Metallpulver
  - Wärmebehandlung zum Entfernen der Organik (Binder)
  - Vergrößerung der Oberfläche

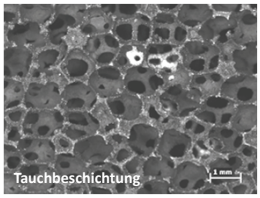


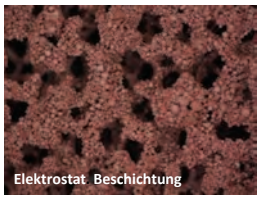
ALANTUM Fraunhofer IFAM

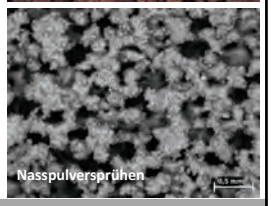
Herstellung Adsorberschäume

Energetische Biomassenutzung

- Beschichtungstechnologie Fe_2O_3 Pulver
  - Kriterien
    - Möglichst hohe Beladung mit Sorbens (Fe_2O_3)
    - Reproduzierbares und up-scale-bares Verfahren
    - Poren müssen offen bleiben
  - Getestete Beschichtungsverfahren
    - Direktbeschichtung mit Pulver → nicht geeignet
      - Starkes Verblocken der Poren
    - Tauchbeschichtung → prinzipiell geeignet
      - Poren blockiert, Ausblasen mit Druckluft
    - Elektrostatische Beschichtung → prinzipiell geeignet
      - Pulver zu grob
    - Nasspulversprühen → Bestes Ergebnis
      - Gezielte Einstellung der Beladungskapazitäten







ALANTUM Fraunhofer IFAM

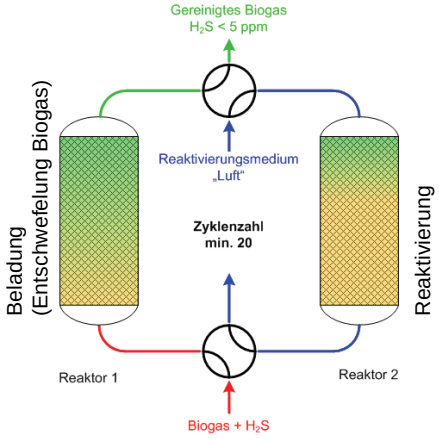
Verfahrensschritte Beladung und Reaktivierung

Energetische Biomassenutzung

- Beladung (Biogasentschwefelung)
  - Chemische Adsorption
  - H_2S reagiert mit der Sorbens unter Bildung von Eisen(II)-sulfid und Wasser
- Reaktivierung
  - Einleitung von Luft
  - Umwandlung von Eisen(II)-sulfid zu Eisen(III)-oxid und elementarem Schwefel
  - Sorbens steht für eine weitere Beladung zur Verfügung

Biogasentschwefelung:
$Fe_2O_3 + 3\ H_2S \rightarrow 2\ FeS + 1/8\ S_8 + 3\ H_2O$

Reaktivierung:
$2\ FeS + 3/2\ O_2 \rightarrow Fe_2O_3 + S_2$



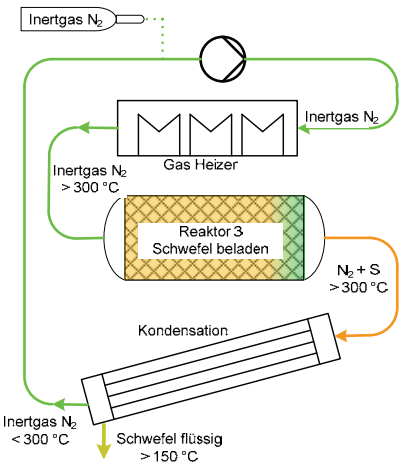
Fraunhofer IKTS LEHMANN

Verfahrensschritte Regeneration und Schwefelgewinnung

Energetische Biomassenutzung

Fraunhofer IKTS LEHMANN

- Thermische Regeneration
  - Elementarer Schwefel verringert die aktive Adsorberoberfläche
  - Durch Erhitzen wird der feste Schwefel in die Gasphase überführt
  - Inertgas (z.B. N_2) als Trägergas
  - Offene Fragen:
    - Reaktionen von Sorbens und Schwefel
    - Reinigungsleistung der Adsorber nach der Regeneration
- Schwefelgewinnung
  - Kondensation des gasförmigen Schwefel
  - Auffangen des flüssigen Schwefels
  - Schwefel als Rohstoff



Reaktivierung und Schwefelgewinnung

Energetische Biomassenutzung

- Reaktion zwischen Metall / Sorbens mit Schwefel?
  - Versuchsdurchführung
    - Tauchbeschichtung mit schwefelhaltiger Suspension → 60 M-% Schwefel
    - In der Laborversuchsanlage beladene Schäume
    - Thermische Behandlung (200 °C – 300 °C) unter Argon
  - Ergebnis
    - Bei 300 °C werden bis zu 95 % des Schwefels entfernt
    - Keine Reaktion zwischen den metallischen Elementen und Schwefel

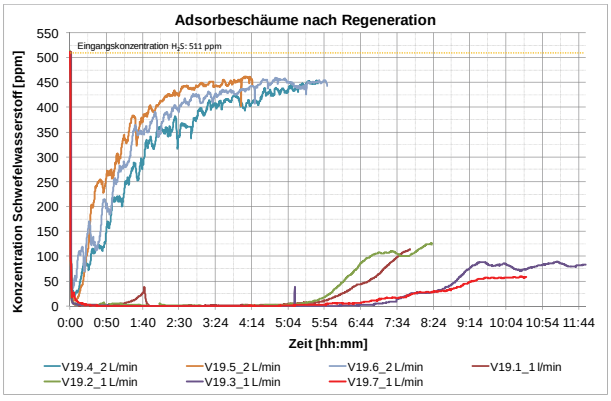
	B	Al	Si	S	Cr	Fe	Ni	Mo
1			2.61		21.41	5.51	31.66	38.81
2		0.44	1.64		25.72	5.33	57.92	8.95
3	32.83		0.34	66.27			0.56	
4		0.38	1.41	3.51	27.35	5.51	61.84	
5		0.40	1.81		25.53	5.09	58.10	9.07
6			3.36		22.94	6.67	47.29	19.75
7				100.00				

Mit Schwefel beladener Ni-Basis-Schaum nach Wärmebehandlung bei 300 °C / Entfernungsrate Schwefel beträgt ca. 75 %

Beladung und Reaktivierung II

Energetische Biomassenutzung

- Einsatz thermisch regenerierte Adsorberschäume
  - Das Reinigungsziel von < 5 mg/m³ konnte erreicht werden
  - In-Situ Reaktivierung mit Luft funktioniert
  - Steuerung der Durchbruchszeiten (Grenzwert) über Raumgeschwindigkeit



- Raumgeschwindigkeit: 791,5 h^{-1} / 395,7 h^{-1}
- H_2S-Kon.: 511 ppm
- 6 Beladezyklen

Zusammenfassung und Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- Zusammenfassung
  - Bevorzugtes Beschichtungsverfahren → Nasspulversprühen
  - Machbarkeit der Zyklen Entschwefelung und In-Situ Reaktivierung für neue und regenerierte Schäume nachgewiesen
  - H_2S-Grenzwert nach DVGW 260 wird unterschritten
  - Thermische Regeneration und Schwefelgewinnung nachgewiesen

  → Machbarkeit der Verfahrensschritte im Labor und Technikum nachgewiesen

- Ausblick
  - Weitergehende Untersuchung der Beladungs- und Reaktivierungsprozesse
    - Prozessparameter (Raumgeschwindigkeit, Druck, Input-Konzentration, Adsorbergeometrie, etc.)
    - maximale Zyklenzahl
    - Weitere Schwefelverbindungen?
  - Up-Scaling der Beschichtungstechnologie
  - Entwicklung eines übertragbaren Verfahrens zur thermischen Regeneration und Schwefelgewinnung

  → Anschlussvorhaben in der Planung

Energetische Biomassenutzung

Fraunhofer IKTS | LEHMANN Maschinenbau GmbH | ALANTUM Innovations in Alloy Foam | Fraunhofer IFAM

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Dreyer & Bosse Kraftwerke

atalysis

IBZ

Gefördert durch

Klimaschutz

DIE BMU KLIMASCHUTZ-INITIATIVE

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

FKZ-Nr.: 03KB048A

Qualitätsverbesserung der Bioerdgas-Netzeinspeisung durch Sauerstoffentfernung (Q-BioNES)

Laufzeit: 01.01.2011-31.07.2013

Präsentation der Endergebnisse auf der 5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 2a: Steffen Golka, Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH

Motivation / Hintergrund

Energetische Biomassenutzung

- Klimaschutzwirkung THG – Minderungspotential
  - LPG Einsparung
  - Lebensdauer des Aminwaschmittel
- Ökonomische Wirkungen
  - Systemkonformer Zugang von Bioerdgas in die Transportnetzebene
    - 0,5 % => 10 ppm
  - Kosteneinsparungen durch geringeren LPG-Einsatz
  - Einsparungen bei vorzeitig verschlissenem Waschmittel
  - Absatzpotentiale für Biogasaufbereitungstechnik
  - alternative Nutzungen der entwickelten Techniken
  - Gleichbleibende Gasqualität, sichert sensible Industrieprozesse

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

naturwissenschaftliche Arbeitsziele (LIKAT)

- Synthese von Sauerstoffdefizitstrukturen
- Messung der O_2 Aufnahme- und Abgabekinetik
- Entwicklung prozessgeeigneter Katalysatoren
- Austestung der Aktivität für die katalytische Entfernung
- Bewertung der Schwefeltoleranz
- Evaluation notwendiger Vorreinigungsstufen

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

konzeptionelle und wirtschaftswissenschaftliche Arbeitsziele (IBZ)

- Anwendung methodisch abgesicherter Instrumente zur Ermittlung der THG-Bilanz
- betriebs- und volkswirtschaftliche Untersuchung des Einflusses technischer Prozessfaktoren
- Analyse osteuropäischer Gasnetzregularien und Ist-Standermittlung
- Analyse Sauerstoffgehalt vs. Lebenszyklus Amin-Waschmittel
- THG-seitige Potentialbilanzierung von Biogas

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

technische Arbeitsziele (Dreyer & Bosse, LIKAT)

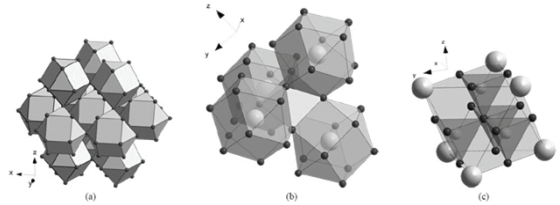
- Bau und Instrumentierung eines Versuchsstands
- Erstellung eines thermodynamisches Prozessmodells
- Entwicklung eines verfahrenstechnischen Referenzdesigns
- Erprobung von Katalysatorschutzkonzepten
- Erprobung kosteneffektiver, langzeitstabiler Messtechnik für O_2
- Erstellung eines Demonstrations-Prototyps
- Umsetzung und Abnahme der erforderlichen Sicherheitstechnik

Aufgabe / Methodik / Ergebnisse I

Energetische Biomassenutzung

Screening nach geeigneten adsorptiven Stoffsystemen

- hocheffizient: Sauerstoffdefizitstruktur $YBaCo_4O_7$
- Erweiterung der Festkörpersynthese zur Generierung von Nanopartikeln mittels Zucker/PVA-Methode (verbesserte Kinetik)



Raumgruppe: $P6_3mc$
hexagonal
a= 6.2982(4) Å
c = 10.2467(9) Å

(a) *h c p* Stapelung der Ba-enthaltenen Antikuboktaeder
(b) das Y-enthaltene Oktaeder innerhalb der Tetraederlücke zwischen vier Ba-Polyedern
(c) vier Co-Tetraeder, die die Oktaederlücke zwischen sechs Ba füllen

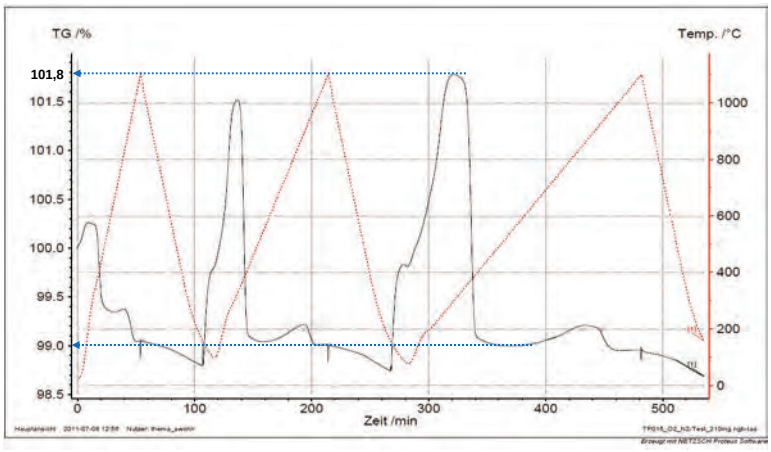
Quelle: M. Valldor, M. Andersson, *Solid State Sciences* **2002**, *4*, 923-931.

Aufgabe / Methodik / Ergebnisse I

Energetische Biomassenutzung

Screening nach geeigneten adsorptiven Stoffsystemen

- beide Varianten besitzen eine reversible Aufnahme von Sauerstoff
  - Maximale Aufnahmekapazität beträgt 3 Gew.-%



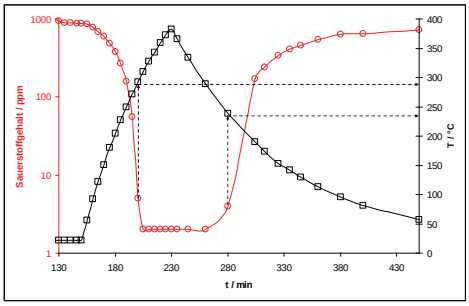
Aufgabe / Methodik / Ergebnisse I

Energetische Biomassenutzung

Entwicklung prozessgeeigneter Katalysatoren

Synthese verschiedener auf γ-Al_2O_3 geträgerter Metalle:

Anspringtemperatur beim Aufheizen und beim Abkühlen, Bsp. Platin:

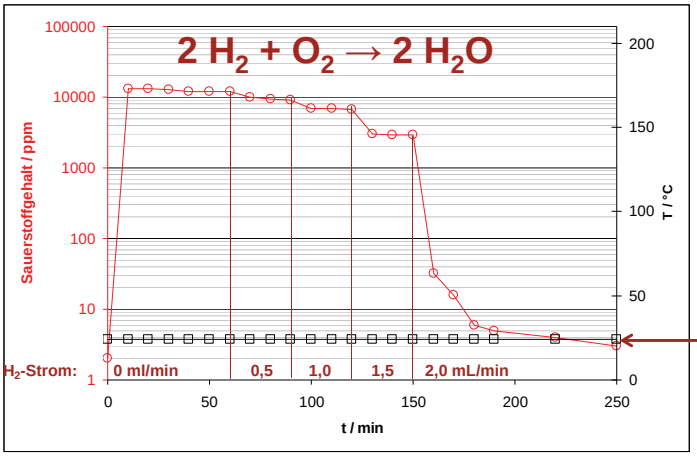


Temperaturabhängiger Sauerstoffgehalt eines Gemisches aus $N_2/O_2/H_2$ bei Verwendung von 2 wt.-% Pt@Al_2O_3 [Pfeile: Temperaturbereich, bei dem beim Aufheizen (> 290 °C) bzw. Abkühlen (> 240 °C) O_2-Gehalt < 10 ppm; O_2-Strom = H_2-Strom].

Aufgabe / Methodik / Ergebnisse I

Energetische Biomassenutzung

Austestung der Aktivität für die katalytische Entfernung



stöchiometrieabhängiger Sauerstoffgehalt eines Gemisches aus $N_2/O_2/H_2$ bei Verwendung von 2 wt.-% $Pt@Al_2O_3$ [O_2-Strom = 1 mL/min].

Aufgabe / Methodik / Ergebnisse II

Energetische Biomassenutzung

konzeptionelle und wirtschaftswissenschaftliche Arbeitsziele (IBZ)

- Analyse europäischer Gasnetzregularien
  - Für den grenzüberschreitenden Gastransport werden Sauerstoffkonzentrationen von 10 ppm verlangt
- Analyse Sauerstoffgehalt vs. Lebenszyklus Amin-Waschmittel
  - Sauerstoffsenke ist schwefelanfällig, Verlängerung des Lebenszyklus des Amin-Waschmittels fällt nicht so stark in Gewicht wie eine zusätzliche Schwefelsenke
- THG-seitige Potentialbilanzierung von Biogas
  - Reduzierung Propanverbrauch um 99%

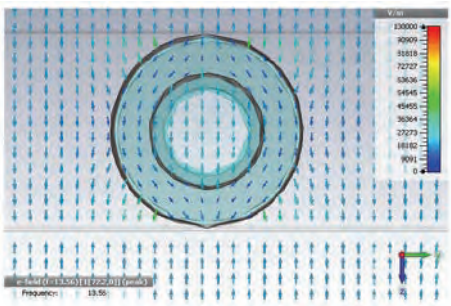
Aufgabe / Methodik / Ergebnisse III

Energetische Biomassenutzung

Bau und Instrumentierung eines Versuchsstands

- Auswahl der Materialien
- Ergebnis: im HF-Feld sollen HF-durchlässige Materialien verwendet werden, damit die Leistung ausschließlich auf den Adsorber trifft.
- Temperaturbeständigkeit:
  bis 450 °C
- druckfest

Es wurde eine Keramik auf Basis von Aluminiumoxid gewählt.



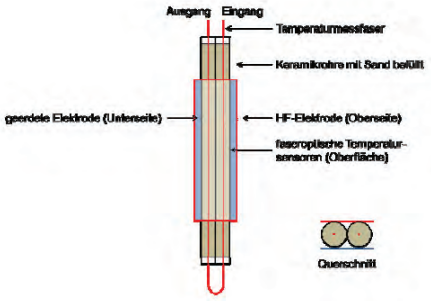
Vektorfeld für die Anordnung des luftgefüllten Rohrreaktors zwischen zwei parallelen Plattenelektroden (Simulation V01)

Aufgabe / Methodik / Ergebnisse III

Energetische Biomassenutzung

Bau und Instrumentierung eines Versuchsstands

- Keramikrohre im HF-Testfeld

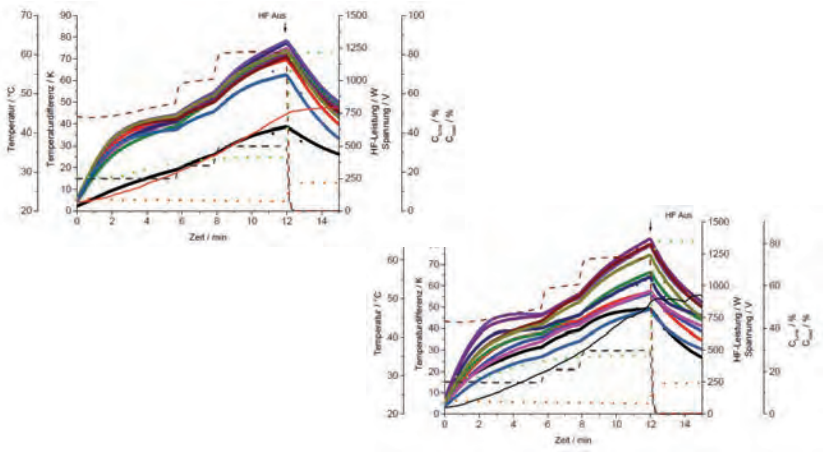


Aufgabe / Methodik / Ergebnisse III

Energetische Biomassenutzung

Bau und Instrumentierung eines Versuchsstands

- Keramikrohre im HF-Testfeld, Temperaturverlauf



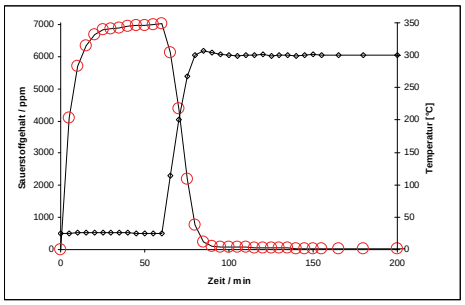
Aufgabe / Methodik / Ergebnisse III

Energetische Biomassenutzung

Erstellung eines thermodynamisches Prozessmodells

Adsorption bei 300 °C

Desorption bei 400 °C

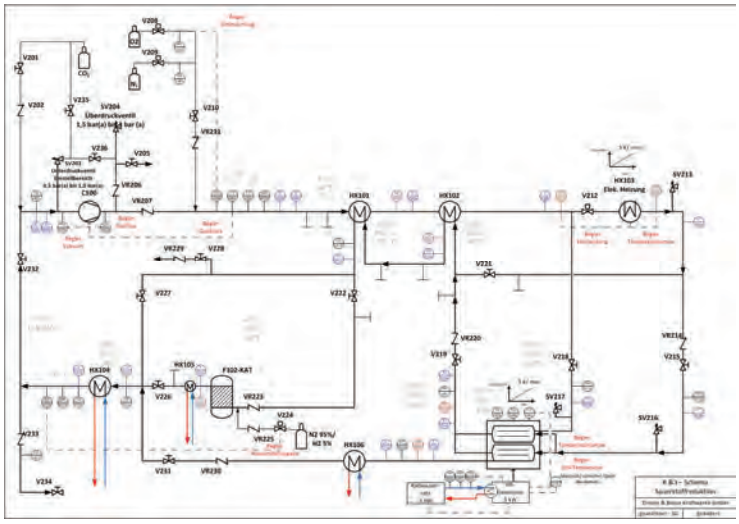


Verlauf des Sauerstoffgehalt (rot) in Abhängigkeit der Temperatur unter Verwendung von $YBaCo_4O_7$ bei konstantem Gesamtstrom nach Öffnen der Sauerstoffzufuhr und Einstellung des Sauerstoffgehalts (O_2: 2,3 mL/min; N_2: 1000 mL/min; CO_2: 2,4 mL/min).

Aufgabe / Methodik / Ergebnisse III

Energetische Biomassenutzung

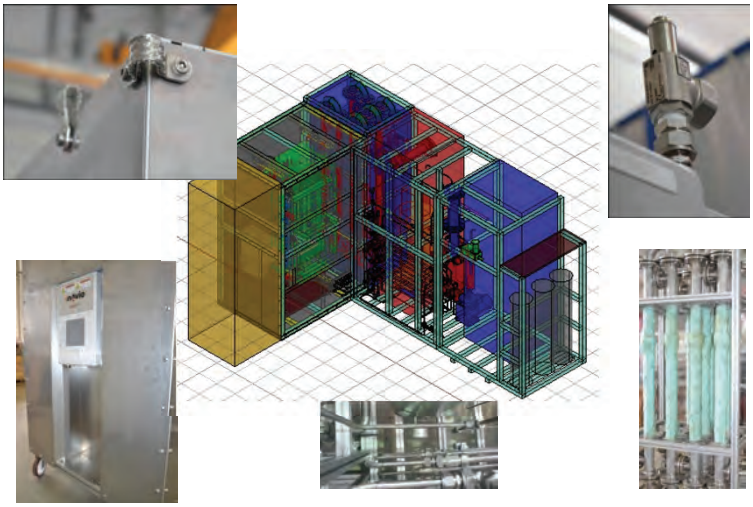
Entwicklung eines verfahrenstechnischen Referenzdesigns



Aufgabe / Methodik / Ergebnisse III

Energetische Biomassenutzung

Erstellung eines Demonstrations – Prototyps



Aufgabe / Methodik / Ergebnisse III

Energetische Biomassenutzung

Technische Arbeitsziele (Dreyer & Bosse, LIKAT)

- Erprobung von Katalysatorschutzkonzepten
  - technische Lösung wurde gefunden und implementiert
- Erprobung kosteneffektiver, langzeitstabiler Messtechnik für O_2
  - Chem. Sensoren für langzeitstabile Messtechnik
- Umsetzung und Abnahme der erforderlichen Sicherheitstechnik
  - Erstellung einer konzeptionellen Lösung mit der Unterstützung der zuständigen Institution

Verwertung der Ergebnisse – Transfer

Energetische Biomassenutzung

- Sauerstoffdefizit-Struktur
  - Zeigt exzellente Selektivität
- Katalytische Sauerstoffentfernung
  - Katalyse bei möglichst geringen Temperaturen
- Druckfestes, HF-Feld neutrales Keramikrohr
  - Auch für andere Schüttungen einsetzbar
  - Variation des Adsorbers

Ergebnisse im Kontext der Nationalen Klimaschutzinitiative

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - LPG-Einsparung
  - Verlängerung der Lebensdauer des Amin-Waschmittels
- Ökonomisch
  - Ermöglicht Biogaseinspeise-Projekten den Zugang zur Transportebene
  - Kosteneinsparungen durch geringeren LPG-Einsatz
  - Einsparungen bei vorzeitig verschlissenem Waschmittel
  - Absatzpotentiale für Biogasaufbereitungstechnik
  - alternative Nutzungen der entwickelten Techniken
  - Gleichbleibende Gasqualität, sichert sensible Industrieprozesse ermöglichen
- Sozial
  - Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen im Biogas-Sektor

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

Thema / Projektergebnis

- Sauerstoffmesstechnik
- Katalytische Sauerstoffentfernung

Aktueller Forschungsbedarf

- Langlebigere Sauerstoffsensoren
- Nutzung des Verfahrens für andere Biogasbegleitstoffe
- Anpassung an Odorierung

Signifikante technologische Veränderungen bis 2030

- Optimierung der Katalyse
- Vergrößerung der Aufnahmekapazität der Sauerstoffdefizit-Struktur

Heizwert oder Brennwert? Gesamt-Bilanzierung Biogasanlagen-Optimierungsstrategie für zukunftsfähige Biogasanlagen

Praktikabilität für die Entwicklung der Bilanzkreise Stoff und Energie sowie von Kennwertdefinitionen

Dipl.-Ing. Wolfgang Hölzer, Naumburg; *IREU* Institut Wolfgang Hölzer;
Neuengüter 22, 06618 Naumburg, www.ireu.net
Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke; Hochschule Zittau/Görlitz;
Theodor-Körner-Allee 16, 02763 Zittau
Dr. Gerd Reinhold; Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TTL);
Naumburger Str. 98, 07743 Jena
Dipl.-Ing. André Wufka; Fraunhofer IKTS Dresden;
Winterbergstr. 28, 01277 Dresden

Institut Dipl.-Ing. Wolfgang Hölzer

Über 15 Jahre Tätigkeit für Energieeffizienz/regenerative Energien

Schwerpunkte:

- Energieeffizienzberatung und Energiekonzepte für Unternehmen und öffentliche Einrichtungen
- Energiediagnose – Konzeption und Durchführung messtechnische Vor-Ort-Untersuchungen – ganzheitliche Energiebilanzierung
- ***Biogasanlagen - Steuerung und Visualisierung***

  Konzepte, Planung, Software, Messtechnik, Netzwerktechnik/IT für Neuanlagen und Ertüchtigung Bestandsanlagen
- Software zur Datenerfassung und Lastmanagement
- Gebäudeautomation - auch mit BACnet

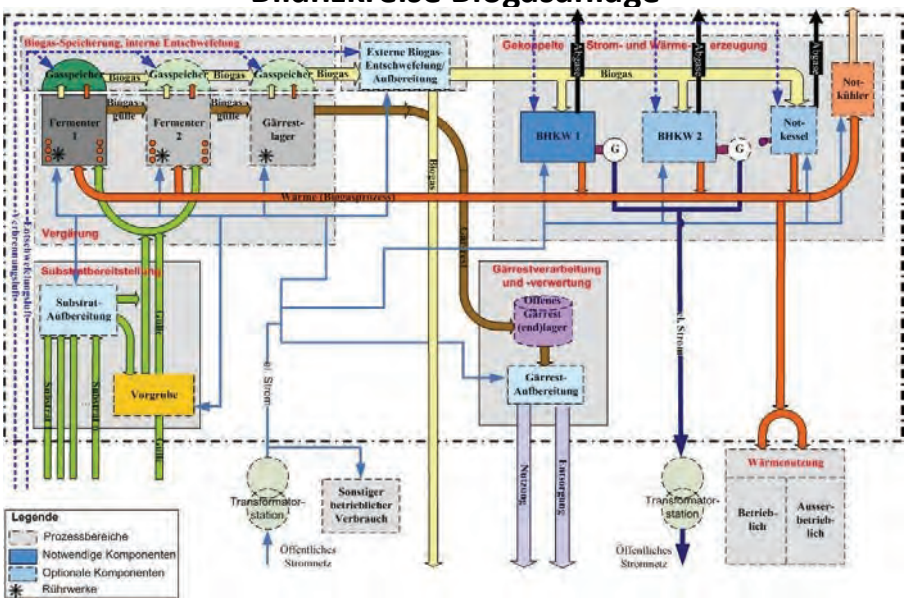
1. Fragestellung:

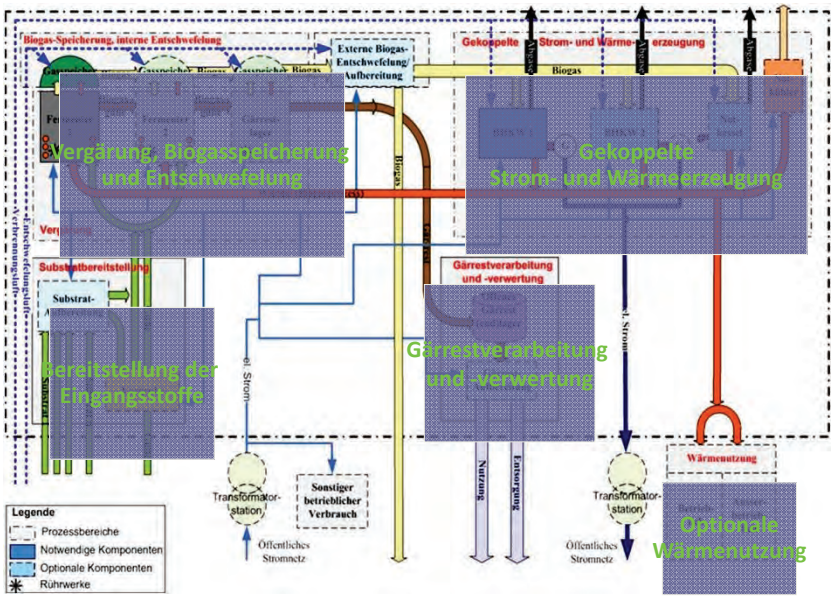
Die gängigen Standards in Deutschland, u.a. in seinem gegenwärtigen Diskussionstand auch das Methodenhandbuch „Stoffstromorientierte Bilanzierung der Klimagaseffekte“ [1] (Ausgabe 2012) orientieren bei der Bilanzierung energietechnischer Prozesse auf die Verwendung des Heizwertes (unteren Heizwertes, NCV net caloric value) als Bezugsgröße.
International hat sich die Verwendung des Brennwertes (oberer Heizwert, GCV gross caloric value) inzwischen weitgehend durchgesetzt.

Wie sind die Randbedingungen für eine wissenschaftliche Darstellungsweise der Bilanzkreise Stoff und Energie sowie von Kennwertdefinitionen?

Was ist deshalb zu bevorzugen?

Bilanzkreise Biogasanlage




Biogas-Speicherung, interne Entschwefelung
Externe Biogas-Entschwefelung/ Aufbereitung
Gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung
Biogas
Vergärung, Biogasspeicherung und Entschwefelung
Gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung
Substratbereitstellung
Substrat-
Gärrestverarbeitung und -verwertung
Bereitstellung der Eingangsstoffe
Gärrestverarbeitung und -verwertung
el. Strom
Wärmenutzung
Transformator-station
Sonstiger betrieblicher Verbrauch
Öffentliches Stromnetz
Nutzung
Entsorgung
Optionale Wärmenutzung
Legende
Prozessbereiche
Notwendige Komponenten
Optionale Komponenten
Rührwerke

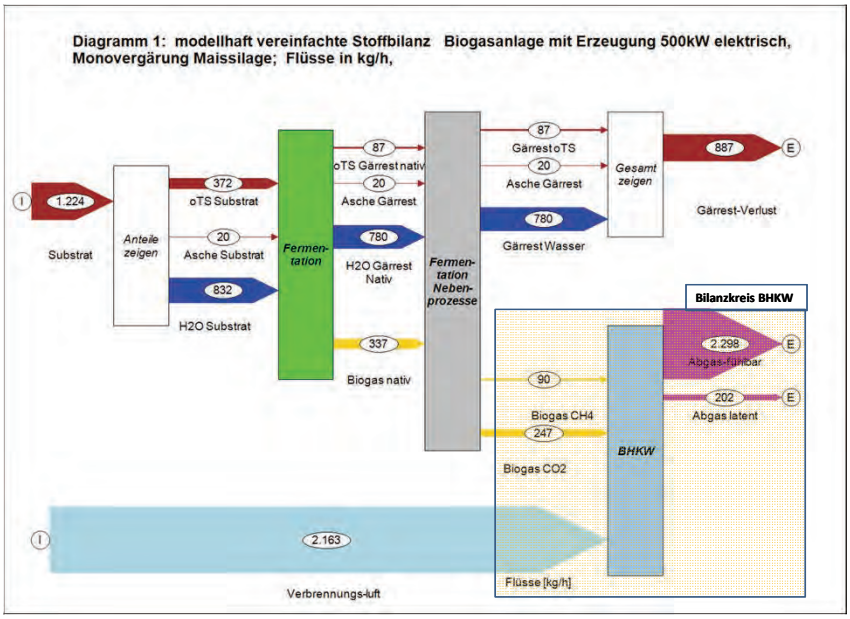
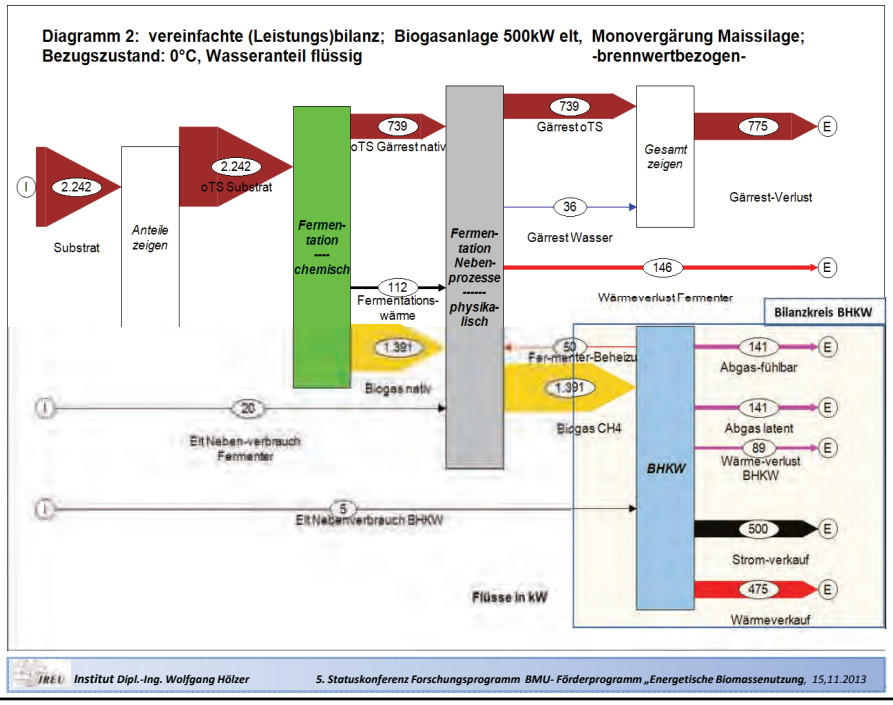


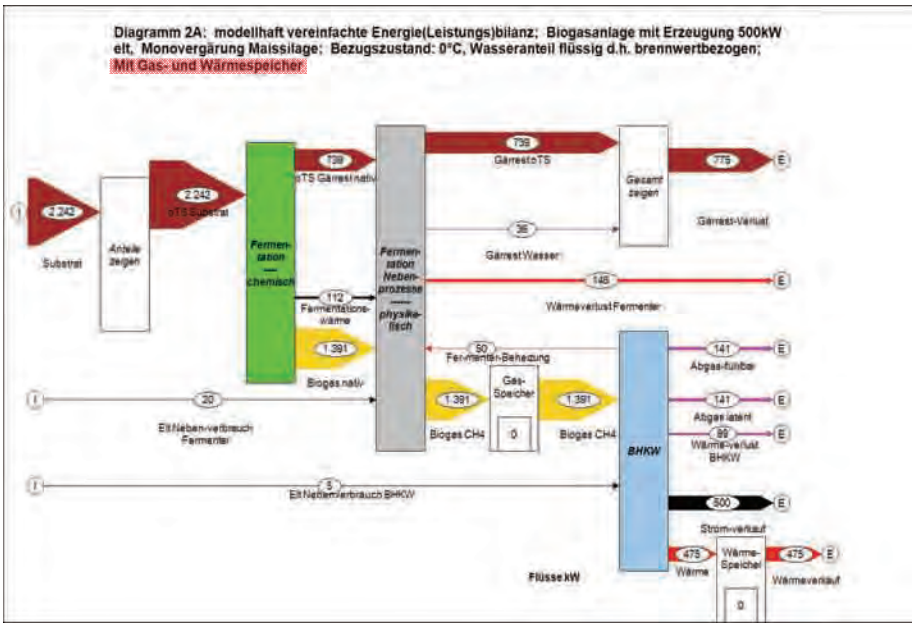
Diagramm 1: modellhaft vereinfachte Stoffbilanz Biogasanlage mit Erzeugung 500kW elektrisch, Monovergärung Maissilage; Flüsse in kg/h,
1.224
Substrat
Anteile zeigen
372
oTS Substrat
20
Asche Substrat
832
H2O Substrat
Fermen-tation
87
oTS Gärrest nativ
20
Asche Gärrest
780
H2O Gärrest Nativ
337
Biogas nativ
Fermen-tation Neben-prozesse
87
GärrestoTS
20
Asche Gärrest
780
Gärrest Wasser
Gesamt zeigen
887
Gärrest-Verlust
Bilanzkreis BHKW
2.298
Abgas-fühlbar
202
Abgas latent
90
Biogas CH4
247
Biogas CO2
BHKW
2.163
Verbrennungs-luft
Flüsse [kg/h]



Der Brennwertbezug führt zu einer anschaulichen, einfach nachzuvollziehenden Darstellung und eignet sich gut für die **Definition von Kennwerten, wie Gesamt- und Teilwirkungsgraden.**

Deutlich sind die Energieverluste und damit die potentiellen direkten oder indirekten „Stellschrauben“ für die Erhöhung der verkaufsfähigen Energie-Ausbeute zu erkennen und zu quantifizieren:
Strom: Senkung Gärrest-Verlust und Erhöhung BHKW-Wirkungsgrad;
Wärme: Reduzierung Wärmeverluste Fermenter u. BHKW, höhere Abgasauskühlung/Kondensation Wasserdampf

Aber auch Grenzen sind sichtbar, z.B.: Die Biogasausbeute kann nur auf „Kosten“ von Gärrest-oTS (oder Fermentationswärme?) gesteigert werden – prozentuale Angaben und Versprechungen von Anbietern können daran gemessen und geprüft werden.



- **Vorteile:**
- **Vergleichbarkeit: Biomasse und fossile Brennstoffe**
- **Die Schwachstellen werden sofort sichtbar**
- **Ergebnisse können in Stunden/wenigen Tagen vorliegen, Gärversuche zur Verifizierung**
- **Definition von Speicher möglich für Flexibilisierung**

- **Anwendung:**
- **Forschung, Prozessentwicklung, Prozessoptimierung**
- **Optimierung großtechnischer Anlagen, Prozessvergleich**
- **Leistungsnachweise**

- **Forschungsbedarf:**
- **Festlegung von Bilanzräumen, Messmetoden, Algorititthmen**
- **Probenahme und Brennwertbestimmung Gülle, Gärreste**
- **Vor-Ort-Tauglichkeit, Mobilität**

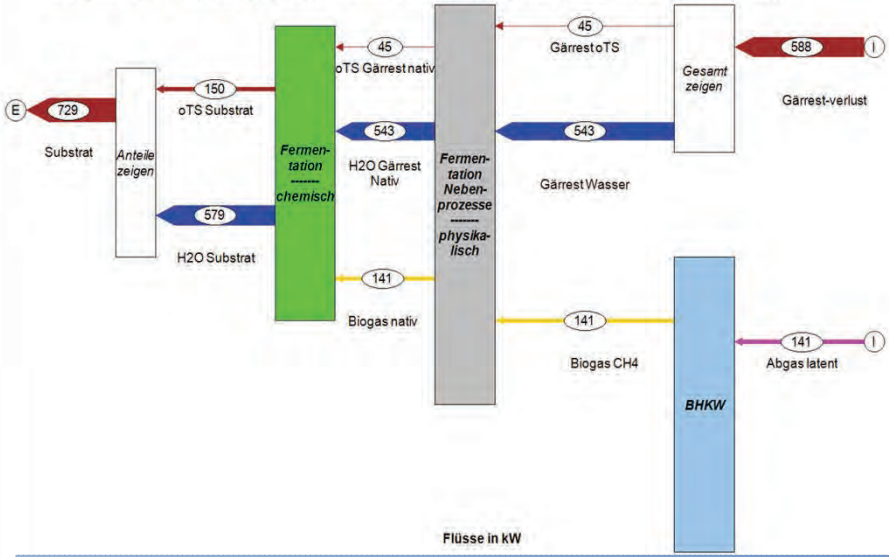
4. Energiebilanz und Sankey-Diagramm auf Basis Heizwert

Für die Erstellung der Bilanz auf Basis Heizwert wurden zunächst die H-Anteile aller beteiligten Ströme und das daraus bildbare Wasser berechnet.

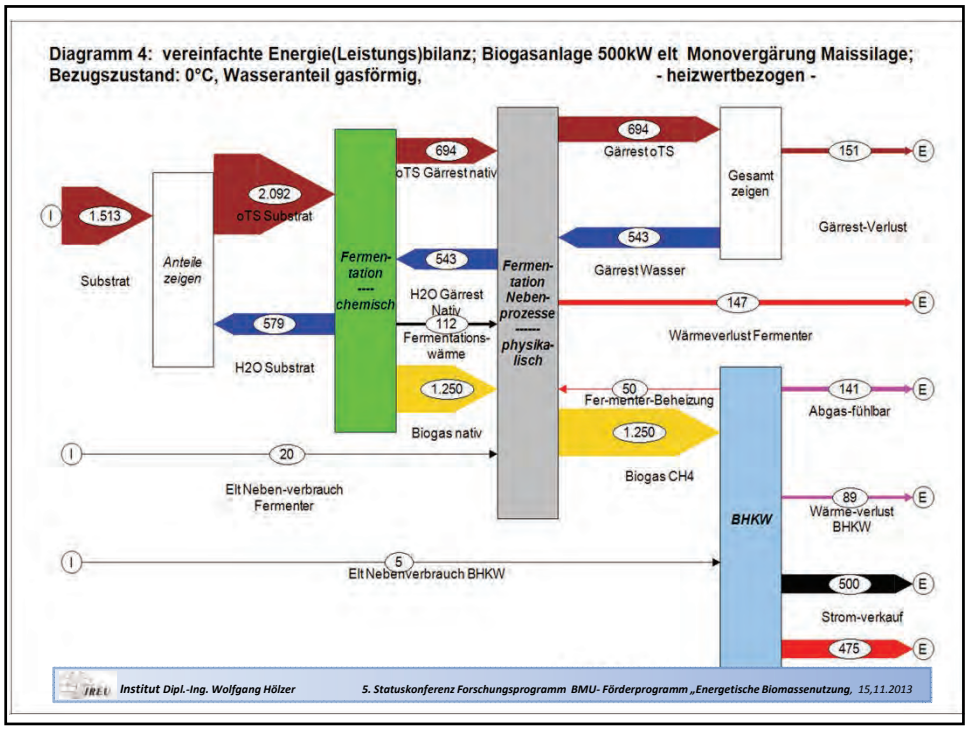
Das erlaubt nach Multiplikation der Wassersmassenströme mit der Verdampfungswärme die Ermittlung der zusätzlich zu berücksichtigenden Energieströme durch den Wechsel der Bezugsbasis flüssig zu gasförmig.

Es ergeben sind durchweg negative Energieströme, die im Sankey-Diagramm nur durch Umkehrung der Pfeilrichtungen dargestellt werden können, ***Diagramm 3 :***

Diagramm 3: vereinfachte Bilanz der zusätzlich zu berücksichtigenden Energieströme beim Übergang von Bezugszustand H2O- flüssig (Brennwert) zu H2O -gasförmig (Heizwert) Biogasanlage mit Erzeugung 500kW elektrisch, Monovergärung Maissilage; Flüsse in kW,



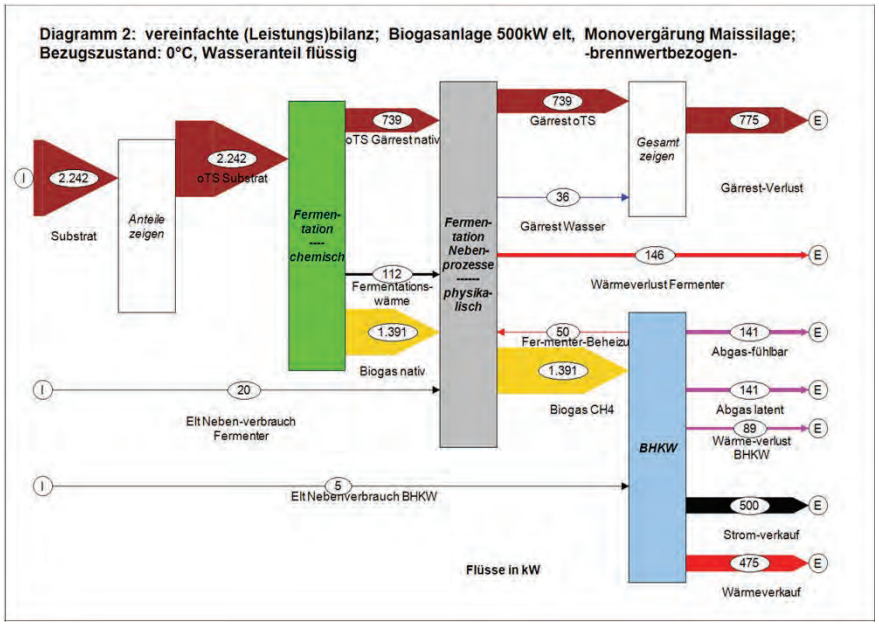
Institut Dipl.-Ing. Wolfgang Hölzer 5. Statuskonferenz Forschungsprogramm BMU- Förderprogramm „Energetische Biomassenutzung, 15,11.2013



Die Enthalpie des gasförmigen Wasserdampfs tritt zusätzlich in Prozessstufen der Fermentation mit negativen Vorzeichen (Pfeilrichtung rechts nach links) auf und erschwert die Übersichtlichkeit.

Weiterhin verschwindet die (beim heutigen Stand der Technik auch technisch) nutzbare latente Abgaswärme des BHKW völlig – und damit ein größeres Optimierungspotenzial.
Der Gärrestverlust als Optimierungspotenzial wird tendenziell als zu niedrig ausgewiesen.

Die Ergebnisse bei anderen Substraten können zu noch weniger Anschaulichkeit führen: Bei Monovergärung von Gülle würde z.B. auch der Enthalpietrom des Substratinputs negativ.



5. Schlussfolgerungen:

Die einheitliche Festlegung sinnvoller Bezugszustände stellt nach wie vor eine wichtige Bedingung für die praktisch wirksame Anwendung thermodynamischer Bilanzierungsmethoden auf energietechnische und insbesondere chemisch-verfahrenstechnische Prozesse dar.

Die Verwendung des Brennwertes lässt im Vergleich zur Verwendung des Heizwertes eine schlüssigere Bilanzierung mit vereinfachten Standardisierungsmöglichkeiten für die Vergleichbarkeit verschiedener Anlagen und Prozesse erwarten.

Energetische Prozessanalysen des Biogas-Gesamtprozesses können damit als grundlegendes Bewertungswerkzeug für Optimierung in der Verfahrensentwicklung und der Ertüchtigung technischer Biogasanlagen eingesetzt werden.
Auch Methoden zur Bilanzierung von Klimagaseffekten könnten davon profitieren

AG 2b

Thermochemische Vergasung

Energetische
Biomassenutzung

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

stadtwerke rosenheim

DBFZ

Gefördert durch

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

FKZ 03KB085: stROhgas

Entwicklung eines Verfahrens zur Vergasung von asche- und chlorhaltiger Biomasse am Beispiel Stroh

Laufzeit: 01.08.2013 – 16.03.2016

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe AG2b: Reinhold Egeler, Stadtwerke Rosenheim

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- **Motivation**
  - Erschließung alternativer Brennstoffe für die thermochemische Biomassevergasung
  - Effiziente energetische Verwertung biogener Reststoffe
- **Ziel**
  - Entwicklung eines Verfahrens- und Anlagenkonzepts zur Vergasung von Stroh auf Basis der Eigenentwicklung der Stadtwerke Rosenheim
  - Bereitstellung von Stroh als Brennstoff für die energetische Verwertung (DBFZ)

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- **Aufbau eines Versuchsstandes (SWRO)**
  - Aufbau einer standardisierten Vergasungsanlage
  - verfahrens- und anlagentechnische Anpassungen
  - Bereitstellung benötigter zusätzlicher Analytik
  - Durchführung von Versuchen zur Optimierung der Temperaturverteilung

  Ziel:

  Bestimmung der Minimaltemperatur der Oxidationszone, bei der ein Produktgas mit vernachlässigbare geringen Teergehalten erzeugt werden kann

- **Modellbildung (SWRO / externe Dienstleister)**
  - Ermittlung der Modellparameter
  - Aufbau des Modells
  - Abgleich mit praktischen Messungen

  Ziel:

  Optimierung der temperaturbeeinflussenden Parameter auf Basis des Simulationsmodells

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- **Brennstoffbereitstellung, Analyse, Charakterisierung und Qualitätssicherung (DBFZ)**
  - Beschaffung und Charakterisierung der Brennstoffe und Additive
  - Entwicklung eines Bilanzierungsmodells
  - Pelletierung der Versuchsbrennstoffe
  - Qualitätssicherung

  Ziel:

  Beschaffung und Bereitstellung geeigneter Versuchsbrennstoffe nach definierten Anforderungen mit entsprechend gleichbleibenden Eigenschaften.

- **Vergasungsversuche (SWRO)**
  - Versuche mit verschiedenen Strohpellets
  - Abgleich mit der theoretisch zu erwartenden Schlackebildung

  Ziel:

  Untersuchung der Bedingungen unter denen Strohpellets ohne Schlackebildung vergast werden können.

Inhalte und Schwerpunkte III

Energetische Biomassenutzung

- **Analyse der Korrosionsmechanismen durch Chlor (SWRO / externe Dienstleister)**
  - Untersuchungen von Schlacken und Aschen aus der Strohvergasung
  - Auswahl von Additiven zur Abscheidung von Chlor

  Ziel:

  Theoretische Analyse der zu erwartenden Korrosionsmechanismen von Chlor aus Stroh

- **Langzeitversuche zur Strohvergasung (SWRO /externe Dienstleister)**
  - Regelmäßige Wandstärkemessungen bzw. Beurteilung der Oberflächen in gefährdeten Bereichen
  - Analyse und Beurteilung der Korrosionsprodukte

  Ziel:

  Aussagen über das Korrosionsverhalten von Stroh bei der Vergasung über einen Zeitraum von zumindest 8.000 Betriebsstunden

Inhalte und Schwerpunkte IV

Energetische Biomassenutzung

- **Skalierung der Luftzuführung auf größere Vergasertypen gleicher Bauart (SWRO / externe Dienstleister)**
  - Strömungstechnische Simulation der Luftzuführung
  - Anpassung der Anlagentechnik
  - Betriebsversuche zur Schlackebildung

  Ziel:

  Nachweis der Übertragbarkeit des Konzeptes auf größere Anlagen

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- **Ökologisch**

  Reduzierung des Einsatzes von Holz als Brennstoff durch die alternative energetische Nutzung biogenen Reststoffes

- **Ökonomisch**

  Geringere Brennstoffkosten durch Substitution holzartiger Biomassen mit kostengünstigen biogenen Reststoffen

Erwartete Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- **Erwartete Produkte**

  Eine für den Einsatz von Stroh optimierte Vergasungsanlage

- **Übertragbarkeit**

  Bei Nachweis der Machbarkeit können auch größere mit Stroh betriebene Anlagen geplant und gebaut werden

- **Transfermaßnahmen**

  Die Erkenntnisse zur Brennstoffgestaltung dienen der weiteren Entwicklung der energetischen Nutzung nicht-holzartiger Brennstoffe in thermischen und thermo-chemischen Prozessen

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

- **Forschungsbedarf**
  - Zusammenhänge zwischen Teer, Benzol, ggf. Methan und Temperaturen
  - Möglichkeit der Beeinflussung/Optimierung (Katalysatoren?)
  - Rechenmodelle
- **Technologische Veränderungen bis 2030 (z.B. Ausblick Anlage/Konzept 2030)**
  - Möglichkeit der Simulation (Kostenersparnis)
  - Verfügbarkeit marktfähiger Vergasungskonzepte auch für schwierige Brennstoffe (Altholz, Klärschlamm, biogene Reststoffe)

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

DBFZ BURKHARDT

Gefördert durch

Koordiniert vom PTJ

Wissenschaftlich begleitet vom DBFZ

03KB091: FlexiTorr

Flexibilisierung der Energiebereitstellung in Bioenergiekleinanlagen durch den Einsatz torrefizierter Brennstoffe

Laufzeit: 01.09.2013 – 31.08.2015

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Momentaner Schwerpunkt der Entwicklung: Herstellung torrefizierter Biomasse für Mitverbrennung in Kohlekraftwerken
  - Für flexible Energie- und Wärmeerzeugung zukünftig verantwortlich: vor allem kleinere **KWK-Anlagen auf Vergaserbasis**
  - Notwendig: **Steigerung der Umweltverträglichkeit** und **Effizienz** von Kleinfeuerungsanlagen im Bereich der Wärmeerzeugung
  - Vorteile der Torrefizierung sollen
    - für **nationale Absatzoptionen** untersucht werden und
    - **hochwertige und effiziente Nutzungsoptionen** für den innovativen Brennstoff ermöglichen

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Ziele:
  - **Eignungsüberprüfung** torrefizierter Brennstoffe für den Einsatz in Kleinvergasungs- und Kleinfeuerungsanlagen
  - **Ermittlung der Brennstoffeigenschaften** und **Gegenüberstellung** mit den wesentlichen Vergasertypen/Verbrennungsanlagen vor allem für den lastflexiblen Einsatz
  - **Vergleich** der Eigenschaften torrefizierter Brennstoffe mit Referenz-Holzpellets (ENplus / DINplus-Qualität)
  - **Technische, ökologische sowie ökonomische Analyse** ausgewählter Konversionspfade
  - Darstellung des **Marktpotenzials** für den Brennstoff „Torrefizierte Pellets“ in Bestands- und Neuanlagen im Kleinanlagenbereich in Deutschland
  - Erstellung einer **Road Map** zur Markteinführung von torrefizierter Biomasse

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Brennstoffbeschaffung und Charakterisierung:
  - Institution: DBFZ
  - Maßnahmen:
    - Beschaffung und Charakterisierung von Referenzholzpellets in ENplus-Qualität und von torrefizierten Brennstoffen in drei unterschiedlichen Torrefizierungsgraden
- Einsatz der Brennstoffe in marktreifen Kleinfeuerungsanlagen:
  - Institution: DBFZ
  - Maßnahmen:
    - Verbrennungsversuche in Kesselanlagen (< 100 kW) unter Volllast sowie bei unterschiedlichen Lastzuständen
    - Begleitende Laboranalysen
  - Erwartetes Ergebnis
    - Wissenschaftliche Erkenntnisse zum thermochemischen Verhalten der Brennstoffe
    - Beurteilung des Einflusses unterschiedlicher Torrefizierungsgrade auf die Feinstaubbildung und die Leistungsdichte von Kleinfeuerungsanlagen

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- Einsatz der Brennstoffe in Holzvergasungsanlagen:
  - Institution: DBFZ/ Burkhardt GmbH
  - Maßnahmen:
    - Untersuchungen des Einsatzes in einem Laborvergaser, einer 90 kW_{th} Pilotanlage sowie einer kommerziellen Biomassevergasungsanlage (180 kW_{el})
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Erkenntnisse zum prinzipiellen Vergasungsverhalten der torrefizierten Biomasse im Vergleich zu den Referenzpellets
    - Ermittlung der Zusammensetzung des generierten Brenngases und der Vergasungsreststoffe
    - Ermittlung der Brennstoffeigenschaften und Gegenüberstellung mit den wesentlichen Vergasertypen
- Analyse und Evaluierung der Ergebnisse:
  - Institution: DBFZ/Burkhardt GmbH
  - Maßnahmen:
    - Technische, ökologische und ökonomische Analyse ausgewählter Konversionspfade
    - Einordnung der Erkenntnisse zur Optimierung der flexiblen und effizienten Energiebereitstellung in Biomassekleinanlagen
    - Abschätzung des Marktpotentials
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Darstellung des Marktpotenzials für den Brennstoff „Torrefizierte Pellets“ in Bestands- und Neuanlagen im Kleinanlagenbereich in Deutschland
    - Erstellung einer Road Map zur Markteinführung von torrefizierter Biomasse

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Positive Umwelteffekte dank der durch Torrefizierung modifizierten Eigenschaften des Brennstoffs?
    - Steigerung der Umweltverträglichkeit?
    - Verbesserung der Brennstoffeffizienz?
    - Treibhausgasminderung?
- Ökonomisch
  - Senkung der Energiegestehungskosten durch spezifische Eigenschaften des innovativen Brennstoffs?
    - Höhere Energiedichte →Transportkosteneinsparpotenziale
    - Verbesserte Lagerfähigkeit →logistische Vorteile
    - Höherer Homogenisierungsgrad →Effizienzsteigerungsmöglichkeiten
- Sozial
  - Hohes Potenzial torrefizierter Brennstoffe für die flexible Energiebereitstellung im Endkundenbereich?
    - Anreiz zur Ansiedlung neuer Technologieunternehmen?
    - Schaffung neues Arbeitsplätze?
    - Versorgungssicherheit /höhere Brennstoffflexibilität?

Erwartete Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Erwartete Produkte
  - Mögliche Generierung eines erheblichen Verkaufsanreizes für die untersuchten Vergaser bei Nachweis der Einsetzbarkeit von torrefizierter Biomasse in Kleinvergasern
  - Positive Auswirkungen auf die Regelbarkeit von Kleinfeuerungsanlagen
  - Verbesserung bzgl. der Feinstaubemissionen
  - Mögliche Breitenanwendung in Bioenergiekleinanlagen im Endkundenbereich
- Übertragbarkeit
  - Erkenntnisse als Grundlage für eine Vermarktungsoption von torrefizierten Brennstoffen für Holzvergaser sowie für die breitere Markteinführung von torrefizierten Pellets im Endkundenbereich.

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

- Forschungsbedarf
  - Prozessoptimierung
  - Sicherheitsaspekte bei Transport und Lagerung
- Technologische Veränderungen bis 2030 (z.B. Ausblick Anlage/Konzept 2030)
  - Massenproduktion torrefizierter Pellets muss vorangetrieben werden
    - Technische Machbarkeit
    - Logistik

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

- Ansprechpartner

Dipl.-Wirtsch.-Ing. David Ziegler
Bereich Bioenergiesysteme (BS)
Tel. +49 (0)341 2434 – 494
E-Mail: david.ziegler@dbfz.de

DBFZ Deutsches
Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig
Tel. +49 (0)341 2434 – 112
E-Mail: info@dbfz.de
www.dbfz.de

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

DBFZ florafuel LUTRA stadtwerke rosenheim

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

FKZ-Nr. 03KB088: IbeKET

Innovatives **be**darfsangepasstes
Kommunal-**E**nergie**t**räger-Konzept

Laufzeit: 15.09.2013 – 16.03.2015

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 2b: Reinhold Egeler (Stadtwerke Rosenheim)

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Effiziente Nutzung von Biomasse
  - Substitution von fossilen Brennstoffen und NaWaRo wie Holz
  - Einsatz kaum/nicht genutzter nicht holzartiger Biomasse
  - Dezentrale Versorgung mit Wärme und Strom
- Konzeptionelle Ziele
  - Übertragbares Konzept zur Beschaffung, Aufbereitung und energetische Nutzung
  - Umsetzung am Standort der LUTRA GmbH wird angestrebt
- Technische Ziele
  - Energetische Nutzung halmgutartiger Reststoffbiomasse ermöglichen
  - Verzahnung der einzelnen anzupassenden Verfahrensschritte
  - Brennstoffdesign/-rezeptur für Brennstoff zur Verwertung in Kleinfeuerungsanlagen und in der Vergasung

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- „Projektleitung und Gesamtkoordination“ [ttz Bremerhaven]
  - Maßnahmen:
    - Inhaltliche Koordination aller Teilvorhaben und technischen Schnittstellen
  - Ergebnis:
    - Koordination eines implementierungsfähigen Gesamtkonzepts
- „Regionales Gesamtkonzept“ [LUTRA]
  - Maßnahmen:
    - Untersuchungen zum Aufkommen, Aufbau & Planung Logistikkette, Rahmenbedingungen
  - Ergebnis:
    - Übertragbares Konzept

- „begleitende Laboranalysen“ [DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Analysen Materialien (Input, Pellets …) im Zshg. mit anderen Arbeitspaketen
  - Ergebnis:
    - Qualitative Ergebnisse als Bewertungsgrundlage

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- „Brennstoffcharakterisierung“ [DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Erarbeitung Inhaltsstoffcharakteristika
    - Bewertung (Untersuchungen, Normen, Literatur)
  - Ergebnis:
    - Inputmaterialien für energetische Verwertung
    - Einschätzung Einsetzbarkeit verschiedener Biomassen

Brennstoffklassen nach DIN EN 14961-6

Parameter	Maßeinheit	Klasse A	Klasse B
Durchmesser	mm	D06 bis D25, D ≤ 1	
Länge	mm	3,15 ≤ L ≤ 40 mm	
Schüttgewicht	kg/m³	≤ 600	
Feinanteil	Ma.-%	≤ 2,0	≤ 3,0
Aschegehalt	Ma.-% (wf)	≤ 0,5	≤ 1,0
Wassergehalt	Ma.-%	≤ 12	≤ 15
Heizwert, Hu	MJ/kg	≥ 14,1 MJ/kg	≥ 13,2 MJ/kg
Stickstoffgehalt, N	Ma.-%	≤ 1,5	≤ 2,0
Schwefel, S	Ma.-%	≤ 0,20	
Chlor, Cl	Ma.-%	≤ 0,20	≤ 0,30

- „Optimierung florafuel-Anlage“ [florafuel]
  - Maßnahmen:
    - Anpassung Anlagentechnik auf Grundlage von Versuchen
    - Beispiel: Anpassung Pelletiereinheit
  - Ergebnis:
    - Optimale Betriebsparameter, Produktverbesserung, Bewertung der Leistungsfähigkeit der Aufbereitung / Optimierung anhand eines Vorher-Nachher-Vergleichs

Inhalte und Schwerpunkte III

Energetische Biomassenutzung

- „Konditionierung und Pelletierung“ [DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Bestimmung der optimalen Brennstoff (z.B. Korngröße, Wassergehalt) und Prozessparameter (z.B. Koller-Matritzen-Abstand, Presskanalgeometrie, Massestrom)
    - Pelletierung aufbereiteter Materialien für Laboranalysen und Verbrennungsversuche im Technikumsmaßstab
    - Erarbeitung Qualitätssicherungssystem
  - Ergebnis:
    - qualitativ hochwertige Pellets und entsprechende Rezeptur zur Pelletherstellung (Additive, Bindemittel, …), QS-System
- „Vergasungs- und Verbrennungsuntersuchung“ [Stadtwerke Rosenheim, DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Anwendung im Klein-/Großmaßstab, Dauerbetrieb
    - Untersuchung Vergasungs- / Verbrennungsverhalten und Emissionsmessung
  - Ergebnis:
    - Bewertung der ökonomischen, ökologischen und technischen Rahmenbedingungen

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Verminderte THG-Emissionen
  - Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen
  - Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen wird vermieden
  - Niedrige Emissionswerte ohne Sekundärmaßnahmen
- Ökonomisch
  - Etablierung regionaler Wertschöpfungsketten
  - Beschäftigungseffekte
  - Exportabsichten

Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Produkte
  - Konzept zur Erfassung der Inputmengen, Erarbeitung von Rezepturen sowie zur flexiblen und bedarfsgerechten Nutzung regional anfallender feuchter Biomasse
  - Angestrebte praktische Umsetzung des technischen Konzeptes
- Übertragbarkeit
  - ein Hauptziel des Projektes ist die regionale Übertragbarkeit
  - Zielgruppen sind Kommunen, Industrieunternehmen, Entsorger
- Transfermaßnahmen
  - Bereitstellung von Informationsmaterial
  - Präsenz auf Messen und Fachkongressen

Ausblick; Forschungs-/Regelungsbedarf

Energetische Biomassenutzung

- Technisch
  - Untersuchungsbedarf bei nicht untersuchten Substraten
  - Optimierung bzw. Anpassung der Brennstoffaufbereitung an existierende Kesselanlagen
  - Testversuche in Verbindung mit Sekundärmaßnahmen (Filter, E-Abscheider etc.)
- Rechtlich
  - Rechtssichere Klärung, wann das Produkt Pellet Abfallregime verlässt (§5 Abs 1 KrWG → Ende der Abfalleigenschaft)
  - Zulässigkeit als Regelbrennstoff gemäß 1. BImSchV

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Projektkoordinator

Andreas Schonhoff
ttz Bremerhaven | Wasser, Energie und Landschafts-Management
Fischkai 1 | 27572 Bremerhaven
Phone: +49 (0)471 809 34 152
Fax: +49 (0)471 48 32 129
Email: aschonhoff@ttz-bremerhaven.de

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

DLR — EnBW — iuta

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

FKZ-Nr.: 03KB047 - DeHoGas

Nachhaltiges dezentrales Holzvergaserkraftwerk mit gekoppelter Mikrogasturbine (DeHoGas) - Zwischenergebnisse

Laufzeit: 01.10.2010 – 31.08.2014

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

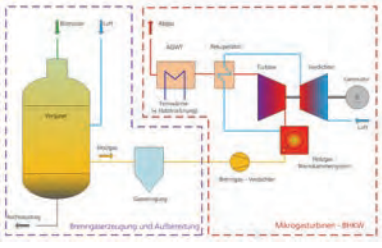
Arbeitsgruppe 3: Andrew Berry, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. - IUTA

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

Ziele des Verbundprojekts:

- Demonstrationsanlage zur Kopplung einer Mikrogasturbine mit einem Holzvergaser
  - Brennstoffflexibles und schadstoffarmes Brennkammersystem
  - Anlagenbezogene Optimierung der Produktgaskonditionierung
    - Anpassung des Produktgases an die Anforderungen der MGT
  - Benchmark zwischen Gasmotor und Mikrogasturbine
  - Untersuchungen zur Vergasung von verschiedenen Substraten aus biogenen Reststoffen/ Landschaftsbiomassen

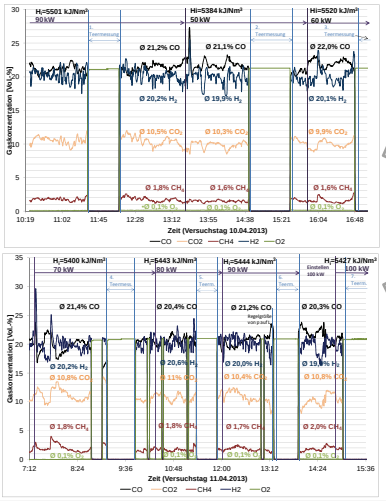


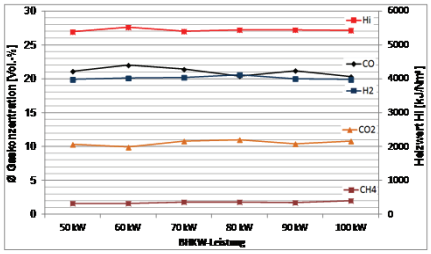
Relevante Betriebsparameter für MGT-Betrieb I

Energetische Biomassenutzung

Produktgaszusammensetzung bei Lastwechsel

- Lastvariation 50 – 100 % Nennleistung des Motor-BHKWs





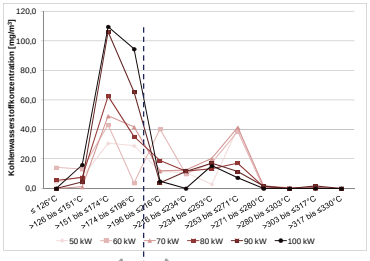
- Nur geringfügige Änderung der Produktgaszusammensetzung bei Lastwechsel
- Heizwert annähernd konstant

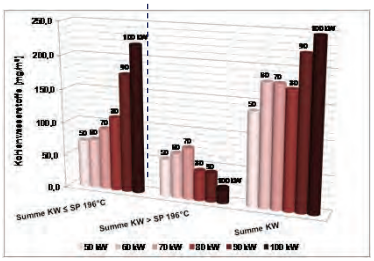
Relevante Betriebsparameter für MGT-Betrieb II

Energetische Biomassenutzung

- Teerkonzentration bei Lastwechsel
  - 50 - 100 % Nennleistung des BHKWs
  - „Simulierte Destillation“

Kohlenwasserstoffe mit Siedepunkt	50 kW Masse (Analyt) [mg/m³]	60 kW Masse (Analyt) [mg/m³]	70 kW Masse (Analyt) [mg/m³]	80 kW Masse (Analyt) [mg/m³]	90 kW Masse (Analyt) [mg/m³]	100 kW Masse (Analyt) [mg/m³]
≤ 126°C	4,1	14,1	0,0	5,5	0,0	0,0
>126 bis ≤151°C	7,6	13,1	1,1	7,5	4,4	16,0
>151 bis ≤174°C	30,6	43,2	49,1	62,4	106,2	109,6
>174 bis ≤196°C	29,0	3,7	41,6	35,2	65,4	94,5
>196 bis ≤216°C	11,5	40,2	11,9	18,9	3,8	4,9
>216 bis ≤234°C	10,8	9,9	12,4	11,7	11,6	0,0
>234 bis ≤253°C	2,8	17,2	20,3	13,4	17,1	15,3
>253 bis ≤271°C	40,9	38,6	41,3	17,1	11,4	7,3
>271 bis ≤280°C	1,5	0,4	1,7	1,2	1,6	0,0
>280 bis ≤303°C	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0
>303 bis ≤317°C	0,0	0,0	0,0	0,4	1,7	0,0
>317 bis ≤330°C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe KW ≤ SP 196°C	**71,3**	**74,1**	**91,8**	**110,5**	**175,9**	**220,1**
Summe KW > SP 196°C	**56,0**	**66,3**	**76,2**	**43,8**	**43,2**	**22,6**
Summe KW	**138,9**	**180,6**	**179,9**	**173,2**	**223,0**	**247,6**





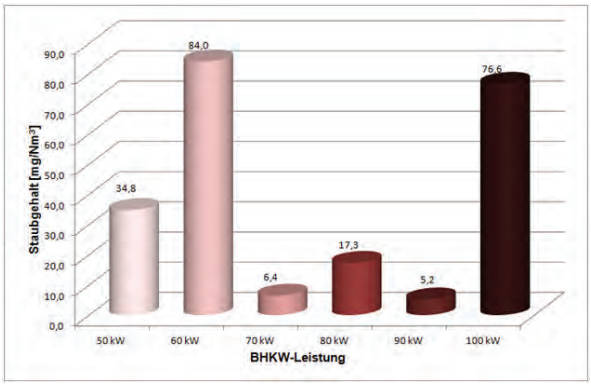
- Vergleichsweise geringe Teerkonzentrationen
- Sehr geringe Konz. für KW mit SP>196°C
- Zunahme von KW≤196°C mit Lastanstieg

Ergebnisse Produktgaskonditionierung

Energetische Biomassenutzung

Staub- und Alkalimetallkonzentrationen

- Staubbestimmung bei Lastvariation 50 – 100 %
- Bestimmung der Alkalimetalle im Produktgasstrom bei 90 kW



Analyse Alkalimetalle		
Natrium:	3,54	mg/m³
Kalium:	0,5	mg/m³
Calcium:	5,97	mg/m³
Magnesium:	0,21	mg/m³

Geringer Staubgehalt im Bereich 70 - 90 kW

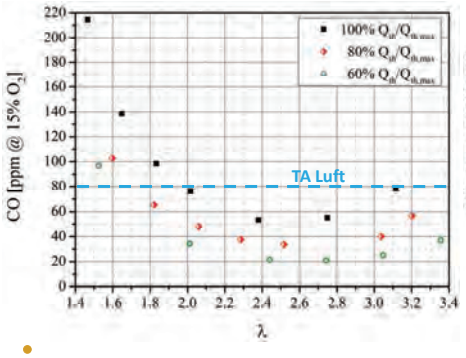
Hoher Alkaligehalt wirkt sich negativ auf Lebensdauer der MGT aus; genaue Bewertung schwierig, da wenig Daten vorhanden

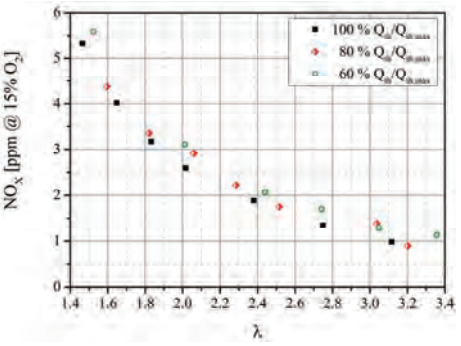
Ergebnisse Brennkammerentwicklung

Energetische Biomassenutzung

Emissionsverhalten des FLOX®-basierten MGT-Brenners

- Brennerversuche am atmosphärischen Versuchsstand des DLR
- Synthetische Brenngasmischung*:
  18% H_2, 22% CO, 2,25% EG, 12% CO_2, 45,75 % N_2





* Angaben in Vol.-%

Ausblick – Weiteres Vorgehen

Energetische Biomassenutzung

- Momentane Arbeiten
  - Vorbereitung des Vergaserstandorts in Vaihingen/Enz
  - Fertigung des vom DLR entwickelten Brennkammersystems
- Ausblick
  - Durchführung weiterer Versuche zur Vergasung biogener Reststoffe und zur Produktgaskonditionierung am Vergaser der HS Offenburg
  - Umbau der MGT / Einbau der entwickelten Brennkammer
  - Geplante Inbetriebnahme des gekoppelten Systems: Februar/März 2014
  - Versuchsbetrieb bis August 2014
- Transfermaßnahmen
  - Technologietransfer soll durch die Umsetzung und den Dauerbetrieb der real gekoppelten Pilotanlage erfolgen
    - Veröffentlichungen (Presse, Fachzeitschriften)
    - Demonstration (Fachpublikum)

Vernetzungsaktivitäten im Förderprogramm und darüber hinaus

Energetische Biomassenutzung

- Bisherige Kooperationen innerhalb des Verbundprojekts von Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Energieversorger
- Für weitergehende Arbeiten zukünftiger Kooperationsbedarf: Anlagenbetreiber, Anlagenbauer, Hersteller von Vergaser- und Produktgasreinigungsanlagen

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

LÖDIGE DBFZ b-tu

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

FKZ-Nr.: 03KB058, LignoBioFuel

Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von stofflich und energetisch nutzbaren Bioagglomeraten auf der Basis von Lignin

Laufzeit: 01.07.2011 – 31.12.2013

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 2b: Narra, S.; Logsch, F., BTU Cottbus-Senftenberg

Problem- und Zielstellung

Energetische Biomassenutzung

Ablauge aus dem Holzaufschlussprozess

- klebrig, Pulver →Explosionsgefahr
- hoher Wasser-, Asche- und Schwefelgehalt

→ **schlechte Lager-, Transport und verbrennungstechnische Eigenschaften**

Niemelä, Klaus: Workshop: Characterisation of black liquor components

Problem- und Zielstellung

Energetische Biomassenutzung

Ziel : Agglomeration von Lignin aus Ablauge

→ gute Lager- und Transporteigenschaften

- staubfrei
- hohe Festigkeit
- große Schüttdichte

→ hohe Energieeffizienz und Reinheit

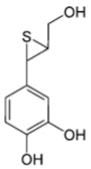
- geringer Schwefelgehalt
- geringer Aschegehalt
- geringer Wassergehalt

→stabiler Feststoff für energetische und stoffliche Nutzung

Energetische Biomassenutzung

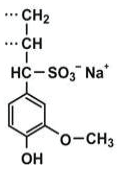
Kraftlauge
→ Kraftlignin
Sulfatverfahren

ca. 2000-3000 g/mol
im alkalischen Medium → wasserlöslich



Sulfitlauge
→ Ligninsulfonate
Sulfitverfahren

ca. 1000-140.000g/mol
Sulfonatgruppen→ wasserlöslich



Fällung durch Säure (CO_2, H_2SO_4) – *LignoBoost-Verfahren*

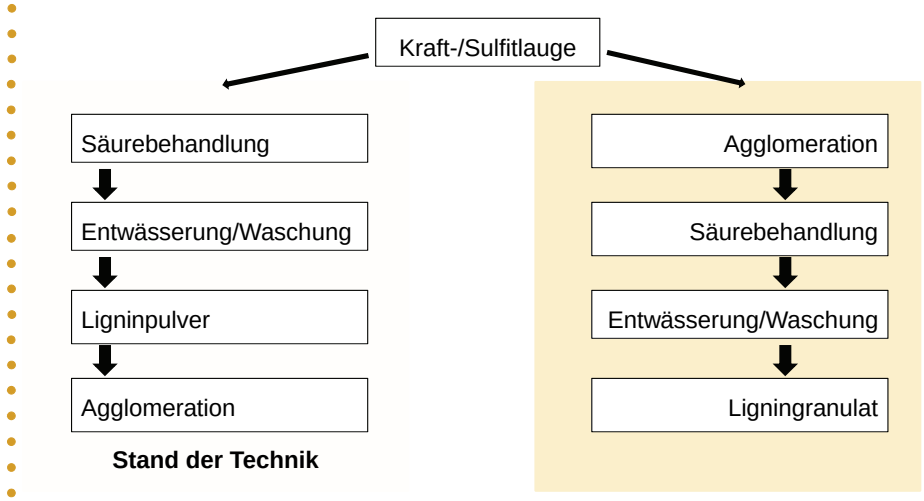
Kalkfällung/Ultrafiltration
Desulfonierung

→ LignoBioFuel-Verfahren soll für Ligninsulfonat als auch Kraftlignin anwendbar sein

Argyropoulos, D.; Menachem, S. S. B.: *Lignin*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1997

LignoBioFuel-Verfahren

Energetische Biomassenutzung

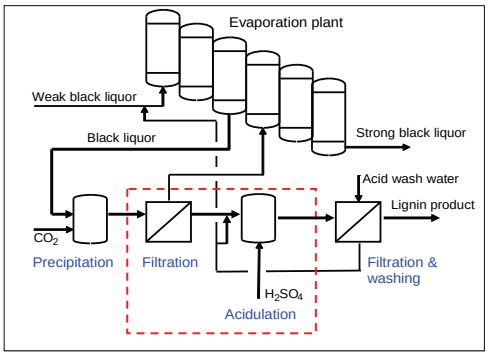


Stand der Technik - Kraftlignin

LignoBoost-Prozess

Energetische Biomassenutzung

1. Verdampfung
2. Fällung
3. Filtration
4. Ansäuerung
5. Filtration/Waschschritt



Theliander, H.; Öhman, F.: *Filtration Properties of Lignin precipitated from black liquor.* Tappi Journal, Vol.6, No.7, 2006

Stand der Technik - Kraftlignin

LignoBoost-Prozess

Energetische Biomassenutzung

Eigenschaften des gefällten Lignins

- Konsistenz (Kalkmilch ähnlich) - schlechte Filtrierbarkeit
- Beeinflussung Ionenstärke → Zugabe von Salzen aus dem Chemikalienrückgewinnungskessel
- Korngrößen im Bereich von 5-40µm

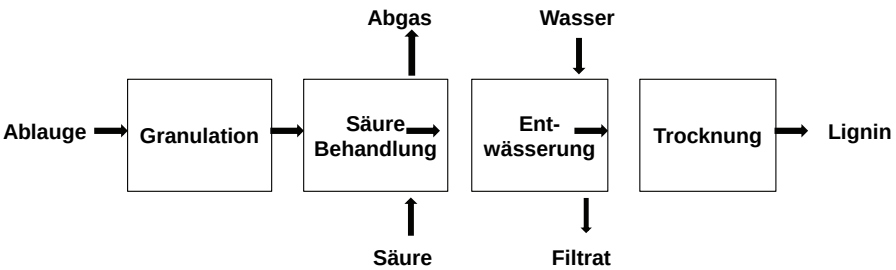
  →Korngrößen vergrößern um Filtrationsprozess zu erleichtern
- Pulver →schlechte Lagereigenschaften

  →Agglomerationsschritt notwendig

Verfahrensschema LignoBioFuel-Verfahren

Energetische Biomassenutzung

Patent Nr: 10 2012 102 327.1



LignoBioFuel-Verfahren

Granulation

Energetische Biomassenutzung

kontinuierlicher Kornvergrößerungsprozess von flüssigen feststoffhaltigen Ausgangsmaterialien

Sprühgranulation

Prinzip:

Aufbauagglomeration

Vorgang:

Kollision von Sprühtröpfchen mit Keimen durch starke Zirkulation

Mischgranulation

Prinzip:

Aufbauagglomeration

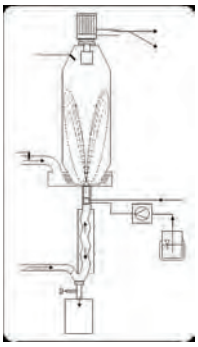
Vorgang:

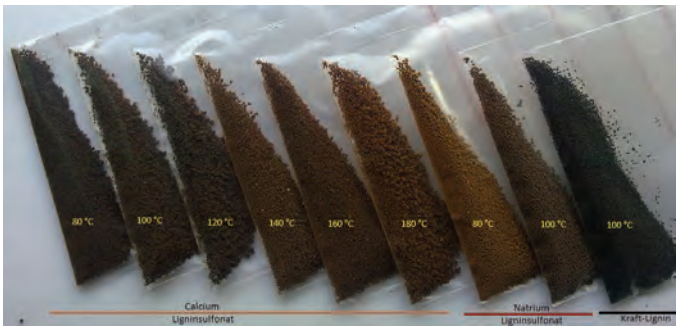
Feuchtgranulierung-Vorlage von Staubkeimen

LignoBioFuel-Verfahren

Sprühgranulation

Energetische Biomassenutzung



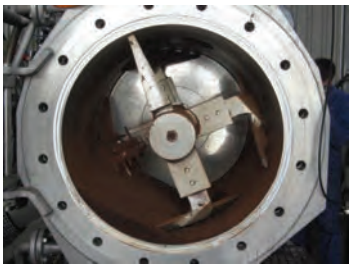


	Reaktortemperatur [°C]	Wassergehalt [%]
Calciumsulfitlauge	80/100/120/140/160/180	50
Natriumsulfitlauge	80/100	55
Kraftlauge	100	75

LignoBioFuel-Verfahren

Mischgranulation

Energetische Biomassenutzung



Vakuum-Mischer der Gebrüder Lödige GmbH

- Möglichkeit der Bildung von Granulaten aus Kraftlauge und Sulfitlauge

LignoBioFuel-Verfahren

Säurebehandlung

Energetische Biomassenutzung

Ziel: Minimieren des Schwefel und Aschegehaltes der Ligningranulate

- Säurebehandlung wasserlösliches Lignin → wasserunlösliches Lignin
- **Gewinnung Kraftlignin**

  →*Granulate aus Kraftlauge mit Säure (z.B.: Essigsäure/Schwefelsäure) behandeln*
- **Gewinnung Ligninsulfonate**

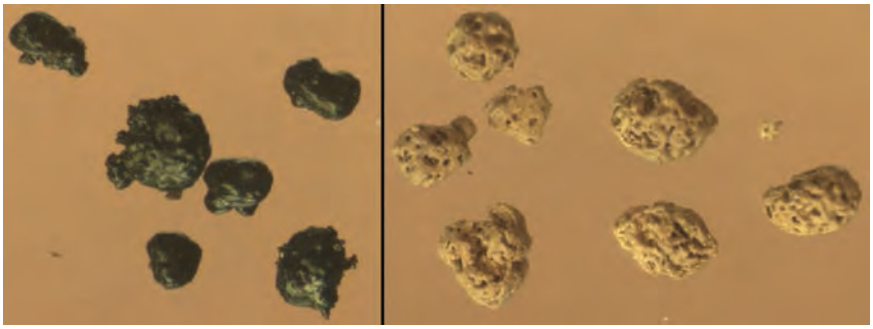
  →*Granulate aus Sulfitlauge mit Mineralsäure H_2SO_4 behandeln*
- Entwässerungs + Waschprozess (Erhöhung des Ertrages und Reinheit)

  →Trocknung

LignoBioFuel-Verfahren

Säurebehandlung der KL-Granulate

Energetische Biomassenutzung



Kraftlauge-Sprühgranulate

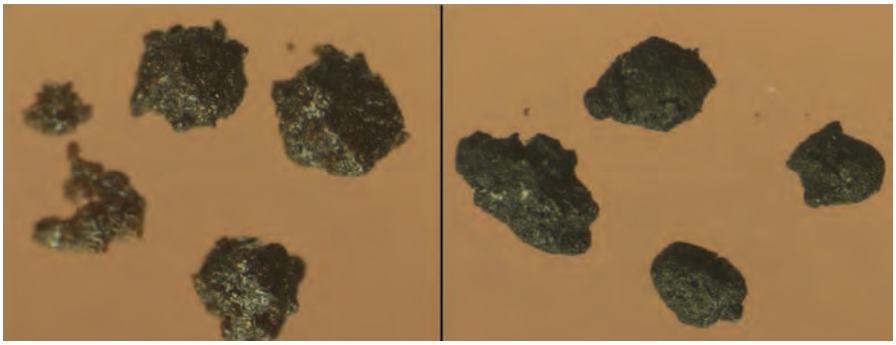
Nach Säurebehandlung: Kraftlignin-Granulate

•Granulatstruktur bleibt erhalten

LignoBioFuel-Verfahren - Sulfitlauge

Säurebehandlung der SL-Granulate

Energetische Biomassenutzung



Sulfitlauge-Sprühgranulate

Nach Säurebehandlung: Ligninsulfonat-Granulate

•Granulatstruktur bleibt erhalten

LignoBioFuel-Verfahren

Wasch- und Entwässerungsprozess

Energetische Biomassenutzung

- Partikelgrößen nach Säurebehandlung (siehe Abb.)

→D10 Kraftlignin: 300µm

→D10 Ligninsulfonat: 300µm

- Waschung und Entwässerung mittels Schwerkraftfiltration

über Siebboden mit Maschenweite >200µm

LignoBioFuel-Verfahren

Produktcharakterisierung

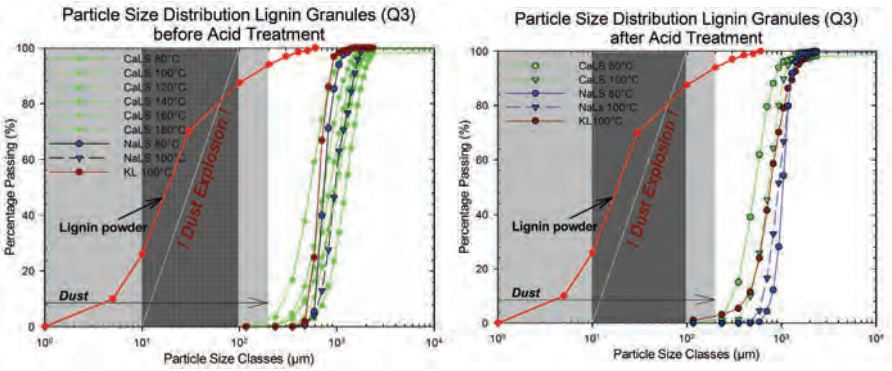
Energetische Biomassenutzung

- **Qualitätsparameter für Kraftlignin-Granulate und Ligninsulfonat(mod)-Granulate**
  - Korngrößenspektrum
  - Schwefel-, Aschegehalt
  - Festigkeit

Produktcharakterisierung der Granulate

Korngrößenverteilung

Energetische Biomassenutzung



Enge Korngrößenverteilung mit einem Korngrößendurchmesser D10 bis D90 von 300-700µm

Produktcharakterisierung der Granulate

Chemische Analyse

Energetische Biomassenutzung

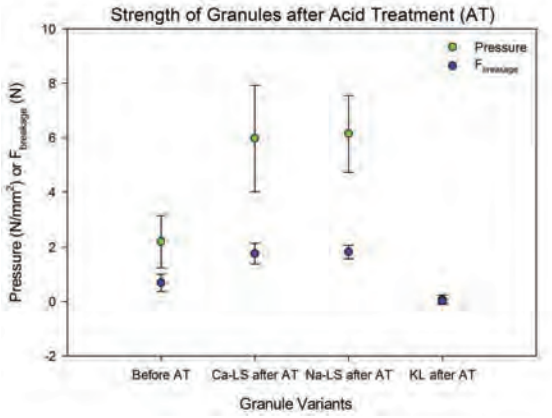
- Vergleich Granulate vor Säurebehandlung und nach SB/ Waschung/Entwässerung/Trocknung

	Kraftlignin	**Ligninsulfonat**
Schwefelgehalt	7,3% auf 2,7%	6,63% auf 4,81%
Aschegehalt	44,37% auf 0,58%	13,3% auf 7,5%

Produktcharakterisierung der Granulate

Festigkeit

Energetische Biomassenutzung



LignoBioFuel-Verfahren

Zusammenfassung

Energetische Biomassenutzung

Endprodukt der beiden Lignintypen

(Ligninsulfonat, Kraftlignin)

- **kugelförmige Struktur, Korngrößen >200µm**
  → effiziente Waschung/Entwässerung
- **geringer Pulveranteil, wasserunlöslich**
  → gute Lager- und Transporteigenschaften
- **geringer Asche-, Schwefelgehalt**
  → stoffliche als auch energetische Nutzung

Kraftlignin-Granulate

Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- Optimierung der Granulation, Anpassung an Ausgangsmaterial an den versch. Ablaugen
- Analyse der Abgase, Waschflüssigkeit
- Regeneration der Waschflüssigkeit und der Säuren
- Gegenüberstellung der Wirtschaftlichkeit zu den herkömmlichen Verfahren

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von Lehrstuhl für Energiesysteme TUM

Gefördert durch

Koordiniert vom PTJ

Wissenschaftlich begleitet vom DBFZ

03KB042 – DezSNG

Dezentrale Herstellung von synthetischem Erdgas (SNG) aus dem Produktgas eines allotherm betriebenen Biomasse-Vergasers

Laufzeit: 01.09.2010 – 28.02.2014

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

S. Fendt, M. Gaderer, Lehrstuhl für Energiesysteme, TU München

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Gesamtziel: *„Entwicklung und Demonstration eines Verfahrens zur Gasaufbereitung und Methanisierung von Produktgas aus einem Biomassevergaser“*
  - ✓ AP1: Konzeptentwicklung
  - ✓ AP2: Simulation
  - ✓ AP3: Verfahrensentwicklung und messtechnische Untersuchungen
  - ➢ AP4: Demonstration der Methanisierung
  - ✓ AP5: Projektmanagement

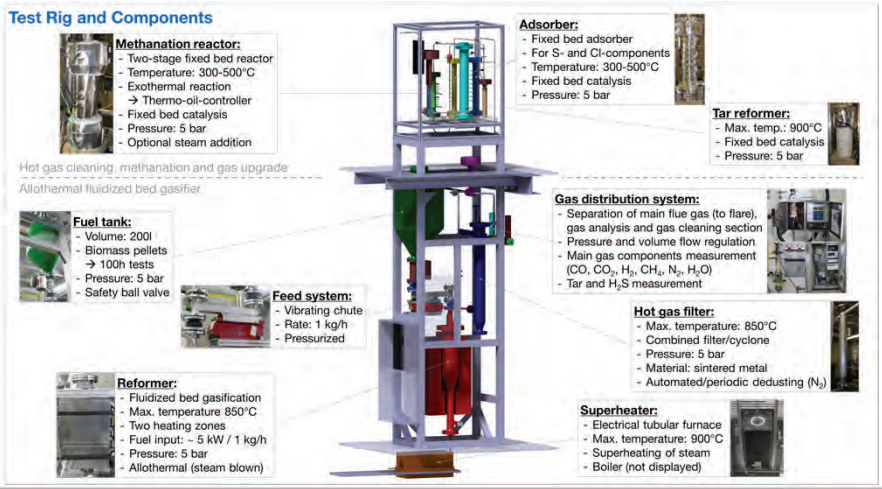
- Stand:
  - AP1-3 abgeschlossen:
    - Konzept: Einfache, kompakte Prozesskette ausgehend vom HPR mit Heißgasreinigung und adsorptiver Spurenstoffabtrennung, Festbett-Methanisierung (gekühlt) und CO_2-Abtrennung (mittels Membrantechnologie)
    - Simulationen zu diversen Konzepten (auch mit Überschussstromeinbindung) → siehe Veröffentlichungen
    - Verfahrensentwicklung: Grundlagen erarbeitet, Messtechnik installiert, Vorversuche durchgeführt aber keine Langzeitversuche
  - AP4 Demonstration noch ausstehend!!! Anlage derzeit in der Inbetriebnahme

Zwischenstand I

Energetische Biomassenutzung

→ Aufbau des Teststands abgeschlossen!

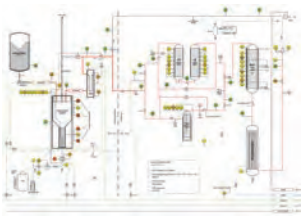
→ Aktuell: Inbetriebnahme der gesamten Anlage!

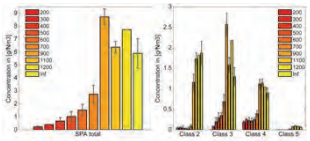


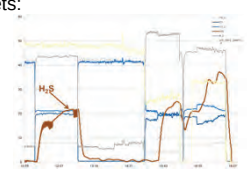
Zwischenstand II

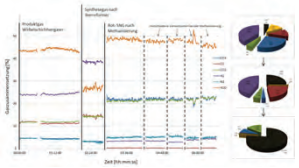
Energetische Biomassenutzung

- Vorversuche zur Heißgasreinigung und Methanisierung:
  - Synthesegas (Hauptgaskomponenten):
    - Einfluss der Teer-Reformierung (Shift)
    - Umsätze und Selektivitäten der Methanisierung
  - Teere (SPA Analyse und Teerprotokoll):
    - Teerentstehung in der Wirbelschicht
    - Katalytische Teer-Reformierung (Ni-Kat)
  - Spurenstoffe
    - H_2S Messungen online
    - Einfluss von S auf die Methanisierung und Teerumsetzung
- Wirbelschichtvergasung
  - Fluidisierungs- und Drucktests:
    - Erledigt
  - Reale Vergasung mit Pellets:
    - Noch ausstehend









Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

Thema / Projektergebnis

- Demonstration einer kompakten, dezentralen Prozesskette ausgehend vom HPR mit Heißgasreinigung und adsorptiver Spurenstoff-abtrennung, Festbett-Methanisierung (gekühlt) und CO_2-Abscheidung

Aktueller Forschungsbedarf

- Langzeiteffekte Heißgasreinigung und Methanisierung (Katalysatorstandzeiten)
- Economy of Scale
- Kostenreduktion durch intelligente Prozessführung

Signifikante technologische Veränderungen bis 2030

- Erhöhung der Langzeitstabilität von Heißgasreinigung und Methanisierung (Zusammenarbeit mit Katalysatorhersteller nötig)
- Reduktion der Kosten durch ausgereifte Technologien, die heute nicht Stand der Technik sind (z.B.Membrantechnologie)

Vernetzungsaktivitäten im Förderprogramm und darüber hinaus

Energetische Biomassenutzung

- ... Im Förderprogramm:
  - Kooperation und Zusammenarbeit bereits in verschiedenen Bereichen bestehend (z.B. Bundesmessprogramm, Messtechnik, ...)
  - Weitere Vernetzung erwünscht!!! → Bei Interesse bitte ansprechen!
  - Kooperationsbedarf v.a. mit Vergaserhersteller (dezentrale Anlagen)
- ... Darüber hinaus:
  - Im Bereich Messtechnik Vernetzung auf europäischer Ebene (z.B. im Zuge des EU-Projekts BRISK)
  - Vorstellung auf nationalen und inter-nationalen Konferenzen

Foto: Projektinformationsreise des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“

Ausblick – Weiteres Vorgehen

Energetische Biomassenutzung

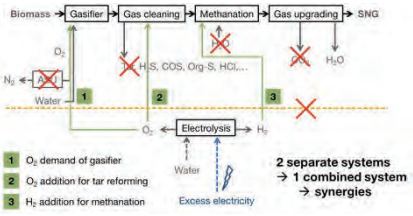
- Nächsten Schritte
  - Inbetriebnahme der Demonstrationsanlage
    - Abschließende Inbetriebnahme der Steuerung und Einbindung aller (noch fehlenden) Anlagenteile
    - Vergaserbetrieb mit Pellets
    - Parallel dazu: Inbetriebnahme der Gasreinigungs- und Methanisierungsstrecke mit synthetischen Gasgemischen
    - Schrittweise Optimierung aller Anlagenkomponenten und der Steuerung hin zu möglichst vollautomatisierten Langzeitversuchen
  - Langzeittests der gesamten Prozesskette

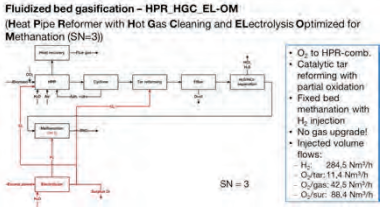
- Transfermaßnahmen
  - Organisation eines Workshops zum Thema thermochemische SNG Erzeugung in 2014 (evtl. im Zuge der Biomassekonferenz im Juni?)
    - → Einladung folgt, bei Interesse gerne auch melden!
  - Vorträge auf Konferenzen und Tagungen

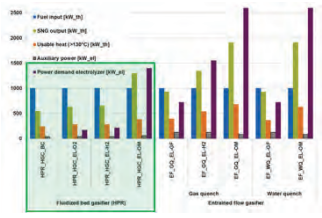
Weitere wichtige Informationen!

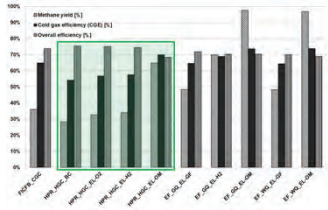
Energetische Biomassenutzung

- Innovative Konzepte zur Integration von Überschussstrom in das dezentrale SNG Konzept:









Fendt, S.; Maschke, M.; Gaderer, M.; Spliethoff, H.: Concept Study of Small-Scale Biomass-to-SNG Systems with Excess Power Integration. 21st European Biomass Conference and Exhibition, 2013 (Production and supply of biomethane), 1335 - 1341

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von agnion

BIOMASSEHOF ACHENTAL

Gefördert durch

Koordiniert vom PTJ

Wissenschaftlich begleitet vom DBFZ

03KB053: Optimierung regionaler Kreisläufe

… zur Bereitstellung biogener Brennstoffe für Energieerzeugungsanlagen am Beispiel Biomassehof Achental

Laufzeit: 01.12.2010-31.08.2013

Präsentation der Endergebnisse auf der 5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 2b: Bernhard Schauberger, Biomassehof Achental

Ausgangslage

Energetische Biomassenutzung

+

Ausgangslage

Energetische Biomassenutzung

- Biomassehof Achental
  - Die erneuerbaren Energien werden in öffentlich-privater Partnerschaft ausgebaut
  - Regionale Brennstoffe werden vor Ort verarbeitet und gehandelt
  - Als Leitbild gilt die „Energieautarkie 2020“ im Achental
  - Dafür benötigen wir innovative Ideen!
- Agnion
  - Ein neuartiger Holzvergaser wurde entwickelt
  - Pilotanlage (500 kW) funktioniert
  - Erster Praxisstandort wird gesucht
- Zusammenarbeit
  - Aufbau einer Demonstrations- und Praxisanlage in Grassau am Biomassehof
  - Stufe 1: Machbarkeitsstudie (03KB031); Antwort ist ein klares „Ja“

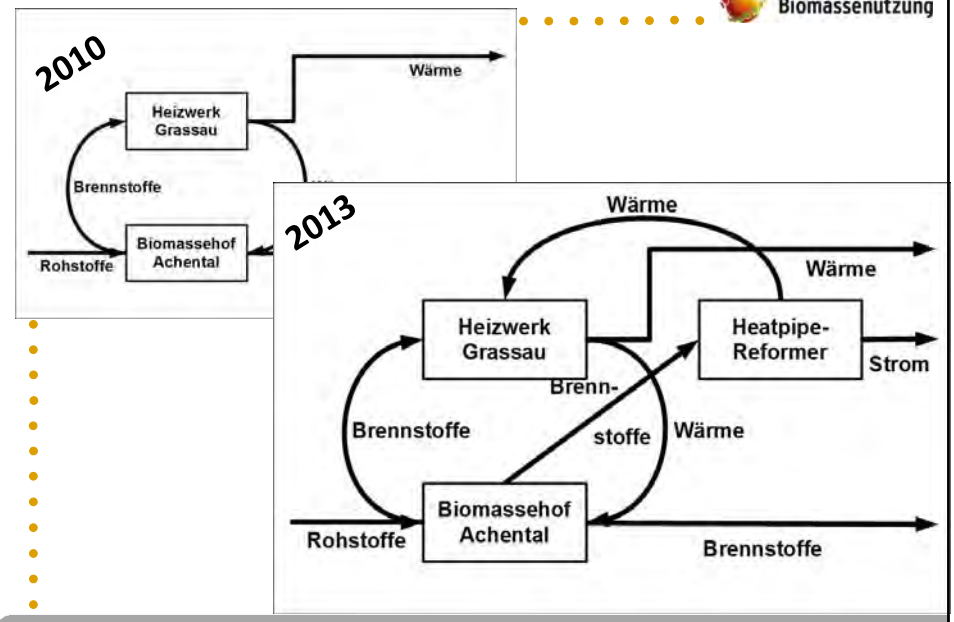
Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Ziel 1: Stoffkreislauf integriert dezentrale Energieanlage
  - 1a: Adäquate Rohstoffe in ausreichender Menge und Qualität sind vorhanden
  - 1b: Effiziente Aufbereitung zu Brennstoffen ist etabliert
  - 1c: Neuartige Brennstoffe werden zur Nutzung vorbereitet
  - 1c: Weg für Replikation und weitere Energieanlagen ist beschritten
- Ziel 2: Heatpipe-Reformers beweist Praxistauglichkeit
  - 2a: Demonstrationsanlage mit 1,3 MW ist errichtet
  - 2b: Anlage funktioniert mit Pellets und mit Hackschnitzeln
  - 2c: Anlage kann auch schwierigere Reststoffe vergasen

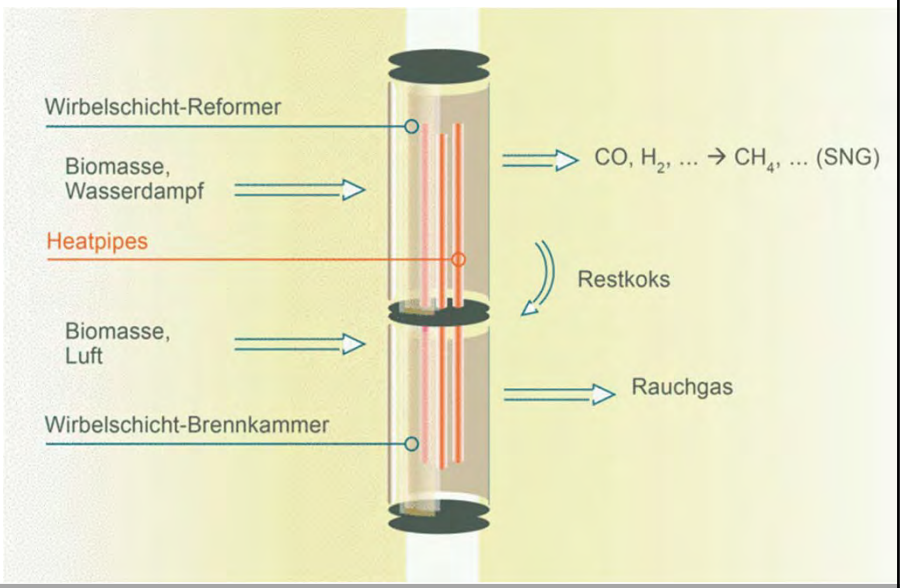
Projektziel 1

Energetische Biomassenutzung



Projektziel 2

Energetische Biomassenutzung



Aufgaben und Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Aufgabe 1: Verschiedene Brennstoffe werden untersucht
  - Lokale Rohstoffe werden definiert und chemisch analysiert
    - Sieben Rohstoffe sind in ausreichender Menge vorhanden und können wirtschaftlich aufbereitet werden
  - Aufbereitungswege für diese Brennstoffe werden untersucht
    - Kernpunkte: Vorsortierung und Trocknung; zwei Versuchsreihen zur Containertrocknung
    - Handbuch zur Biomasseaufbereitung verfasst
- Aufgabe 2: HPR-Anlage wird errichtet
  - HPR wird in Grassau aufgebaut
    - Inbetriebnahme im Mai 2012 (zunächst Pellets, dann Hackschnitzel)
    - Bisher in Summe 2200 Vergasungsstunden – Detailänderungen an der Brennstoffzufuhr ermöglichten zuletzt (Ende 2012) einen verlässlichen Anlagenbetrieb. Momentan wird an der Wiederinbetriebnahme der Anlage gearbeitet.
    - Kompaktierung von Brennstoffen wurde getestet (Mischpellets erhalten Vorzug gegenüber Pumpentechnik)
  - Verschiedene Brennstoffe werden getestet
    - Pellets und Premium-Hackschnitzel funktionieren einwandfrei

Aufgaben und Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Aufgabe 3: Die optimierte Logistik wird aufgebaut
  - Der HPR wird am Biomassehof eingebunden
    - Aufbereitung von Brennstoffen verschiedenster Qualität ist möglich
    - Quantität und Qualität stimmen mit den Anforderungen der Anlagen überein
  - Die Leistung des HPR wird laufend analysiert
    - Zuletzt wurde der Reformer im Betrieb mit Holzhackgut stabil mit 75% der Nennleistung betrieben
- Aufgabe 4: Die Ergebnisse werden repliziert
  - Weitere HPR-Standorte in Ostsachsen werden untersucht
    - Ein möglicher Standort in Dresden
    - Anlagenaufbau in Auer / Südtirol
    - Konzept ist grundsätzlich gut übertragbar
  - Die Produktion von SNG mit Hilfe des HPR wird geprüft
    - Bei den derzeitigen Rahmenbedingungen am Standort BAT ist eine Errichtung einer CNG-Tankstelle wirtschaftlich schwer darstellbar.
- Gesamtaufgabe: Optimierte Logistik und dezentrale Stromerzeugung mittels Holzvergasung spielen zusammen
    - Aufbau der Logistik erreicht
    - Praxistest der Holzvergasung mit dem HPR liefert neue Erkenntnisse

Verwertung der Ergebnisse – Transfer

Energetische Biomassenutzung

- Wissenschaftliche Verwertung
  - Artikel in peer-review Zeitschriften werden veröffentlicht
  - Ergebnisse werden auf Konferenzen und Tagungen präsentiert
  - Fachbesuchern werden die Anlagen vor Ort im Achental erklärt
- Wirtschaftliche Verwertung
  - Heatpipe-Reformer wird weiter entwickelt und repliziert
  - Optimierte Aufbereitung der Brennstoffe wird am Biomassehof umgesetzt
  - Logistikkonzept wird weiter verfeinert
  - Ergebnisse werden auf den Homepages veröffentlicht

Ergebnisse im Kontext der Nationalen Klimaschutzinitiative

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Erneuerbare Energien wurden ausgebaut
  - Reststoffe werden auf kurzen Wegen verwertet
  - Fossile Brennstoffe wurden substituiert und damit CO_2 eingespart

- Ökonomisch
  - Neue Vergasungstechnologie wurde entwickelt
  - Reststoffe werden auf kurzen Wegen verwertet
  - Biomasse als Grundlast wurde vorangetrieben

- Sozial
  - Arbeitsplätze sind entstanden
  - Die (lokale) Energiewende wird im Achental akzeptiert
  - Öffentlich-private Partnerschaft dient als Modell für Kommunen

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

Thema

- Holzvergasung
- Aufbereitung von Reststoffen

Aktueller Forschungsbedarf

- Dauerbetrieb von Anlagen mittlerer Größe
- Verwertung aller biogenen Reststoffe

Signifikante technologischen Veränderungen bis 2030

- Energie aus Biomasse wird flexible Grundlast
- Alle Arten von Biomasse werden kaskadenförmig genutzt
- Sämtliche organische Reststoffe können wirtschaftlich aufbereitet werden
- Zahlreiche Regionen versorgen sich selbstständig mit Energie

Schön war‘s

Energetische Biomassenutzung

- Danke
  - An das BMU für die Förderung
  - An den PtJ für die angenehme und anregende Unterstützung
  - An das DBFZ für die zuverlässige Begleitung
  - An die Kollegen am Biomassehof und bei agnion
- Ausblick
  - Verwertung von Rostasche
  - Leitbild der Energie-Selbstständigkeit: die lokale Energiewende ist möglich (Energiekonzept)

AG 3

Technologien – Emissionsarme Kleinfeuerungsanlagen

Energetische Biomassenutzung

Energetische Biomassenutzung

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

Diskussion in den Arbeitsgruppen

Arbeitsgruppe 3: Technologien – Emissionsarme Kleinfeuerungsanlagen

AG-Leiter:
Volker Lenz (DBFZ) & Patric Heidecke (IFF)

Protokollant: Katrin Helbig (DBFZ)

AGENDA

Energetische Biomassenutzung

- Präsentationen - Vorstellung der Vorhaben
  - Neu
  - Aktuell
  - Abgeschlossen
- Messmethodensammlung Feinstaub
- Forschungs-/Regelungsbedarf aktuell & 2030
- Effizienzdiskussion

Messmethodensammlung Feinstaub

Energetische Biomassenutzung

- Beginn 2010
- 2 Arbeitsversionen bis Ende 2012
- 1 Auflage bis Anfang 2014
- 11 Institutionen
- 12 Autoren
- 15 Methoden
- Transfer in internationalen Raum geplant 2014/15
- Fortentwicklung

Diskussion 1

Energetische Biomassenutzung

Vor dem Hintergrund von Kosten- und THG-Minderung, sowie notwendiger Effizienzsteigerung – was brauchen wir bei Kleinanlangen für Festbrennstoffe?

- **Welches sind die wahrscheinlichsten biogenen Brennstoffe der Zukunft 2020/2030?**
- **Welche neuen Trends sind bis 2020/2030 bei den biogenen Brennstoffen zu erwarten?**

Diskussion 2

Energetische Biomassenutzung

Vor dem Hintergrund von Kosten- und THG-Minderung, sowie notwendiger Effizienzsteigerung – was brauchen wir bei Kleinanlangen für Festbrennstoffe?

- **Welches sind die wahrscheinlichsten Technologiepfade im Kleinanlagenbereich für biogene Festbrennstoffe 2020/2030?**
- **Was sind hier die wichtigsten Forschungs- und Entwicklungsaufgaben bis 2020/2030?**

Diskussion 3

Energetische Biomassenutzung

Vor dem Hintergrund von Kosten- und THG-Minderung, sowie notwendiger Effizienzsteigerung – was brauchen wir bei Kleinanlangen für Festbrennstoffe?

- **Welche Optionen werden bis 2020/2030 für die Verwertung der Aschen gesehen?**

Diskussion 4

Energetische Biomassenutzung

Vor dem Hintergrund von Kosten- und THG-Minderung, sowie notwendiger Effizienzsteigerung – was brauchen wir bei Kleinanlangen für Festbrennstoffe?

- **Welche Grundlagen (rechtliche Rahmenbedingungen, wissenschaftliche Methoden) sind für die identifizierten Themen noch nötig?**

Diskussion 5

Energetische Biomassenutzung

Vor dem Hintergrund von Kosten- und THG-Minderung, sowie notwendiger Effizienzsteigerung – was brauchen wir?

Energetische Effizienz der Biomasseverbrennung und Verwertung:

- Fragestellung – Worauf ist zu achten?
- Effizienzbegriffe: Wirkungsgrade, Nutzungsgrade, Abstimmung
- Methodischer Bedarf zur Bestimmung der technischen Effizienz

Name der Arbeitsgruppe

Energetische Biomassenutzung

Vor dem Hintergrund der Verschiebung und Ausweitung von Aufgabenstellungen ist die Frage des Arbeitsgruppennamens zu betrachten?

Technologien - Emissionsarme Kleinfeuerungsanlagen

- Ausweitung um KWK-Anlagen für Festbrennstoffe?
- Bedarfsorientierung aufnehmen?
- Weitere Punkte?

Diskussion

Energetische Biomassenutzung

Vor dem Hintergrund von Kosten- und THG-Minderung, sowie notwendiger Effizienzsteigerung – was brauchen wir?

>>zukünftigen Entwicklung bei Kleinanlagen, bei Emissionsbegrenzungen, notwendigen Entwicklungen, notwendigen Rahmendaten

- Regelungsbedarf aktuell – was muss an politischen Rahmenbedingungen geändert werden? (max. 2 Punkte)
- Welche signifikanten technologischen Entwicklungen sind notwendig bis 2020/2030 (max. 2)
- Aktueller Forschungsbedarf (max. 2)

Energetische Effizienz der Biomasseverbrennung und Verwertung:

- Fragestellung / Effizienzbegriffe / Methode
  - Bestimmung der technischen Effizienz / Wirkungsgrad / Wirkungsgrade in % /
  - Methodischer Bedarf

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

KIT Karlsruher Institut für Technologie

HDG

CCA Carola Clean Air

Gefördert durch

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

FKZ-Nr.: 03KB083A

"Carola - Elektrostatischer Feinstpartikelabscheider zur flexiblen Anpassung an Biomassekessel"

Laufzeit: 01.08.2013 – 31.01.2015

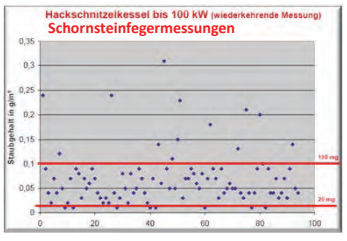
Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 3: Hanns-R. Paur, Karlsruher Institut für Technologie

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Holzgefeuerte Kesselanlagen haben ein hohes Potential für die Minderung von Treibhausgas-emissionen, überschreiten aber selbst bei optimaler Verbrennungstechnologie den ab 2015(2017) gültigen Grenzwert der 1.BImSchV für Partikel.
    - Partikelabscheider für Kleinfeuerungsanlagen stehen industriell noch nicht in der erforderlichen Zuverlässigkeit und Kosten zur Verfügung.
    - Die Partikelabscheider sind nicht optimal auf den Kessel abgestimmt.
- Ziel 1:
  - Wissenschaftliche Grundlagen für die Adaption des Carola-Abscheiders an einen holzgefeuerten Heizkessel:
    - Langzeitbetrieb des Abscheiders
    - Auslegung und Konstruktion der optimalen Adaption
    - Bau von Prototypen und Tests an Prüfständen
- Ziel 2:
  - Demonstration des adaptierten Abscheiders unter realistischen Betriebsbedingungen
    - Optimierung des Fertigungsverfahrens und Herstellkosten
    - Feldtest unter realen Betriebsbedingungen



Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Aufgabe 1: Vorversuche und Detailplanung des Carola-Abscheiders:
  - Institution: CCA-Carola-Clean-Air GmbH
  - Methodik / Maßnahmen:
    - CAD-Konstruktion von industriellen Prototypen
    - Langzeitbetrieb der Prototypen am CCA-Teststand und Messung der Restemission mit eignungsgeprüften Meßgeräten
    - Messung der Abscheidegrade und Strom/Spannungs-Kurven
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Auslegungsdaten für die Adaption und Festlegung der Schnittstellen
    - Optimierung der Verfügbarkeit im Dauerbetrieb
    - Konstruktion und Erstellung von Fertigungszeichnungen

- Marketing und Vertrieb des Carola®-Abscheiders durch die CCA-Carola Clean Air GmbH;
- Zulassung beantragt.

- Aufgabe 2: Adaption des Carola-Abscheiders an Biomassekessel
  - Institution: HDG Bavaria GmbH
  - Methodik / Maßnahmen:
    - CAD-Konstruktion von Adaptionsvarianten
    - Lastenhefterstellung für Mechanik, Elektronik und Steuerung
    - Bauliche Umsetzung der Adaption
  - Erwartetes Ergebnis
    - Optimale Abstimmung zwischen Abscheider und Kessel
    - Adaption des Abscheiders an einen Biomassekessel

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Aufgabe 3: Langzeittests und Optimierung des Abscheiders:
  - Institution: CCA-Carola-Clean-Air GmbH
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Mechanische Optimierung am Teststand
    - Erfassung des wesentlichen Versuchsparameter (U, I, T, v, η)
    - Dauertest bei Standardbedingungen und speziellen Betriebszuständen
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Betriebserfahrungen unter kontrollierten Bedingungen
    - Festlegung der optimalen mechanischen und elektrischen Konfiguration.

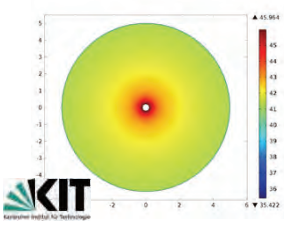
- Aufgabe 4: Bau einer Kleinserie des Abscheiders
  - Institution: Maschinenbaufirma (N.N.) im Unterauftrag
  - Methodik / Maßnahmen:
    - CAD-Konstruktion und Fertigungszeichnungen
    - Dokumentation von Mechanik, Elektronik und Steuerung
    - Fertigung von Abscheidern für die Adaption
  - Erwartetes Ergebnis
    - Fünf Abscheider in Kleinserie gefertigt.
    - Fertigungskosten in Abhängigkeit von der Stückzahl

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- Aufgabe 5: Feldtest des adaptierten Abscheiders
  - Institution: HDG Bavaria GmbH und CCA-Carola Clean Air GmbH
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Installation von Feldtestgeräten an HDG-Anlagen
    - Zeitgleiche Messung der Abscheidegrade, Stromverbrauch, Staubzusammensetzung
    - Führen eines Logbuchs und Feststellung der Verfügbarkeit unter Praxisbedingungen.
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Demonstration der Technologie
    - Feststellen der Betreiberakzeptanz
    - Grundlage für die Serienfertigung des Abscheiders

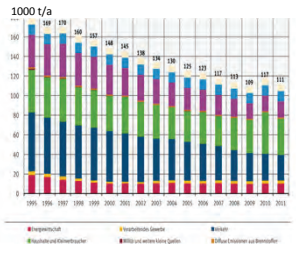
- Aufgabe 6: Wissenschaftliche Begleituntersuchungen
  - Institution: Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Messung der Partikelgrößenverteilung mit ELPI
    - CFD-Modellierung der Strömungsverhältnisse im Abscheider
    - Analyse von Rost- und Flugaschen
  - Erwartetes Ergebnis
    - Fraktionsabscheidegrade
    - Grundlage für die strömungstechnische Optimierung
    - Bewertung der Entsorgung der Flugasche



Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Gleichzeitige Minderung der CO_2 und Feinstpartikelemissionen für Biomassekessel
  - 90% der Heizkessel können mit der Technologie ausgerüstet werden, um die Grenzwerte der 1.BImSchV einzuhalten
  - Die CO_2-Minderung beträgt 17,6 -23 Mio t CO_2-Äquivalenten (Kesselleistung<100 kW)
- Kosteneffiziente Maßnahme
  - Bei hohen Stückzahlen soll der Aufwand etwa 15% der Kesselkosten betragen
  - Zusätzliche Beschäftigungseffekte
  - Exportchancen für die Technologie
- Reduzierte Gesundheitsauswirkungen der Holzverbrennung
  - Effiziente Minderung von Feinstpartikel-emissionen, die nach epidemiologischen Studien die Lebenserwartung in Europa um ca. 1 Jahr reduzieren (WHO).



Erwartete Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Carola®-Abscheider, der optimal an einen holzgefeuerten Heizkessel adaptiert ist
  - Hoher Abscheidegrad
  - Stabiler, wartungsarmer Dauerbetrieb
  - Geringe elektrische Leistungsaufnahme
  - Kostengünstige Herstellung
- Heizkessel im Bereich zwischen 10 – 200 kW Leistung, die für die Adaption des Abscheiders ausgelegt sind.
- Beteiligung von Kessel- und Abscheiderherstellern im Rahmen des Vorhabens stellt den Transfer der Technologie sicher.

Forschungsbedarf aktuell & 2030

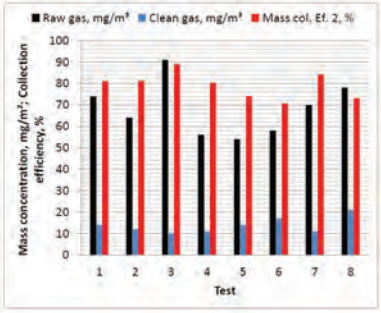
Energetische Biomassenutzung

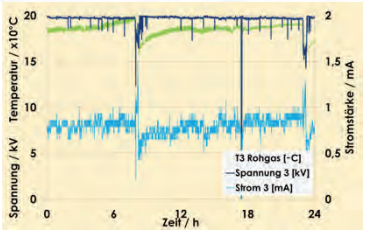
- Forschungsbedarf
  - Vollständige CFD-Modellierung des Abscheiders einschließlich der elektrostatischen Partikelabscheidung.
  - Vereinfachung der Konstruktion und Serienfertigung von Partikelabscheidern.
  - Primärseitige Partikelminderungsmaßnahmen.
  - Bewertung der Toxizität von Feinstäuben aus der Holzverbrennung.
  - Entsorgung und/oder stoffliche Nutzung der abgeschiedenen Feinstäube.
- Technologische Veränderungen bis 2030
  - Die Verbrennungsverfahren für Biomasse sind so fortgeschritten, dass nur noch geringe anorganische Partikelfrachten zurückbleiben.
  - Integrierte Partikelabscheider bei kleinen Holzverbrennungsanlagen sind Stand der Technik und es tritt keine nennenswerte Restemission mehr auf.

Zusammenfassung und erste Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Der Carola® - Feinstpartikel-abscheider wird zur flexiblen Anpassung an Biomassekessel entwickelt, in der Kleinserie produziert und im Feldtest an vorhandenen Anlagen demonstriert.
- Die Ziele des Vorhaben sind hohe Abscheidegrade, Kosteneffizienz und hohe Verfügbarkeit des Abscheiders.
- Langzeittests des Abscheiders am CCA-Teststand zeigen eine hohe Dauerbetriebsstabilität und gute Abscheidegrade.
- Erste Designvorschläge für die Adaption wurden erarbeitet.





Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

FKZ-Nr. 03KB088: IbeKET

Innovatives **be**darfsangepasstes
Kommunal-**E**nergie**t**räger-Konzept

Laufzeit: 15.09.2013 – 16.03.2015

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 3: Frank Döhling (DBFZ)

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Effiziente Nutzung von Biomasse
  - Substitution von fossilen Brennstoffen und NaWaRo wie Holz
  - Einsatz kaum/nicht genutzter nicht holzartiger Biomasse
  - Dezentrale Versorgung mit Wärme und Strom
- Konzeptionelle Ziele
  - Übertragbares Konzept zur Beschaffung, Aufbereitung und energetische Nutzung
  - Umsetzung am Standort der LUTRA GmbH wird angestrebt
- Technische Ziele
  - Energetische Nutzung halmgutartiger Reststoffbiomasse ermöglichen
  - Verzahnung der einzelnen anzupassenden Verfahrensschritte
  - Brennstoffdesign/-rezeptur für Brennstoff zur Verwertung in Kleinfeuerungsanlagen und in der Vergasung

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- „Projektleitung und Gesamtkoordination“ [ttz Bremerhaven]
  - Maßnahmen:
    - Inhaltliche Koordination aller Teilvorhaben und technischen Schnittstellen
  - Ergebnis:
    - Koordination eines implementierungsfähigen Gesamtkonzepts
- „Regionales Gesamtkonzept“ [LUTRA]
  - Maßnahmen:
    - Untersuchungen zum Aufkommen, Aufbau & Planung Logistikkette, Rahmenbedingungen
  - Ergebnis:
    - Übertragbares Konzept

- „begleitende Laboranalysen“ [DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Analysen Materialien (Input, Pellets …) im Zshg. mit anderen Arbeitspaketen
  - Ergebnis:
    - Qualitative Ergebnisse als Bewertungsgrundlage

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- „Brennstoffcharakterisierung“ [DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Erarbeitung Inhaltsstoffcharakteristika
    - Bewertung (Untersuchungen, Normen, Literatur)
  - Ergebnis:
    - Inputmaterialien für energetische Verwertung
    - Einschätzung Einsetzbarkeit verschiedener Biomassen

Brennstoffklassen nach DIN EN 14961-6

Parameter	Maßeinheit	Klasse A	Klasse B
Durchmesser	mm	D06 bis D25, D ≤ 1	
Länge	mm	3,15 ≤ L ≤ 40 mm	
Schüttgewicht	kg/m³	≤ 600	
Feinanteil	Ma.-%	≤ 2,0	≤ 3,0
Aschegehalt	Ma.-% (wf)	≤ 3	≤ 10
Wassergehalt	Ma.-%	≤ 12	≤ 15
Heizwert, Hu	MJ/kg	≥ 14,1 MJ/kg	≥ 13,2 MJ/kg
Stickstoffgehalt, N	Ma.-%	≤ 1,5	≤ 2,0
Schwefel, S	Ma.-%	≤ 0,20	
Chlor, Cl	Ma.-%	≤ 0,20	≤ 0,30

- „Optimierung florafuel-Anlage“ [florafuel]
  - Maßnahmen:
    - Anpassung Anlagentechnik auf Grundlage von Versuchen
    - Beispiel: Anpassung Pelletiereinheit
  - Ergebnis:
    - Optimale Betriebsparameter, Produktverbesserung, Bewertung der Leistungsfähigkeit der Aufbereitung / Optimierung anhand eines Vorher-Nachher-Vergleichs

Inhalte und Schwerpunkte III

Energetische Biomassenutzung

- „Konditionierung und Pelletierung“ [DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Bestimmung der optimalen Brennstoff (z.B. Korngröße, Wassergehalt) und Prozessparameter (z.B. Koller-Matritzen-Abstand, Presskanalgeometrie, Massestrom)
    - Pelletierung aufbereiteter Materialien für Laboranalysen und Verbrennungsversuche im Technikumsmaßstab
    - Erarbeitung Qualitätssicherungssystem
  - Ergebnis:
    - qualitativ hochwertige Pellets und entsprechende Rezeptur zur Pelletherstellung (Additive, Bindemittel, …), QS-System
- „Vergasungs- und Verbrennungsuntersuchung“ [Stadtwerke Rosenheim, DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Anwendung im Klein-/Großmaßstab, Dauerbetrieb
    - Untersuchung Vergasungs- / Verbrennungsverhalten und Emissionsmessung
  - Ergebnis:
    - Bewertung der ökonomischen, ökologischen und technischen Rahmenbedingungen

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Verminderte THG-Emissionen
  - Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen
  - Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen wird vermieden
  - Niedrige Emissionswerte ohne Sekundärmaßnahmen
- Ökonomisch
  - Etablierung regionaler Wertschöpfungsketten
  - Beschäftigungseffekte
  - Exportabsichten

Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Produkte
  - Konzept zur Erfassung der Inputmengen, Erarbeitung von Rezepturen sowie zur flexiblen und bedarfsgerechten Nutzung regional anfallender feuchter Biomasse
  - Angestrebte praktische Umsetzung des technischen Konzeptes
- Übertragbarkeit
  - ein Hauptziel des Projektes ist die regionale Übertragbarkeit
  - Zielgruppen sind Kommunen, Industrieunternehmen, Entsorger
- Transfermaßnahmen
  - Bereitstellung von Informationsmaterial
  - Präsenz auf Messen und Fachkongressen

Ausblick; Forschungs-/Regelungsbedarf

Energetische Biomassenutzung

- Technisch
  - Untersuchungsbedarf bei nicht untersuchten Substraten
  - Optimierung bzw. Anpassung der Brennstoffaufbereitung an existierende Kesselanlagen
  - Testversuche in Verbindung mit Sekundärmaßnahmen (Filter, E-Abscheider etc.)
- Rechtlich
  - Rechtssichere Klärung, wann das Produkt Pellet Abfallregime verlässt (§5 Abs 1 KrWG → Ende der Abfalleigenschaft)
  - Zulässigkeit als Regelbrennstoff gemäß 1. BImSchV

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

IUE · DR. U. NOACK LABORATORIEN · Schräder ABGASTECHNOLOGIE

Gefördert durch

Koordiniert vom

PTJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

03KB090B: ToxOAb

Optimierung der Feinstaubminderung von Abscheidern für Biomassefeuerungen unter Berücksichtigung der toxikologischen Relevanz mittels mikrobieller Testsysteme

Laufzeit: 1.9.2013-31.8.2016

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Feinstaub aus Verbrennungsprozessen auch CO_2-neutraler Brennstoffe ist höchstwahrscheinlich toxisch
  - Es existieren noch keine anerkannten Verfahren zur Bestimmung der Toxizität von gasgetragenen Feinstäuben
  - Abscheider verändern die Abgase, reduzieren sie aber auch die Toxizität in dem gleichen Maße wie die Masse des Feinstaubs? Oder sogar stärker ?
- Ziel Testsysteme:
  - Etablierung von Testsystemen für gasgetragene Nanopartikel
    - Etablierung von für die Tests geeigneten Probenahmestrategien
- Ziel Abscheider:
  - Optimierung auf Masseabscheidung
  - Optimierung auf Reduktion der Toxizität
  - Bewertung der Toxizität der Rückstände

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Abscheiderbau und -Optimierung

Schräder ABGASTECHNOLOGIE

- Verbrennungsversuche / Probenahme / Koordinierung

DBFZ

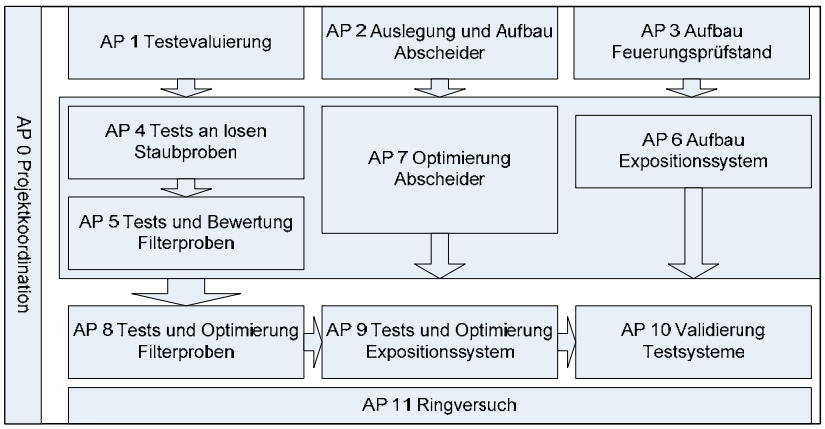
- Toxikologische Untersuchungen

DR. U. NOACK LABORATORIEN
Your partner for contract research and experimental services since 1986

IUE

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung



Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Verbesserung der Entscheidungsgrundlage für Grenzwerte
  - Verbesserung der Abscheider
- Ökonomisch
  - Etablierung von Abscheidern im Markt
  - Etablierung von Tests für gasgetragene Nanopartikel

Erwartete Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Erwartete Produkte
  - Probenahmestrategien für gasgetragene Nanopartikel
  - Toxizitätstest für gasgetragene Nanopartikel
  - Verbesserte Abscheider
- Übertragbarkeit
  - auf Großanlagen
  - auf motorische Verbrennung
  - auf synthetische Nanopartikel
- Transfermaßnahmen
  - Ringversuch

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

- Forschungsbedarf
  - Akzeptanz eines toxikologischen Gesamttestsystems
  - Auswirkungen atmosphärischer Alterung
- Technologische Veränderungen bis 2030 (z.B. Ausblick Anlage/Konzept 2030)
  - Umstieg von massebasierten Grenzwerten auf toxikologische Bewertung

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

DBFZ BURKHARDT

Gefördert durch

Koordiniert vom PTJ

Wissenschaftlich begleitet vom DBFZ

03KB091: FlexiTorr

Flexibilisierung der Energiebereitstellung in Bioenergiekleinanlagen durch den Einsatz torrefizierter Brennstoffe

Laufzeit: 01.09.2013 – 31.08.2015

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 3: David Ziegler, DBFZ

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Momentaner Schwerpunkt der Entwicklung: Herstellung torrefizierter Biomasse für Mitverbrennung in Kohlekraftwerken
  - Für flexible Energie- und Wärmeerzeugung zukünftig verantwortlich: vor allem kleinere **KWK-Anlagen auf Vergaserbasis**
  - Notwendig: **Steigerung der Umweltverträglichkeit** und **Effizienz** von Kleinfeuerungsanlagen im Bereich der Wärmeerzeugung
  - Vorteile der Torrefizierung sollen
    - für **nationale Absatzoptionen** untersucht werden und
    - **hochwertige und effiziente Nutzungsoptionen** für den innovativen Brennstoff ermöglichen

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Ziele:
  - **Eignungsüberprüfung** torrefizierter Brennstoffe für den Einsatz in Kleinvergasungs- und Kleinfeuerungsanlagen
  - **Ermittlung der Brennstoffeigenschaften** und **Gegenüberstellung** mit den wesentlichen Vergasertypen/Verbrennungsanlagen vor allem für den lastflexiblen Einsatz
  - **Vergleich** der Eigenschaften torrefizierter Brennstoffe mit Referenz-Holzpellets (ENplus / DINplus-Qualität)
  - **Technische, ökologische sowie ökonomische Analyse** ausgewählter Konversionspfade
  - Darstellung des **Marktpotenzials** für den Brennstoff „Torrefizierte Pellets“ in Bestands- und Neuanlagen im Kleinanlagenbereich in Deutschland
  - Erstellung einer **Road Map** zur Markteinführung von torrefizierter Biomasse

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Brennstoffbeschaffung und Charakterisierung:
  - Institution: DBFZ
  - Maßnahmen:
    - Beschaffung und Charakterisierung von Referenzholzpellets in ENplus-Qualität und von torrefizierten Brennstoffen in drei unterschiedlichen Torrefizierungsgraden
- Einsatz der Brennstoffe in marktreifen Kleinfeuerungsanlagen:
  - Institution: DBFZ
  - Maßnahmen:
    - Verbrennungsversuche in Kesselanlagen (< 100 kW) unter Volllast sowie bei unterschiedlichen Lastzuständen
    - Begleitende Laboranalysen
  - Erwartetes Ergebnis
    - Wissenschaftliche Erkenntnisse zum thermochemischen Verhalten der Brennstoffe
    - Beurteilung des Einflusses unterschiedlicher Torrefizierungsgrade auf die Feinstaubbildung und die Leistungsdichte von Kleinfeuerungsanlagen

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- Einsatz der Brennstoffe in Holzvergasungsanlagen:
  - Institution: DBFZ/ Burkhardt GmbH
  - Maßnahmen:
    - Untersuchungen des Einsatzes in einem Laborvergaser, einer 90 kW_{th} Pilotanlage sowie einer kommerziellen Biomassevergasungsanlage (180 kW_{el})
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Erkenntnisse zum prinzipiellen Vergasungsverhalten der torrefizierten Biomasse im Vergleich zu den Referenzpellets
    - Ermittlung der Zusammensetzung des generierten Brenngases und der Vergasungsreststoffe
    - Ermittlung der Brennstoffeigenschaften und Gegenüberstellung mit den wesentlichen Vergasertypen
- Analyse und Evaluierung der Ergebnisse:
  - Institution: DBFZ/Burkhardt GmbH
  - Maßnahmen:
    - Technische, ökologische und ökonomische Analyse ausgewählter Konversionspfade
    - Einordnung der Erkenntnisse zur Optimierung der flexiblen und effizienten Energiebereitstellung in Biomassekleinanlagen
    - Abschätzung des Marktpotentials
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Darstellung des Marktpotenzials für den Brennstoff „Torrefizierte Pellets“ in Bestands- und Neuanlagen im Kleinanlagenbereich in Deutschland
    - Erstellung einer Road Map zur Markteinführung von torrefizierter Biomasse

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Positive Umwelteffekte dank der durch Torrefizierung modifizierten Eigenschaften des Brennstoffs?
    - Steigerung der Umweltverträglichkeit?
    - Verbesserung der Brennstoffeffizienz?
    - Treibhausgasminderung?
- Ökonomisch
  - Senkung der Energiegestehungskosten durch spezifische Eigenschaften des innovativen Brennstoffs?
    - Höhere Energiedichte →Transportkosteneinsparpotenziale
    - Verbesserte Lagerfähigkeit →logistische Vorteile
    - Höherer Homogenisierungsgrad →Effizienzsteigerungsmöglichkeiten
- Sozial
  - Hohes Potenzial torrefizierter Brennstoffe für die flexible Energiebereitstellung im Endkundenbereich?
    - Anreiz zur Ansiedlung neuer Technologieunternehmen?
    - Schaffung neues Arbeitsplätze?
    - Versorgungssicherheit /höhere Brennstoffflexibilität?

Erwartete Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Erwartete Produkte
  - Mögliche Generierung eines erheblichen Verkaufsanreizes für die untersuchten Vergaser bei Nachweis der Einsetzbarkeit von torrefizierter Biomasse in Kleinvergasern
  - Positive Auswirkungen auf die Regelbarkeit von Kleinfeuerungsanlagen
  - Verbesserung bzgl. der Feinstaubemissionen
  - Mögliche Breitenanwendung in Bioenergiekleinanlagen im Endkundenbereich
- Übertragbarkeit
  - Erkenntnisse als Grundlage für eine Vermarktungsoption von torrefizierten Brennstoffen für Holzvergaser sowie für die breitere Markteinführung von torrefizierten Pellets im Endkundenbereich

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

- Forschungsbedarf
  - Prozessoptimierung
  - Sicherheitsaspekte bei Transport und Lagerung
- Technologische Veränderungen bis 2030 (z.B. Ausblick Anlage/Konzept 2030)
  - Massenproduktion torrefizierter Pellets muss vorangetrieben werden
    - Technische Machbarkeit
    - Logistik

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

- Ansprechpartner

Dipl.-Wirtsch.-Ing. David Ziegler
Bereich Bioenergiesysteme (BS)
Tel. +49 (0)341 2434 – 494
E-Mail: david.ziegler@dbfz.de

DBFZ Deutsches
Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig
Tel. +49 (0)341 2434 – 112
E-Mail: info@dbfz.de
www.dbfz.de

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Fraunhofer IWES

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

03KB092: FlexHKW

Flexibilisierung des Betriebes von Heizkraftwerken

Laufzeit: 01.09.2013 – 31.08.2015

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 3: Uwe Hoffstede, Fraunhofer IWES

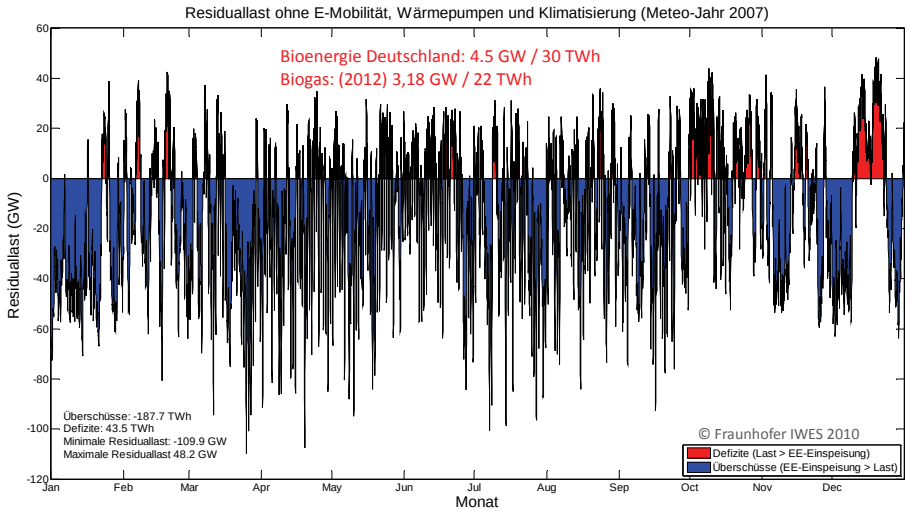
Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - GHG-Minderung
    - Im Jahr 2020 – 38,6% der elektrischen Energie aus erneuerbaren Quellen
    - Im Jahr 2030 – 60% der elektrischen Energie aus erneuerbaren Quellen
  - Nationaler Aktionsplan erneuerbare Energien
  - Hoher Anteil witterungsabhängiger Erzeuger wie Wind und PV (Masse)
  - **Flexible Energieerzeugung mit** Wasser und **Biomasse** (Klasse)
  - Netzausbau
  - Neue Speicherkapazitäten
  - Lastmanagement

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung



Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Hauptziel:
  - Zusätzliche Kapazität in flexibler Stromerzeugung aus der Verbrennung von Biomasse gewinnen
- Weitere Ziele:
  - Theoretische Grundlagen für HKWs
    - Verschiedene Anlagenarten
    - Flexibilitätspotential
    - Einschränkungen
      - Technische Einschränkungen
      - Einschränkungen durch Lieferverträge und Produktstruktur
    - Technische und wirtschaftliche Machbarkeit
  - Demonstration der Machbarkeit an einer großtechnischen Pilotanlage
    - Vorschlag Maßnahmen
    - Umsetzung
  - Erfahrungen auswerten und verbreiten

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Analyse der Anlagenkonzepte und Auswahl:
  - Partner: IWES, Next, Seeger
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Kategorisierung technischer Anlagenkonzepte
    - Definition anlagentechnischer Maßnahmen und Kostenschätzung
    - Produktdefinition und Kosten-Nutzen-Analyse
  - Erwartete Ergebnisse:
    - Liste HKWs mit spezifischen Kenndaten
    - Technische Maßnahmen zur Flexibilisierung (Freiheitsgrade, Randbedingungen) samt Kosten
    - Auswahl wirtschaftlicher Maßnahmen
- Vorbereitung einer Pilotanlage und Testbetrieb:
  - Partner: BW, Next, Seeger, IWES
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Vorplanung Umrüsten Pilotanlage
    - Wärmeprofilanalyse
    - Simulation der flexibilisierten Anlage
    - Endgültige Maßnahmen und Testbetrieb
  - Erwartete Ergebnisse:
    - Datenbasis für Simulation umgerüstete Anlage
    - Auswahl kostenoptimierte technische Lösung
    - Aussagen über Wertsteigerung der Energieerzeugung und Einschränkungen der Pilotanlage

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- Verbreitung der Ergebnisse:
  - Partner: IWES, BE, Next, Seeger
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Branchen-Workshop Feldtestergebnisse
    - Handlungsempfehlungen zur bedarfsorientierten Stromproduktion mit Biomasse-Heizkraftwerken
    - Empfehlung für politische Steuerungsmöglichkeiten
  - Erwartete Ergebnisse:
    - Branchenkommentare zu Handlungs-empfehlungen
    - Dokumentation Handlungsempfehlungen zur bedarfsorientierten Stromproduktion mit Biomasse-Heizkraftwerken
    - Konzept zur gezielten politischen Steuerung der Flexibilisierung von Biomasse-HKW.

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Klimaschutzwirkung
  - CO_2-Minderung
    - Rund 100 kg CO_2 pro erzeugte MWh aus flexiblen Biomasseanlagen
    - Im Jahr 2015 rund 1,8 Mio to CO_2
    - Im Jahr 2020 rund 2,9 Mio to CO_2
    - Pilotanlage 1,1 MW_{el}, 8.500 MWh_{el} pro Jahr
    - Fördersumme € 200.000
    - Lebensdauer 20 Jahre
    - Spezifische CO_2-Minderung im Projekt: 85 kg CO2 pro € Fördermittel
- Ökonomische Aspekte im Projekt
  - Investitionen voraussichtlich € 300.000
  - Mögliche Zusatzerlöse im Bereich € 25.000-50.000 pro Jahr

Weitere wichtige Informationen!

Energetische Biomassenutzung

- Erwartete Produkte
- Übertragbarkeit
- Transfermaßnahmen
- Forschungsbedarf
- Regelungsbedarf
- Technologische Veränderungen bis 2030
- Gerne im nächsten Jahr
- Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

FLEX HKW

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

03KB069: FuelBand

Erweiterung des Brennstoffbandes moderner Biomassefeuerungen

Laufzeit: 01.10.2012 – 30.09.2015

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Thomas Plankenbühler, M.Sc, Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, Nürnberg

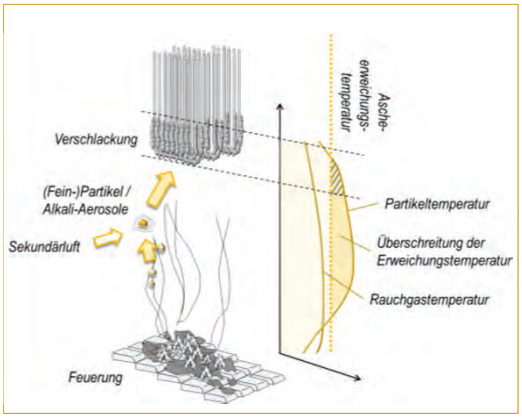
Motivation

Energetische Biomassenutzung

- Kernproblem bei der Verbrennung biogener Reststoffe
  (z.B. Einsatzstoffen der Einsatzstoffvergütungsklasse II nach Anlage 3 (zu § 2a Absatz 1 u. 2), EEG
  - Niedrige Ascheschmelztemperaturen, Verschlackung, Korrosion

- Idee
  - Vorhersage von Verschlackung mit CFD-Modell
  - Werkzeug zur Vorhersage des Verhaltens (neuer) Brennstoffe

- These
  - Im Rauchgaskanal verbrennende Partikel sind Ursache von Verschlackung

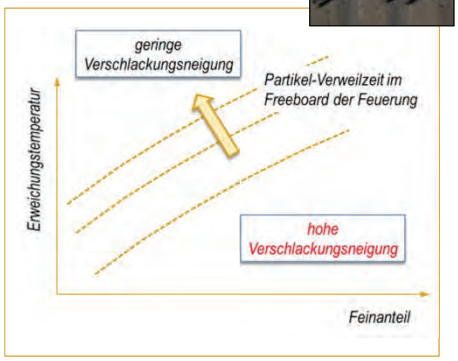


Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Modellierung des Abbrand- und Abkühlverhaltens von Biomassepartikeln
  - CFD-Simulation verbrennender Partikel in Gasphase
  - Darstellung von Verschlackung
  - Einfluss von Temperatur, Aschezusammensetzung…

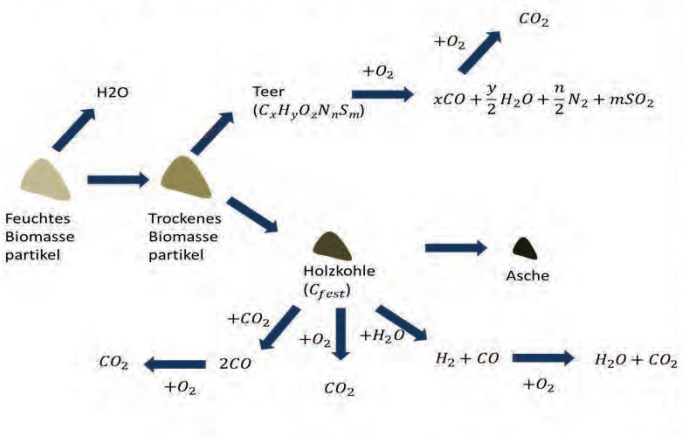
- Variation der Brennstoffparameter…
  - …bei experimentellen Untersuchungen im Labormaßstab
  - …bei der CFD-Simulation exemplarischer Biomassefeuerungen
- Definition und Verifikation von Kennfeldern

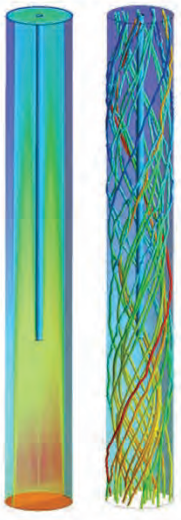


Zwischenstand I

Energetische Biomassenutzung

- Modellierung des Abbrand- und Abkühlverhaltens von Biomassepartikeln
  - Modellbildung für Trocknung - Pyrolyse - Koksabbrand
  - basierend auf Literaturdaten für Reaktionskinetik und Stoffwerte

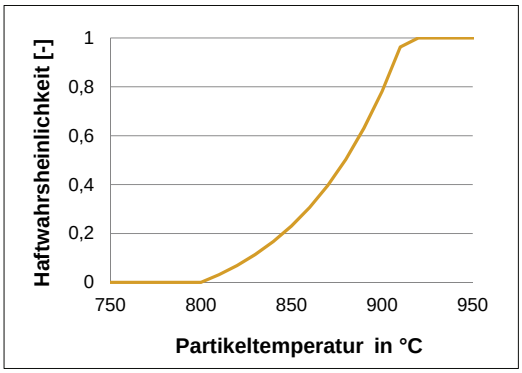




Zwischenstand I

Energetische Biomassenutzung

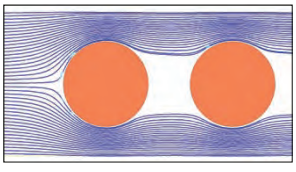
- Kopplung von Partikelabbrand mit einem Verschlackungsmodell
  - heiße Aschepartikel „kleben“ an Wärmeübertragerflächen bei Aufprall
  - Wahrscheinlichkeitsansatz über Schmelzphasenanteil



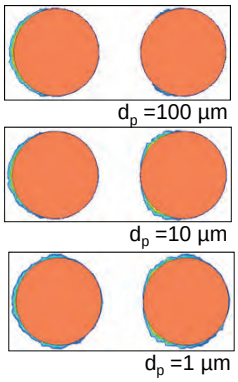
Zwischenstand I

Energetische Biomassenutzung

- Kopplung von Partikelabbrand mit einem Verschlackungsmodell
  - heiße Aschepartikel „kleben“ an Wärmeübertragerflächen bei Aufprall
  - Wahrscheinlichkeitsansatz über Schmelzphasenanteil
  - Parametervariation in 2D-Simulation – Partikelanlagerung am quer angeströmten Rohr



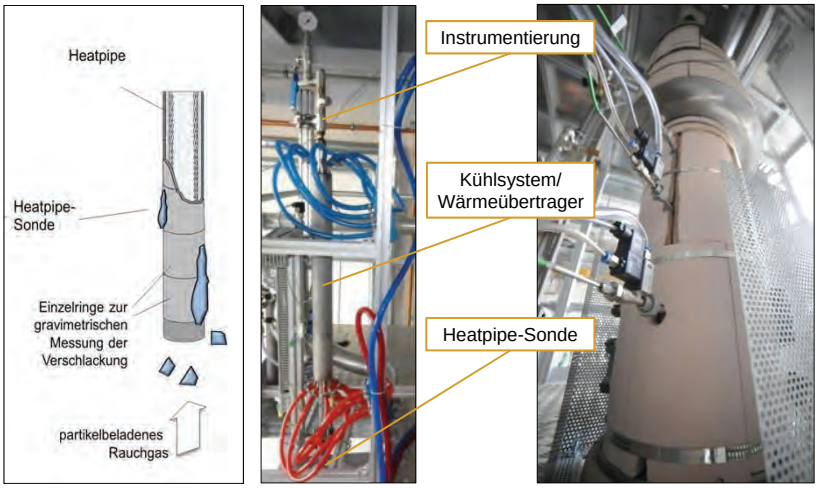
→ Anströmrichtung



Zwischenstand II

Energetische Biomassenutzung

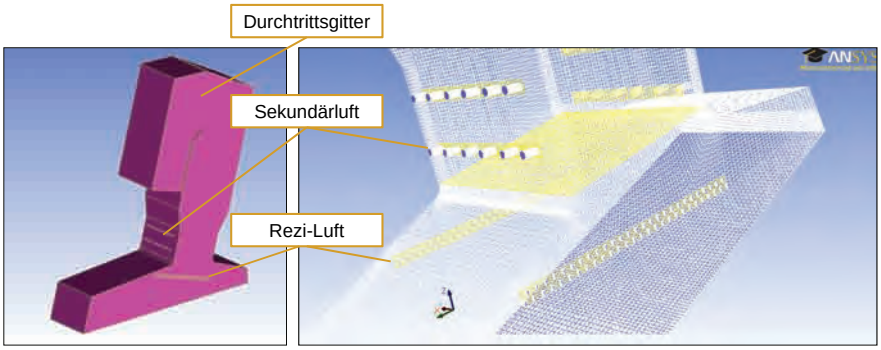
- Experimentelle Validierung mittels gekühlter Verschlackungssonde
  - Versuchsbetrieb ab Ende 2013



Zwischenstand III

Energetische Biomassenutzung

- Simulation von exemplarischen Biomassefeuerungen
  - erstes Kraftwerk (~ 25 MW Vorschubrost) in CFD-Simulation umgesetzt
  - Rostmodell liefert Randbedingungen für Gasphasenverbrennung

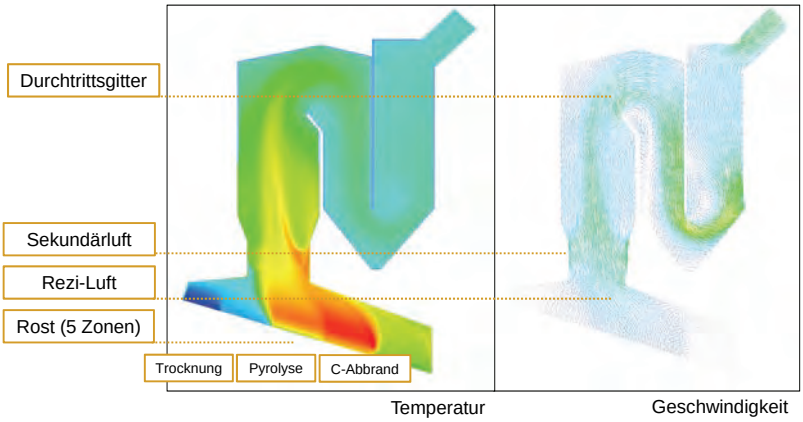


  - Strukturiertes Netz, ca. 1,7 Mio Zellen

Zwischenstand III

Energetische Biomassenutzung

- Simulation von exemplarischen Biomassefeuerungen
  - erstes Kraftwerk (~ 25 MW Vorschubrost) in CFD-Simulation umgesetzt
  - Rostmodell liefert Randbedingungen für Gasphasenverbrennung



Vernetzungsaktivitäten im Förderprogramm und darüber hinaus

Energetische Biomassenutzung

- Kontakt zu Firmen im Bereich Kessel-/Anlagenbau und -betreibern
- Mögliche Schnittstellen im Förderprogramm:
  - Brennstoffe und Brennstoffcharakterisierung?
    - (FuelBand-Projektfokus liegt auf Hackschnitzeln, Stroh, Baum-, Strauchschnitt, Straßenbegleitgrün)
  - Erfahrungen mit Verschlackung bei Kleinfeuerungsanlagen?
    - (FuelBand-Projektfokus liegt auf Biomassefeuerungen im Bereich 5-30 MW_{th})

Zusammenfassung und Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- Das Projekt FuelBand erarbeitet einen Ansatz zur Vorhersage der Verschlackungsneigung von Biomassefeuerungen mittels CFD-Simulation
  - Validierung durch eine Verschlackungssonde im Laborversuch
  - und anhand Betreibererfahrungen realer Großkessel
- Modellbildung für Abbrand und Verschlackung erfolgt
- Simulation erster Kraftwerksfeuerungen erfolgt
- Nächste Schritte
  - Versuchsbetrieb in Abkühlstrecke mit verschiedenen Brennstoffen
  - Evaluierung und Weiterentwicklung des CFD-Modells
  - Einbinden des Abbrandmodells in Kraftwerkssimulation
  - Simulation der weiteren Biomassekraftwerke, Brennstoffvariation

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Fraunhofer UMSICHT

HARBURG FREUDENBERGER

Gefördert durch

Koordiniert vom

PTJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

FKZ-Nr.: 03KB075

Demonstrationsanlage zur kombinierten Treberverbrennung /-vergärung am Standort einer Brauerei „Demotreber“

Laufzeit: 01.10.2012 – 31.03.2015

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 3: Andreas Weger, Fraunhofer UMSICHT – Institutsteil SuRo

Motivation

Energetische Biomassenutzung

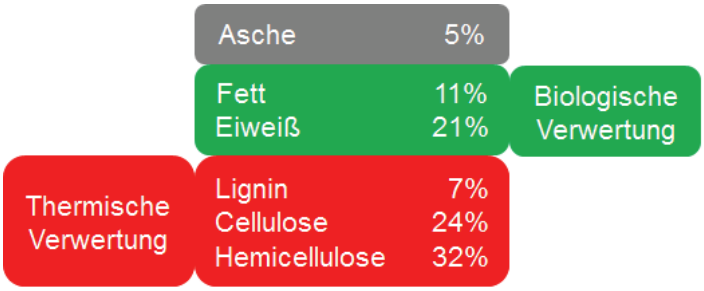
- Konzept zur energetischen Verwertung von Lebensmittelabfällen
  - Entsorgung und Verwertung schwierig
    - geringe biologische Stabilität
    - pathogene Keime
    - hoher Wassergehalt
    - biochemische Veränderungen
  - Biertreber typischer Lebensmittelabfall
    - Verwertung bisher ausschließlich als Futtermittel
    - Verwertung zunehmend schwieriger
  - Energetische Verwertung bisher nicht möglich
    - hohe Faseranteil stört bei rein biologischer Verwertung
    - hoher Wassergehalt verhindert thermische Verwertung

Quelle: Fraunhofer UMSICHT

Motivation

Energetische Biomassenutzung

- Entwicklung eines kombinierten Verwertungsansatzes
  - Biochemische Fraktionierung durch mechanische Entwässerung
  - Optimierte energetische Nutzung der Inhaltsstoffe



Quelle: Fraunhofer UMSICHT

Vorgehensweise

Energetische Biomassenutzung

AP	Arbeitspakete
1	Konstruktion und Anfertigung Schneckenpresse
2	Integration der Schneckenpresse in den laufenden Brauereibetrieb
3	Optimierung der mechanischen Entwässerung
4	Adaptierung Biomassefeuerung an den Einsatzstoff Biertreber
5	Co-Vergärung Presswasser in kontinuierlichen Versuchsreihen
6	Ableitung wissenschaftlicher Kriterien zur Übertragbarkeit
7	Berechnung der Klimaschutzwirkung
8	Wirtschaftlichkeitsabschätzung
9	Öffentlichkeitsarbeit

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Mechanische Entwässerung – Original Biertreber
  - Erhöhung TS-Gehalt im Pressrückstand auf 40 - 45 Mass.-%
  - Reduktion Proteingehalt im Pressrückstand um ≥ 30 %
- Thermische Verwertung – Pressrückstand
  - Technischer Nachweis zur Eignung als Mono- / Mischbrennstoff
  - Adaptierung und Optimierung Feuerungssystem (Luftstufung, etc.)
  - Einhaltung emissionsschutzrechtlicher Vorgaben
- Biologische Verwertung – Presswasser
  - Co-Vergärung mit Brauereiabwässer (Heißtrub, etc.)
  - Prozesstechnische Optimierung (Reaktorauswahl, etc.)
  - Massen- und Energiebilanz kontinuierlicher Vergärungsversuch

Zwischenstand I

Energetische Biomassenutzung

- Aufbau und Inbetriebnahme Treberpresse

Quelle: Fraunhofer UMSICHT

Zwischenstand II

Energetische Biomassenutzung

- Thermische Verwertung – Pressrückstand
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Feuerungssystem
      - Muldenfeuerung
      - Rostfeuerung
    - Brennstoffkonditionierung
      - Pelletierung
      - Additivzugabe
    - Verbrennungsverhalten
      - Emissionsmessung
      - Temperaturniveau
      - Ascheanalyse

Zwischenstand II

Energetische Biomassenutzung

- Thermische Verwertung – Pressrückstand
  - Monoverbrennung Biertreber
    - Feuerungssystem
      - Muldenfeuerung (Leistung 30 kW_{th})
    - Brennstoffkonditionierung
      - 1. Schritt: Lufttrocknung
      - 2. Schritt: Pelletierung
    - Emissionsmessung
      - Staub-Gehalt zwischen 90 und 123 mg/m^3_N
      - NO_x-Gehalt zwischen 980 und 2.500 mg/m^3_N
    - Verbrennungsverhalten
      - Keine Verschlackung im Brennraum festgestellt
      - Feuerung verlief stabil aber Temperatur im Brennraum relativ niedrig

Ausblick – Weiteres Vorgehen

Energetische Biomassenutzung

- Nächsten Schritte
  - Optimierung mechanische Entwässerung
  - Adaptierung Feuerungssystem an Mono- und Mischbrennstoff
  - Adaptierung Vergärungsreaktor an Presswasser und Brauereiabwässer
- Transfermaßnahmen
  - Identifikation Scale-up Effekte bei mechanischer Entwässerung
  - Ausweitung auf verschiedene Feuerungssysteme
  - Minimierung der Brennstoffkonditionierung (Pelletierung, Additivzugabe)
  - Einbindung des Konzepts in die Energieversorgung einer Brauerei

Zum Schluss…

Energetische Biomassenutzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Energetische Biomassenutzung

IET Institut für Energietechnik TUHH Technische Universität Hamburg-Harburg

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

FKZ-Nr.: 03KB033

Feinstaubemissionen aus biomassebefeuerten Kleinfeuerungsanlagen

Laufzeit: 01.11.2009-31.03.2013

Präsentation der Ergebnisse
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 3: Niels Woltersdorf, TUHH-IET

Motivation / Hintergrund

Energetische Biomassenutzung

- 27 % der deutschen $PM_{2,5}$ Emissionen werden durch biomassebefeuerte Kleinfeuerungsanlagen emittiert. Diese stellen 5,2 % der deutschen Wärmeenergie bereit.
- Die 1.BImSchV wurde 2010 novelliert, die finalen Emissions-grenzwerte gelten ab 2015 (Ausnahme: Scheitholz, 2017).
- Die Bandbreite des Emissionsverhaltens aktuell betriebener Anlagen wurde in Feldmessungen an 35 Anlagen ermittelt.
- Der Einflusses von Primärmaßnahmen auf das Emissionsverhalten wurde an einer Laboranlage ermittelt.

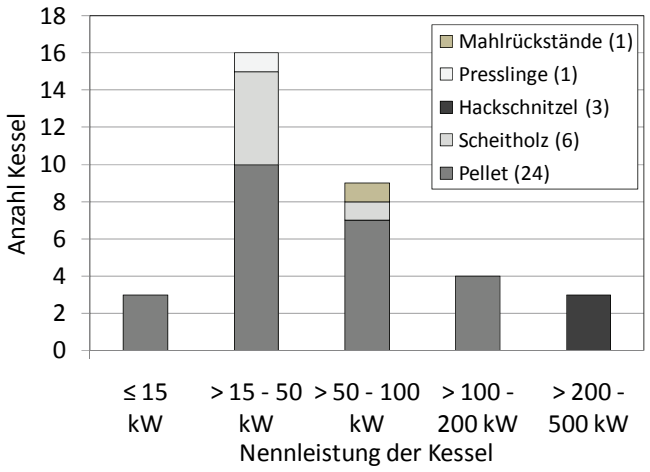
Emissionsmessungen

Energetische Biomassenutzung

- Rauchgaszusammensetzung mit Gasanalysator HORIBA PG-250
  - O_2, CO_2, NO_X, SO_2, CO
- Feinstaubemissionen
  - nach VDI 2066
  - mit Wöhler SM 96 CO
- Kontinuierliche Messung der Partikelgrößenverteilung mit Dekati ELPI
  - Elektrostatischer Niederdruckimpaktor, klassiert den eintretenden Staub in zwölf Stufen von 0,007 bis 10 µm.

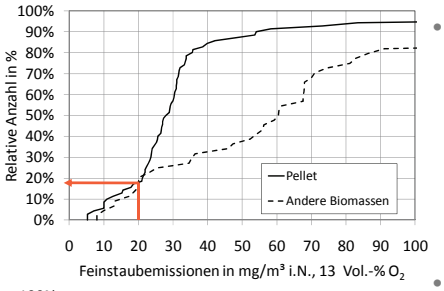
Feldmessungen

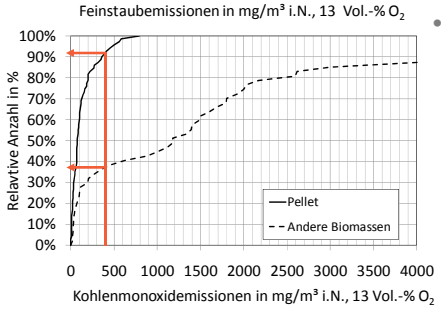
Energetische Biomassenutzung



Feldmessungen: Ergebnisse I

Energetische Biomassenutzung

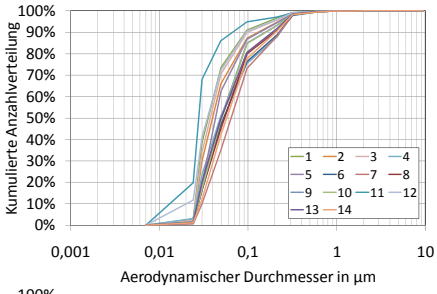


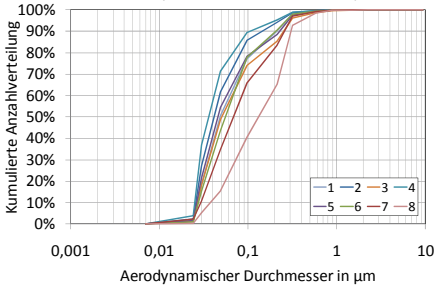


- Der kommende Emissionsgrenzwert für Feinstaub (20 mg/m³) wird bei
  - 17 % der an pelletbefeuerten Kesseln durchgeführten Einzelmessungen eingehalten.
  - 18 % der an mit anderen Biomassen befeuerten Kesseln durchgeführten Einzelmessungen eingehalten.
- Der kommende Emissionsgrenzwert für Kohlenstoffmonoxid (400 mg/m³) wird bei
  - 96 % der an pelletbefeuerten Kesseln durchgeführten Einzelmessungen eingehalten.
  - 37 % der an mit anderen Biomassen befeuerten Kesseln durchgeführten Einzelmessungen eingehalten.

Feldmessungen: Ergebnisse II

Energetische Biomassenutzung





- Die Korngrößenverteilung weißt für Pellets (obere Abbildung) und für die anderen Biomassen (untere Abbildung) keine signifikanten Abweichungen auf.
- Der Anteil detektierter Partikel mit D_{ae} > 1 µm ist für beide Gruppen < 1 %.
- Die Staubfraktion < 0,1 µm umfasst
  - 73 bis 95 % der detektieren Partikeln (Pellets)
  - 66 bis 89 % der detektieren Partikeln (andere Biomassen)

Prüfstandmessungen

Energetische Biomassenutzung

- Prüfstandmessungen wurden an einer marktverfügbaren Kleinfeuerungsanlage durchgeführt.
- Nennleistung: 30 kW
- Brennstoff: Pellets
- Einzelne Parameter wurden variiert, um deren Einfluss auf das Emissionsverhalten darzustellen.

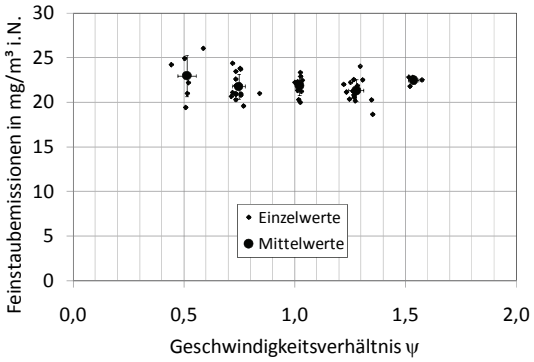
Prüfstandmessungen: Ergebnisse I

Energetische Biomassenutzung

- Das Geschwindigkeits-verhältnis

$$\psi = \frac{v_{Entnahme}}{v_{Rauchgas}}$$

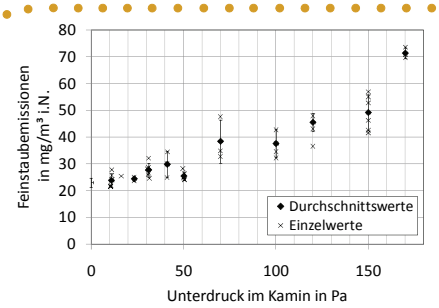
wurde bei konstanten Randbedingungen verändert.

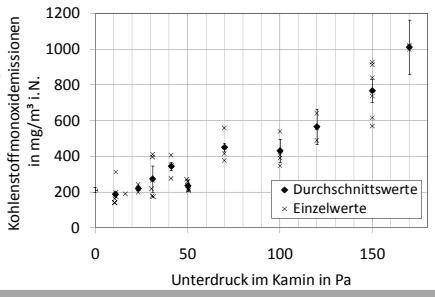


- Die gemessenen Feinstaubemissionen ändern sich durch die Veränderung des Geschwindigkeitsverhältnisses nicht signifikant.
- Die Standardabweichung der Messwerte wird mit zunehmender Geschwindigkeit der Probenahme kleiner. (ΔV und Δm nehmen zu)

Prüfstandmessungen: Ergebnisse II

Energetische Biomassenutzung

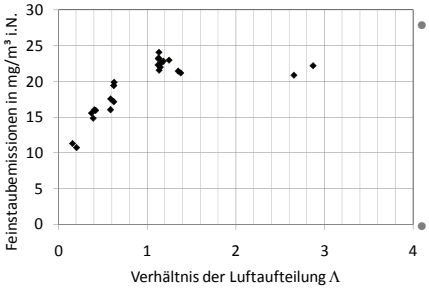


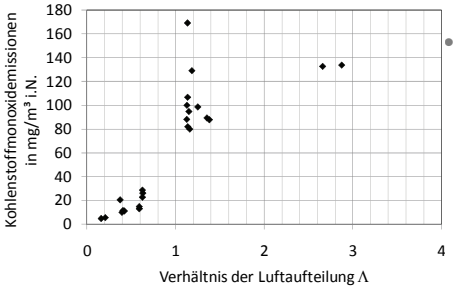


- Im Schornstein wurde ein Saugzug installiert, um den Unterdruck einstellen zu können.
- Der Zugbegrenzer wurde verschlossen.
- Sowohl die Feinstaub- als auch die Kohlenstoffmonoxid-emissionen steigen mit erhöhtem Unterdruck an.

Prüfstandmessungen: Ergebnisse III

Energetische Biomassenutzung





- Das Verhältnis von Primär- zu Sekundärluft

$$\Lambda = \frac{\dot{V}_{Primärluft}}{\dot{V}_{Sekundärluft}}$$

  wurde verändert.
- Alle anderen Parameter wurden bei den Messungen konstant gehalten.
- Sowohl die Feinstaub- als auch die Kohlenstoffmonoxid-emissionen nehmen bei Verringerung von Λ ab.

Verwertung der Ergebnisse – Transfer

Energetische Biomassenutzung

- UFOPLAN 2012 Forschungsprojekt ‚Stand der Technik von Festbrennstofffeuerungen‘
  - Emissionen von Feinstaub, Kohlenstoffmonoxid, Stickoxiden
  - Vergleichende Feinstaubmessungen VDI 2066 und Wöhler SM 96 CO
- Methodenhandbuch
  - Gesammelte Erfahrungen im Rahmen der Feldmessungen werden weitergegeben.
  - Möglichkeiten und Randbedingungen beim Einsatz eines ELPI werden erläutert.

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

Feinstaub

- Die Emissionsgrenzwerte werden aktuell nicht verlässlich eingehalten.
- Die Entwicklung von Sekundärmaßnahmen zu finanziell annehmbaren Konditionen ist notwendig.

Kohlenstoffmonoxid

- Die Emissionsgrenzwerte werden bereits teilweise eingehalten.
- Für andere biogene Festbrennstoffe als Pellets erscheint eine weitere Minderungsmaßnahme zur CO-Reduktion notwendig.

Signifikante technologischen Veränderungen bis 2030

- Der Einsatz von biomassebefeuerten Kleinfeuerungsanlagen
  - ist aufgrund der geltenden Emissionsbeschränkungen nicht mehr zeitgemäß. Andere Techniken zur Wärmebereitstellung wie Gas, Wärmepumpen und Passivhäuser beherrschen den Markt.
  - ist durch moderne, marktverfügbare und teilweise direkt integrierte Staubabscheider sehr beliebt.

Neue Verbrennungstechnik für schwierige Biomassen (500 kW)

Drehrohr-Biomasse-Heizkessel setzt neue Maßstäbe bei Biomasseverbrennung

Mit dem neuartigen Drehrohr-Biomasse-Heizkessel ist es ab sofort möglich neben den standardisierten Regelbrennstoffen auch andere Biomassen, wie bspw. Mühlennebenprodukte, Reinigungsabgänge aus der Saatgutaufbereitung, Getreidekoppelprodukte oder Biomasse aus der Landschaftspflege, dezentral thermisch zu nutzen.

Die Werkstätten heating-systems GmbH bietet hierzu ein Verbrennungssystem im Leistungsbereich 300-500 kW, das sich besonders durch die Fähigkeit auch schwierigste Brennstoffe ohne Verschlackungen und mit guten Emissionswerten verbrennen zu können auszeichnet. Mit der vollautomatischen Technik ist es möglich auch biogene Rückstände mit einem niedrigen Ascheschmelzpunkt, einem geringen Heizwert oder mit viel Mineralik als Brennstoff optimal energetisch zu verheizen. Die Anlage ermöglicht dem Anlagenbetreiber die Flexibilität auch günstige, verfügbare und minderwertige Inputstoffe verwerten zu können.

Abb. 1: **Beispielhafte Brennstoffe (Kakaoschalen; Abrieb aus Pelletproduktion)**
Abb. 2: **Einblick in den Feuerungsraum (Drehrohr)**

Einzigartige Emissionswerte bei zertifizierten Messungen unter Beweis gestellt

Der Bekanntheitsgrad des innovativen Drehrohr-Biomasse-Heizkessels ***REH500eco*** nimmt in der Biomassebranche stetig zu, da zum einen immer wieder eine regionale Verwertungsmöglichkeit für die unterschiedlichsten biogenen Rückstände gesucht wird und zum anderen die Neuentwicklung großes Interesse bei renommierten Biomasseinstituten geweckt hat.

Somit hat beispielsweise die „Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft“ im Rahmen eines FNR-Projektes (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe) zertifizierte Messreihen durchführen lassen. Die Messergebnisse zu den mit Stroh durchgeführten Testreihen im Mai 2013 sind einzigartig!

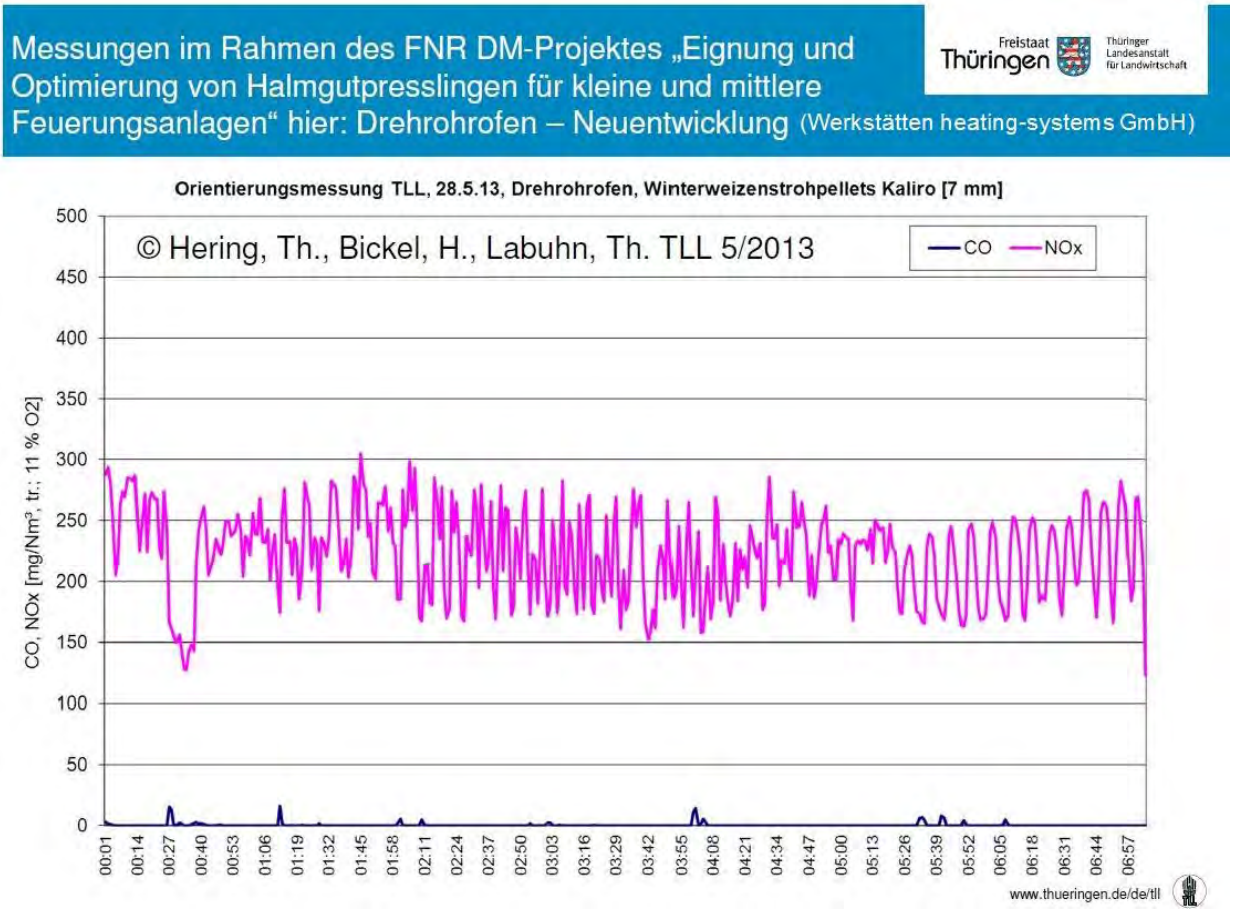


Abb. 3: Auszug aus den Emissionsmessungen

Da Biomasse-Heizkessel mit einer Feuerungswärmeleistung von 500 kW bei dem Einsatz von Stroh oder ähnlichen pflanzlichen Stoffen nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftig sind, gelten die folgenden Grenzwerte für Kohlenstoffmonoxid (CO) und Stickstoffoxide (NOx):

CO: 250 mg/m³ NOx: 500 mg/m³

Wie der Grafik zu entnehmen ist, werden beide Grenzwerte nicht annähernd überschritten und der CO-Wert liegt nahezu durchgängig bei 0 mg/m³. Diese Emissionswerte sind am Markt einmalig und wurden mit diesem Anlagenkonzept ebenfalls für zahlreiche andere Biomassen bestätigt (z.B. Palmkernschalen, Landschaftspflege- und Rindenmaterial, Kaffeereste, Pelletabrieb, Dinkelspelzen, etc.).

Die hervorragenden Messungen sind zwar beeindruckend, aber viel entscheidender sind die Auswirkungen der vollständigen Verbrennung:

- **keine Reinigungs-/ Revisionsarbeiten während des normalen vollautomatischen Betriebs** (Kessel nur einmal jährlich zur Revision abfahren)

- **keine Flammspitzen und Funken gelangen an die Kühlflächen bevor diese nicht vollständig oxidiert sind**
- **Erhöhung des feuerungstechnischen Wirkungsgrades**
- **deutlich geringere Belastung am Wärmetauscher**

Optimale Verbrennung im Drehrohr mit separater Nachbrennkammer

Abb. 4: Unisolierter Drehrohr-Biomasse-Heizkessel aus zwei Perspektiven

Vorteile & Merkmale:

- vollautomatischer Dauerbetrieb
- keine manuelle Reinigung zw. Revisionen
- kein Verschleiß von Rostelementen/ Ascheschiebern
- kontinuierliche Brennstoff- und Aschebewegung
- keine Verschlackungen
- hohe Mineralik-Anteile, kein Problem
- indirekte Wasserkühlung des Glutbetts
- langes Drehrohr gewährleistet totalen Ascheausbrand
- vollständige Oxidation der Rauchgase (CO = 0 mg/m³)
- geringe Abgastemperaturen (110 °C)

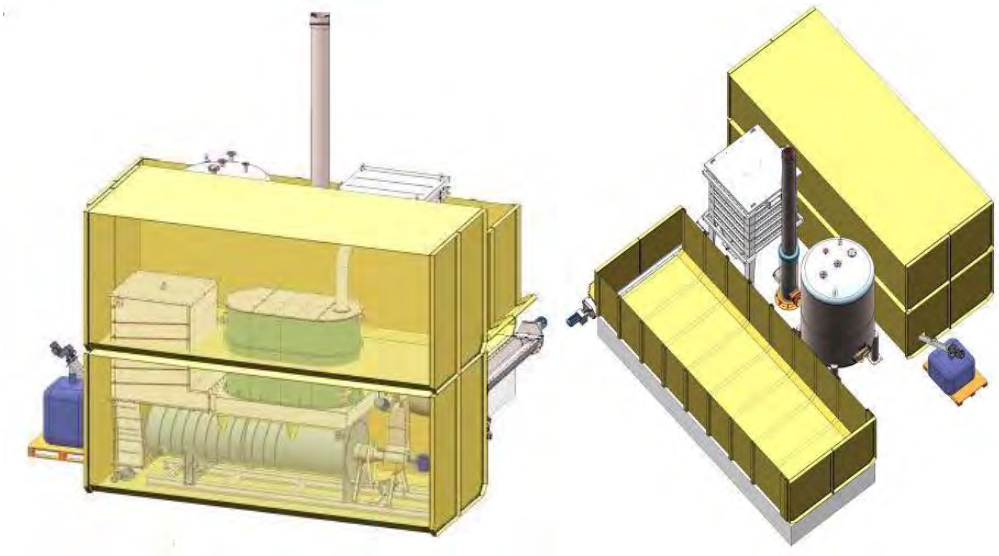


Abb. 5: Schematische Darstellung der individuell auszuwählenden Komponenten vom Schubbodencontainer bis hin zum Schornstein

Je nach Standortbedingungen und Kundenwunsch kann der Drehrohr-Biomasse-Heizkessel in einem Container eingehaust werden. Die notwendigen vor- und nachgelagerten Komponenten wie bspw. ein Schubbodensystem für den Brennstoff, der Staubfilter oder der Schornstein werden von der Werkstätten heating-systems GmbH optimal ausgelegt und mitgeliefert. Somit hat der Endkunde lediglich einen Ansprechpartner.

Sollten Sie an diesem Thema weiter interessiert sein, weil Sie beispielsweise über günstige Brennstoffe verfügen oder konkreten Wärmebedarf oder –konzepte haben, zögern sie nicht uns telefonisch oder per Email zu Kontaktieren.

Des Weiteren sind Sie herzlich eingeladen unsere Kollegen von der **Neuenhauser Umwelttechnik** für ein persönliches Gespräch auf der Messe **reycling aktiv vom 5.-7. September auf dem Baden-Airpark / Stand A 605** zu besuchen.

Kontakt:

Werkstätten heating-systems GmbH
Alfred-Mozer-Straße 61
D-48527 Nordhorn
Ansprechpartner: Herr Nils Moggert
Telefon: 05921-8076-32
E-Mail: n.moggert@werkstaetten-gmbh.de

AG 4

Systemische Aspekte der Bioenergie

Energetische Biomassenutzung

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Fraunhofer IWES

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

03KB092: FlexHKW

Flexibilisierung des Betriebes von Heizkraftwerken

Laufzeit: 01.09.2013 – 31.08.2015

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 4: Uwe Hoffstede, Fraunhofer IWES

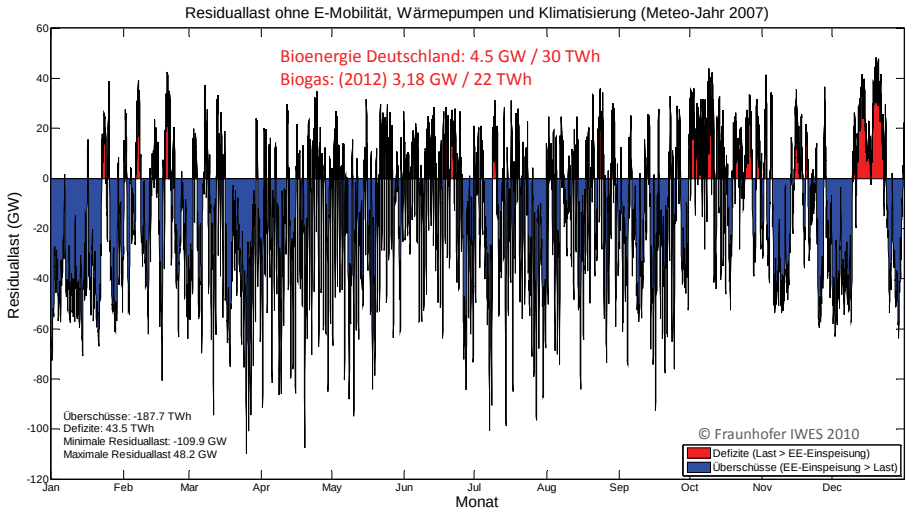
Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - GHG-Minderung
    - Im Jahr 2020 – 38,6% der elektrischen Energie aus erneuerbaren Quellen
    - Im Jahr 2030 – 60% der elektrischen Energie aus erneuerbaren Quellen
  - Nationaler Aktionsplan erneuerbare Energien
  - Hoher Anteil witterungsabhängiger Erzeuger wie Wind und PV (Masse)
  - **Flexible Energieerzeugung mit** Wasser und **Biomasse** (Klasse)
  - Netzausbau
  - Neue Speicherkapazitäten
  - Lastmanagement

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung



Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Hauptziel:
  - Zusätzliche Kapazität in flexibler Stromerzeugung aus der Verbrennung von Biomasse gewinnen
- Weitere Ziele:
  - Theoretische Grundlagen für HKWs
    - Verschiedene Anlagenarten
    - Flexibilitätspotential
    - Einschränkungen
      - Technische Einschränkungen
      - Einschränkungen durch Lieferverträge und Produktstruktur
    - Technische und wirtschaftliche Machbarkeit
  - Demonstration der Machbarkeit an einer großtechnischen Pilotanlage
    - Vorschlag Maßnahmen
    - Umsetzung
  - Erfahrungen auswerten und verbreiten

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Analyse der Anlagenkonzepte und Auswahl:
  - Partner: IWES, Next, Seeger
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Kategorisierung technischer Anlagenkonzepte
    - Definition anlagentechnischer Maßnahmen und Kostenschätzung
    - Produktdefinition und Kosten-Nutzen-Analyse
  - Erwartete Ergebnisse:
    - Liste HKWs mit spezifischen Kenndaten
    - Technische Maßnahmen zur Flexibilisierung (Freiheitsgrade, Randbedingungen) samt Kosten
    - Auswahl wirtschaftlicher Maßnahmen
- Vorbereitung einer Pilotanlage und Testbetrieb:
  - Partner: BW, Next, Seeger, IWES
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Vorplanung Umrüsten Pilotanlage
    - Wärmeprofilanalyse
    - Simulation der flexibilisierten Anlage
    - Endgültige Maßnahmen und Testbetrieb
  - Erwartete Ergebnisse:
    - Datenbasis für Simulation umgerüstete Anlage
    - Auswahl kostenoptimierte technische Lösung
    - Aussagen über Wertsteigerung der Energieerzeugung und Einschränkungen der Pilotanlage

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- Verbreitung der Ergebnisse:
  - Partner: IWES, BE, Next, Seeger
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Branchen-Workshop Feldtestergebnisse
    - Handlungsempfehlungen zur bedarfsorientierten Stromproduktion mit Biomasse-Heizkraftwerken
    - Empfehlung für politische Steuerungsmöglichkeiten
  - Erwartete Ergebnisse:
    - Branchenkommentare zu Handlungs-empfehlungen
    - Dokumentation Handlungsempfehlungen zur bedarfsorientierten Stromproduktion mit Biomasse-Heizkraftwerken
    - Konzept zur gezielten politischen Steuerung der Flexibilisierung von Biomasse-HKW.

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Klimaschutzwirkung
  - CO_2-Minderung
    - Rund 100 kg CO_2 pro erzeugte MWh aus flexiblen Biomasseanlagen
    - Im Jahr 2015 rund 1,8 Mio to CO_2
    - Im Jahr 2020 rund 2,9 Mio to CO_2
    - Pilotanlage 1,1 MW_{el}, 8.500 MWh_{el} pro Jahr
    - Fördersumme € 200.000
    - Lebensdauer 20 Jahre
    - Spezifische CO_2-Minderung im Projekt: 85 kg CO2 pro € Fördermittel
- Ökonomische Aspekte im Projekt
  - Investitionen voraussichtlich € 300.000
  - Mögliche Zusatzerlöse im Bereich € 25.000-50.000 pro Jahr

Weitere wichtige Informationen!

Energetische Biomassenutzung

- Erwartete Produkte
- Übertragbarkeit
- Transfermaßnahmen
- Forschungsbedarf
- Regelungsbedarf
- Technologische Veränderungen bis 2030
- Gerne im nächsten Jahr
- Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

FLEX HKW

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Fraunhofer UMSICHT | OMNI CERT | LandEnergie | MR

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

03KB080: Flex75

Anwendung der Flexibilitätsprämie für Gülleanlagen (<75kW)

Laufzeit: 01.07.2013 – 30.06.2014

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Neu im EEG 2012: Gülleanlagen nach § 27b
  - < 75 kW mit mindestens 80% Gülleanteil
  - Vergütung mit 25 ct/kWh
  - Bislang kaum Zubau solcher Anlagen wegen hoher Anforderungen
    - Forderung nach 150 Tagen Verweilzeit
    - abgedeckte Gärproduktlager
  - damit Wirtschaftlichkeit nur knapp oder gar nicht darstellbar !

- Steigerung der Wirtschaftlichkeit
  - durch Teilnahme an der Direktvermarktung:
    - a.) Direktvermarktung mit flexibler Fahrweise
    - b.) unter Teilnahme am Regelenergiemarkt
  - Voraussetzungen und Kosten

- Erreichung positiver Klimaeffekte
  - durch verstärkte dezentrale Güllevergärung
  - Darstellung des möglichen THG-Einsparungspotenzials

Inhalte und Schwerpunkte I

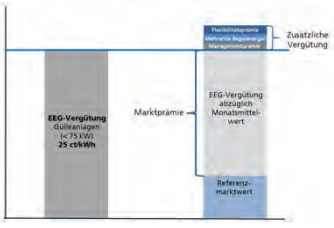
Energetische Biomassenutzung

- Potenzialermittlung für Gülleanlagen
  - Institution: Fraunhofer UMSICHT
    - Abschätzung der maximalen Spitzenlastabdeckung
    - Ermittlung der THG-Einsparpotenziale
- Wirtschaftliche Effekte Direktvermarktung
  - Fraunhofer UMSICHT, Maschinenringe GmbH
    - Ermittlung Investitionskosten für Gasspeicher, BHKW und Fernwirkbetrieb
    - Ertragschancen durch Kombination von Flexibilitätsprämie und Zusatzerlösen am Regelenergiemarkt
    - Bewertung der Wirtschaftlichkeit für Gülleanlagen
- Ableitung von Handlungsempfehlungen
  - Institution: Fraunhofer UMSICHT, OmniCert
    - Beurteilung der technischen Machbarkeit
    - Ergebnisse und Konsequenzen der wirtschaftlichen Betrachtung

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Potenzielle THG-Einsparungen
    - Einsparung fossiler Energien gegenüber Strom- und Wärmemix in Deutschland
    - Substitution fossiler Regelenergie
- Ökonomisch
  - Evaluierung eines wirtschaftlichen Betriebs von Gülleanlagen < 75 kW
    - Gesamtbetrachtung unter Praxisbedingungen anhand von zwei ausgewählten Gülleanlagen
      - Technische Nachrüstung und erzielbare Mehrerlöse
  - Ermittlung der theoretisch verfügbaren Regelenergiepotenziale
    - Theoretisch Potenzial von ca. 12.000 Gülleanlagen mit 50 kW_{el}



Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

e2m energy2market

DBFZ

Gefördert durch

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

FKZ-Nr.: RegioBalance 03KB087

RegioBalance – Bioenergieflexibilisierung als regionale Ausgleichsoption im deutschen Stromnetz

Laufzeit: 01.08.2013 – 31.07.2015

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 4: Marcus Trommler, DBFZ

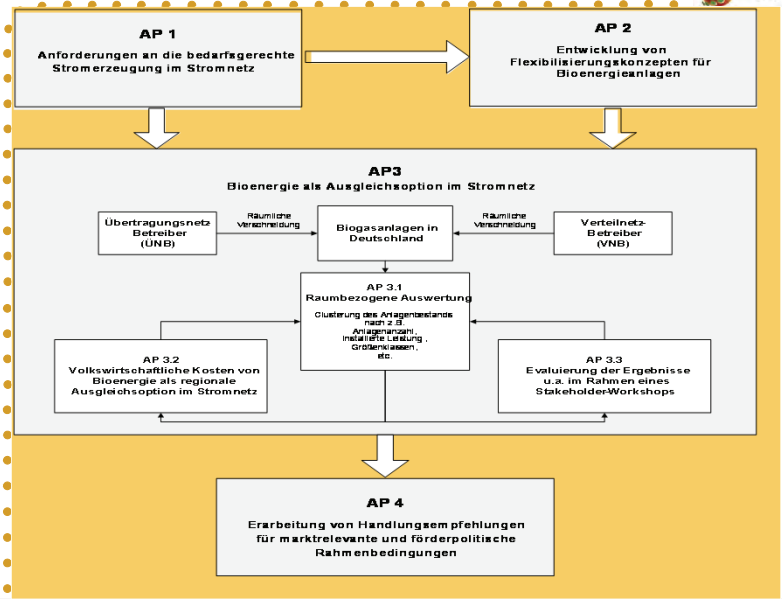
Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Eine neue Funktion für Bioenergie im Energiesystem:
    - Bedarfsgerechter Strombereitstellung
    - Ergänzung zu FEE
- Ziel:
  - Unter welchen Bedingungen und zu welchen betriebs- und volkswirtschaftlichen Kosten kann welche Strommenge (max. positive und negative Last) flexibel durch Biogas-/Bioenergieanlagen in Deutschland als Ausgleichsoption für das Stromnetz bereitgestellt werden kann?
- Ziel 2:
  - Ausgleichsoption in Verteilnetzen
  - In Mittelspannungsnetzen?

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung



Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Arbeitspaket 1: Anforderungen an die bedarfsgerechte Stromerzeugung im Stromnetz
  - Institution: DBFZ, e2m, ÜNB, VNB
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Sammlung, Darstellung und Analyse technischer und rechtlicher Netzanforderungen
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Technisch/Rechtlicher Rahmen als Vorarbeit für AP3….
- Arbeitspaket 2: Entwicklung von Flexibilisierungskonzepten für Bioenergieanlagen
  - Institution: DBFZ, e2m
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Weitergehende Analyse von Flex-Konzepten (Biogas und SNG)
    - Input von Herstellern, Händlern, Netzbetreibern
  - Erwartetes Ergebnis
    - Überblick zu den technischen Möglichkeiten durch Bioenergie bedarfsgerecht Strom bereitzustellen
    - Wirtschaftliche Situation dieser Anlagen

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Arbeitspaket 3: Bioenergie als Ausgleichsoption im Stromnetz
  - Institution: DBFZ – Input Projektpartner
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Raumbezogene Auswertung – Gis-basierte Verschneidung von Anlagendaten
    - Volkswirtschaftliche Kosten der Bioenergieausgleichsoption
    - Evaluierung der Ergebnisse – Stakeholder-Workshop
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Zuordnung von Anlagen zu Beispielregionen
    - Kosten
- Arbeitspaket 4: Handlungsempfehlungen
  - Institution: DBFZ, e2m, ÜNB, VNB
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Analyse der Projektergebnisse – Ableitung von Empfehlungen für technische Aspekte, sowie markt- und förderpolitsche Rahmenbedingungen
    - Austausch FuE, Stromhandel, Netzbetreiber
  - Erwartetes Ergebnis
    - Empfehlungen auf regulatorischer, energiewirtschaftlicher und förderpolitischer Ebene, die notwendig sind, um eine Ausgleichsoption Bioenergie umsetzen zu können

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

FKZ-Nr. 03KB088: IbeKET

Innovatives **be**darfsangepasstes
Kommunal-**E**nergie**t**räger-Konzept

Laufzeit: 15.09.2013 – 16.03.2015

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Effiziente Nutzung von Biomasse
  - Substitution von fossilen Brennstoffen und NaWaRo wie Holz
  - Einsatz kaum/nicht genutzter nicht holzartiger Biomasse
  - Dezentrale Versorgung mit Wärme und Strom
- Konzeptionelle Ziele
  - Übertragbares Konzept zur Beschaffung, Aufbereitung und energetische Nutzung
  - Umsetzung am Standort der LUTRA GmbH wird angestrebt
- Technische Ziele
  - Energetische Nutzung halmgutartiger Reststoffbiomasse ermöglichen
  - Verzahnung der einzelnen anzupassenden Verfahrensschritte
  - Brennstoffdesign/-rezeptur für Brennstoff zur Verwertung in Kleinfeuerungsanlagen und in der Vergasung

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- „Projektleitung und Gesamtkoordination“ [ttz Bremerhaven]
  - Maßnahmen:
    - Inhaltliche Koordination aller Teilvorhaben und technischen Schnittstellen
  - Ergebnis:
    - Koordination eines implementierungsfähigen Gesamtkonzepts
- „Regionales Gesamtkonzept“ [LUTRA]
  - Maßnahmen:
    - Untersuchungen zum Aufkommen, Aufbau & Planung Logistikkette, Rahmenbedingungen
  - Ergebnis:
    - Übertragbares Konzept

- „begleitende Laboranalysen“ [DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Analysen Materialien (Input, Pellets …) im Zshg. mit anderen Arbeitspaketen
  - Ergebnis:
    - Qualitative Ergebnisse als Bewertungsgrundlage

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- „Brennstoffcharakterisierung“ [DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Erarbeitung Inhaltsstoffcharakteristika
    - Bewertung (Untersuchungen, Normen, Literatur)
  - Ergebnis:
    - Inputmaterialien für energetische Verwertung
    - Einschätzung Einsetzbarkeit verschiedener Biomassen

Brennstoffklassen nach DIN EN 14961-6

Parameter	Maßeinheit	Klasse A	Klasse B
Durchmesser	mm	D06 bis D25, D ≤ 1	
Länge	mm	3,15 ≤ L ≤ 40 mm	
Schüttgewicht	kg/m³	≤ 600	
Feinanteil	Ma.-%	≤ 2,0	≤ 3,0
Aschegehalt	Ma.-% (wf)	≤ 0,5	≤ 1,0
Wassergehalt	Ma.-%	≤ 12	≤ 15
Heizwert, Hu	MJ/kg	≥ 14,1 MJ/kg	≥ 13,2 MJ/kg
Stickstoffgehalt, N	Ma.-%	≤ 1,5	≤ 2,0
Schwefel, S	Ma.-%	≤ 0,20	
Chlor, Cl	Ma.-%	≤ 0,20	≤ 0,30

- „Optimierung florafuel-Anlage“ [florafuel]
  - Maßnahmen:
    - Anpassung Anlagentechnik auf Grundlage von Versuchen
    - Beispiel: Anpassung Pelletiereinheit
  - Ergebnis:
    - Optimale Betriebsparameter, Produktverbesserung, Bewertung der Leistungsfähigkeit der Aufbereitung / Optimierung anhand eines Vorher-Nachher-Vergleichs

Inhalte und Schwerpunkte III

Energetische Biomassenutzung

- „Konditionierung und Pelletierung“ [DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Bestimmung der optimalen Brennstoff (z.B. Korngröße, Wassergehalt) und Prozessparameter (z.B. Koller-Matritzen-Abstand, Presskanalgeometrie, Massestrom)
    - Pelletierung aufbereiteter Materialien für Laboranalysen und Verbrennungsversuche im Technikumsmaßstab
    - Erarbeitung Qualitätssicherungssystem
  - Ergebnis:
    - qualitativ hochwertige Pellets und entsprechende Rezeptur zur Pelletherstellung (Additive, Bindemittel, …), QS-System
- „Vergasungs- und Verbrennungsuntersuchung“ [Stadtwerke Rosenheim, DBFZ]
  - Maßnahmen:
    - Anwendung im Klein-/Großmaßstab, Dauerbetrieb
    - Untersuchung Vergasungs- / Verbrennungsverhalten und Emissionsmessung
  - Ergebnis:
    - Bewertung der ökonomischen, ökologischen und technischen Rahmenbedingungen

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Verminderte THG-Emissionen
  - Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen
  - Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen wird vermieden
  - Niedrige Emissionswerte ohne Sekundärmaßnahmen
- Ökonomisch
  - Etablierung regionaler Wertschöpfungsketten
  - Beschäftigungseffekte
  - Exportabsichten

Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Produkte
  - Konzept zur Erfassung der Inputmengen, Erarbeitung von Rezepturen sowie zur flexiblen und bedarfsgerechten Nutzung regional anfallender feuchter Biomasse
  - Angestrebte praktische Umsetzung des technischen Konzeptes
- Übertragbarkeit
  - ein Hauptziel des Projektes ist die regionale Übertragbarkeit
  - Zielgruppen sind Kommunen, Industrieunternehmen, Entsorger
- Transfermaßnahmen
  - Bereitstellung von Informationsmaterial
  - Präsenz auf Messen und Fachkongressen

Ausblick; Forschungs-/Regelungsbedarf

Energetische Biomassenutzung

- Technisch
  - Untersuchungsbedarf bei nicht untersuchten Substraten
  - Optimierung bzw. Anpassung der Brennstoffaufbereitung an existierende Kesselanlagen
  - Testversuche in Verbindung mit Sekundärmaßnahmen (Filter, E-Abscheider etc.)
- Rechtlich
  - Rechtssichere Klärung, wann das Produkt Pellet Abfallregime verlässt (§5 Abs 1 KrWG → Ende der Abfalleigenschaft)
  - Zulässigkeit als Regelbrennstoff gemäß 1. BImSchV

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

IdE Institut dezentrale Energietechnologien · CUBE · e·on Mitte · VIESMANN

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

03KB089: BioPower2Gas

Demonstration und Vergleich von optimal leistungsregelbaren Biogastechnologien

Laufzeit: 01.09.2011 – 31.08.2016

Projekt-Neuvorstellung auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 4: Dirk Filzek, IdE Institut dezentrale Energietechnologien

Motivation und Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Motivation
  - Biogasanlagen als systemstützende Komponente in einem erneuerbaren Energieversorgungssystem
  - Biogasanlagen als Spitzenlastkraftwerke
  - und verschiebbare Last
  - erweiterte Konzepte (Elektrolyseur, Wärmespeicher, Auslegung Gasspeicher und BHKW)

- Ziel:
  - Flexibilisierung:
    - Leistungsregelbare Biogas-, Biomethan und BioPower2Gas-Kraftwerke können gedrosselt oder abgeschaltet werden
    - BioPower2Gas-Anlagen können bei drohender Netzüberlastung zusätzlich Methan produzieren und das Netz entlasten
    - Bei geringer EE-Einspeisung können Versorgungslücken durch eine bedarfsgerechte Stromeinspeisung geschlossen werden

BioPower2Gas

IdE Institut dezentrale Energietechnologien · CUBE · e·on Mitte · VIESMANN

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

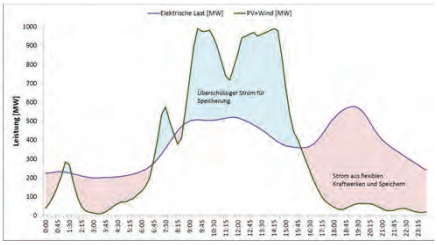
- Analyse und Auslegung der Anlagenkonfiguration für eine bedarfsorientiertes Betriebskonzept:
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Definition von Auslegungskriterien und Betriebsplanung
    - Festlegung von Kriterien, Randbedingungen und Anlagen, sowie anschließende Auswertung
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Auswahl der Versuchsanlage
    - Bericht zur Flexibilisierungsanalyse
    - Planung des Anlagenbetriebs
    - Darstellung des Pilot- bzw. Demonstrationscharakters, der Repräsentativität und der bundesweiten Übertragbarkeit

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Modellierung und Simulation, Geschäftsmodelle und Fahrpläne:
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Modellbildung
    - Validierung der Modelle
    - Programmierung
    - Simulation der Modelle



  - Erwartetes Ergebnis:
    - Betriebsführungsstrategien für den optimalen Einsatz der flexiblen Bioenergie-/Biogasanlagen
    - Erkenntnisgewinn zum Beitrag der Konzepte bzw. Anlagen zur Netzintegration von Windkraft- und PV-Anlagen
    - Ergebnisse für THG-Minderungspotenzial, Emissionsminderung, Klimaeffizienz, Biomassepotentiale und den Beitrag der Konzepte zu den Klimaschutzzielen.

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Inhalte und Schwerpunkte I

Energetische Biomassenutzung

- Umsetzung und Betrieb:
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Messtechnische Evaluierung des Betriebs in der Praxis
    - Biologische Methanisierung, elektrolytisch gewonnener Wasserstoff, CO2- und Methan-Anteil
    - Anbindung einer Technikumsanlage an eine kommerzielle BGA
    - Langzeitversuche zur Prozessstabilität und Effizienz
    - Programmierung und Installation des IKT-Systems
  - Erwartetes Ergebnis
    - Messtechnisch erfasster Betrieb der Anlagen
    - Erkenntnisgewinn zum flexiblen Betrieb von Biogasanlagen und dessen Auswirkung auf das gesamte System der erneuerbaren Energiebereitstellung.
    - Flexible Fahrweise der Demonstrationsanlagen

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- Systemvergleich auf regionaler Ebene und Evaluation:
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Simulation von Anlagentypen bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen
    - Kennzahlenbasierte Regions- und Anlagenanalyse zur Hochrechnung und Übertragung
    - Algorithmus zur Gesamtoptimierung unter Berücksichtigung mehrerer Kriterien
  - Erwartetes Ergebnis:
    - Simulation des Anlagenbetriebs mit unterschiedlichen Betriebsweisen
    - Gesamtoptimierung nach priorisierendem Algorithmus
    - unter Berücksichtigung von Netzaspekten, Treibhausgasreduktion, Potenzialen, Wirtschaftlichkeit und Effizienz
    - Empfehlung zur Weiterentwicklung des Rechtsrahmens

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Inhalte und Schwerpunkte II

Energetische Biomassenutzung

- Demonstrationsanlage
  - Systeme:
    - Biomethan-Erzeugung mit BioPower2Gas-Verfahren
    - Flexible Stromerzeugung mit Biomethan-BHKW mit Wärmespeicher
    - Flexible Biogasanlage mit Wärme- und Gasspeicher
  - Erwartetes Ergebnis
    - Nachweis der Funktionalität
      - Erhöhung des Methanoutputs durch Wasserstoffeinspeisung
      - Leistungserhöhung des BHKWs durch zusätzliches Methan über BioPower2Gas
      - Netzentlastung durch Elektrolyse für Power2Gas

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Nachhaltigkeitsaspekte im Vorhaben

Energetische Biomassenutzung

- Ökologisch
  - Vergleich der THG-Wirkung
  - Integrationswirkung
  - Substitutionswirkung
- Ökonomisch
  - Vermeidungskosten (in €/t-CO2-Äuq. Betriebswirtschaftlich kalkuliert ohne Fördermaßnahmen)
  - Beschäftigungseffekte (10 Personen pro Anlage und Jahr) erwartet
  - Verbesserung der regionalen Wertschöpfung durch Biogasanlagen
- Sozial
  - Aspekte von Akzeptanz und Partizipation

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Erwartete Produkte und Übertragbarkeit

Energetische Biomassenutzung

- Erwartete Produkte
  - Neues Methanisierungsverfahren
  - Systemerweiterung für Biogasanlagen (Elektrolyseur/Speicher)
  - Teilnahme an verschiedenen Energiemärkten (z.B. Regelenergiemarkt u.a.)
  - Steuerungssoftware
  - Simulationsmodelle, -Software, Optimierungswerkzeuge
- Übertragbarkeit
  - Breitenanwendung in über 7000 deutschen Biogasanlagen möglich
  - Erstellung von Regionalmodellen für 100ee-Regionskonzepte
  - Positive Auswirkungen auf den Betrieb des Stromnetzes, bzw. auf die Netzbelastung
- Transfermaßnahmen
  - Vernetzung mit anderen Projekten
  - Einbindung in die universitäre Lehre

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

- Forschungsbedarf
  - Beitrag unterschiedlicher flexibler Betriebskonzepte für EE-Integration mit einer Verstetigung der EE-Erzeugung und THG-Einsparung
- Technologische Veränderungen bis 2030
  - Erwartet wird, dass Biogasanlagen zur bedarfsgerechten Stromerzeugung eine breite Anwendung in der Energieerzeugung finden um eine erfolgreiche Netzintegration EE zu gewährleisten.
  - Auch die BioPower2Gas Technologie besitzt Potential dafür ein wesentlicher Bestandteil des Gesamtenergiesystems zu werden.

BioPower2Gas IdE Institut dezentrale Energietechnologien CUBE e·on Mitte VIESMANN

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

KOMPETENZFELD ERNEUERBARE ENERGIEN
Hochschule Ingolstadt

UTS

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

03KB061: BioStrom

Steuerbare Stromerzeugung mit Biogas

Laufzeit: 01.06.2011 – 31.05.2014

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 4: Georg Häring, M.Phil. Matthias Sonnleitner,

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Bestehende Biogasanlagen in die Lage versetzen, steuerbar Strom zu erzeugen
  - Erarbeitung verschiedener Lösungskonzepte hinsichtlich steuerbarer Stromerzeugung durch Simulationsrechnungen
  - Umsetzung eines Konzepts an einer bestehenden Biogasanlage
  - Verifikation von Simulation und praktischem Anlagenbetrieb

Grundlage für deutschlandweite Umbaumaßnahmen an bestehenden und zukünftigen Biogasanlagen

Faulstich M. (2011) Energiespeicher als notwendige Voraussetzung für die Integration der erneuerbaren Energien ins Strommetz, Kongress *„Energiespeicher – Technologie für die zukünftige Stromversorgung"*, 30.06.2011

Zwischenstand I

Energetische Biomassenutzung

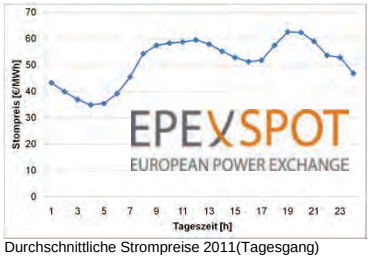
- Analyse Stand der Technik und Potenziale – Handlungsfelder und Rahmenparameter der steuerbaren Stromerzeugung durch Biogas
  - Zwischenergebnis
    - Analyse des Bedarfs an steuerbarer Stromerzeugung

Steuerinstrumente, die den „Fahrplan“ vorgeben?

Markt

- Spotmarkt EPEX Spot SE
  - Day-ahead-Auktion
  - Intraday-Markt

Strommarkt bildet nicht regionale residuale Last ab



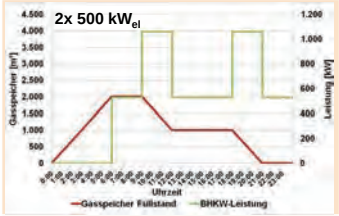
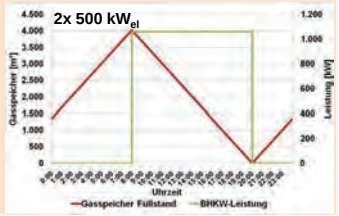
Durchschnittliche Strompreise 2011(Tagesgang)

EPEX SPOT SE (2012) [Online Bild] Verfügbar bei: www.epexspot.com [Zugriff: 25.01.2012]

Zwischenstand II

Energetische Biomassenutzung

- Entwicklung und Simulation von Lösungskonzepten zur steuerbaren Stromerzeugung
  - Methodik / Maßnahmen
    - Komponentenübergreifende dynamische Simulationsrechnungen von Gesamtkonzepten
  - Zwischenergebnis
    - Für einen wirtschaftlichen steuerbaren Betrieb von Biogasanlagen ist eine Gasspeichererweiterung nicht immer notwendig bzw. sinnvoll

ohne Gasspeichererweiterung	mit Gasspeichererweiterung
	
max. Versch. der Stromerzeugung: **6 h**	max. Versch. der Stromerzeugung: **12 h**
mögliche zusätzliche Einnahmen aus Stromvermarktung*: **26.660 €/a**	mögliche zusätzliche Einnahmen aus Stromvermarktung*: **28.420 €/a**

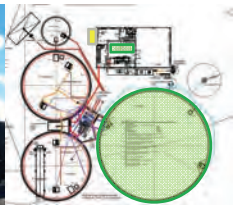
*** Mögliche zusätzliche Einnahmen durch Direktvermarktung gegenüber der herkömmlichen EEG-Vergütung. Annahmen: *EPEX Spot* Durchschnitt 2011; Managementprämie: 0,00275 €/kWh$_{el}$ (2013); Gewinnbeteiligung Stromvermarkter: 30 %**

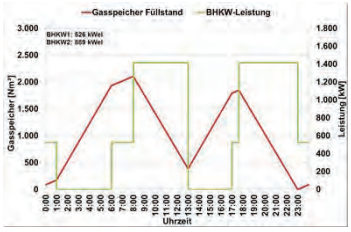
Zwischenstand III

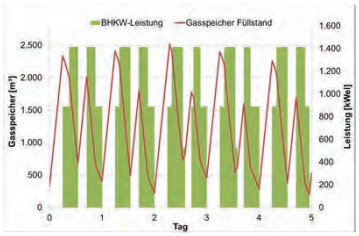
Energetische Biomassenutzung

- Implementierung eines Konzeptes zur steuerbaren Stromerzeugung
  - Methodik / Maßnahmen
    - Umrüstung der Biogasanlage „Zellerfeld“

Biogasanlage Zellerfeld		
Standort	Egling a.d. Paar	
Bemessungsleistung	700 kW_{el}	
Installierte Leistung	1.415 kW_{el} (526 + 889)	
Nutzbarer Gasspeicher	2.700 m³	
Substrateinsatz	Rindergülle Grünroggen (GPS) Mais (GPS) Zuckerrüben	10 % 15 % 55 % 20 %



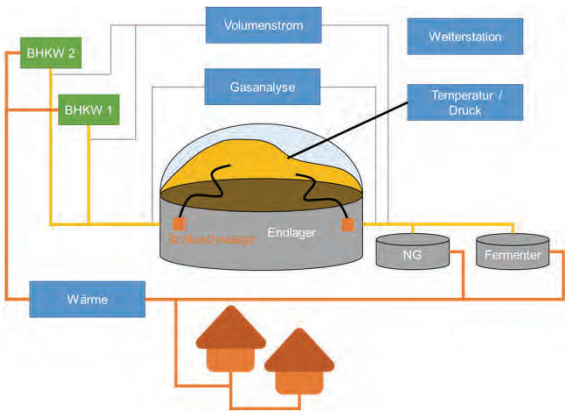




Zwischenstand IV

Energetische Biomassenutzung

- Implementierung eines Konzeptes zur steuerbaren Stromerzeugung
  - Methodik / Maßnahmen
    - Installation von Messtechnik
    - Monitoring



- Bilanzierung Gasspeicher
  - Gaszusammensetzung vor und nach Gasspeicher
  - Ein- und ausgehende Volumenströme
  - Normierung des Gasspeicherinhalts
- Wetterdaten
  - Sonneneinstrahlung
  - Wind
- Bilanzierung Wärme

Forschungs-/Regelungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

Aktueller Forschungsbedarf

- Demonstration der steuerbaren Stromerzeugung
- Steuerung der Gaserzeugung in der Praxis
- Technologien zur Füllstandüberwachung von Gasspeichern

Aktueller Regelungsbedarf

- Rechtssicherheit, Bestandsschutz
- Kontinuität in der Gesetzgebung
- Anpassung Flexibilitätsprämie (140 €)
- Strommarktreform

Signifikante technologische Veränderungen bis 2030

- Veränderte Flexibilitätsanforderungen (Woche, Monat, Jahr)
- Power to Gas

Vernetzungsaktivitäten im Förderprogramm und darüber hinaus

Energetische Biomassenutzung

- Im Rahmen des Förderprogramms
  - AG 2a *Technologien – Gasförmige Bioenergieträger*
  - AG 4 *Systemintegration*
  - Beiträge zu Wissenstransfermaßnahmen
    - Europäische Biomasse Conference (EUBC), Hamburg, 2014
- Im Rahmen des Vorhabens
  - Technologie-Workshops
    - BHKW-Hersteller, Gasspeicher-Hersteller
  - Stromnetz-Workshop
    - Stromvermarkter, Verteilnetzbetreiber, Übertragungsnetzbetreiber
- Außerhalb des Vorhabens
  - Biogasforum Bayern
    - Fachinformation „Technische Anforderungen an Biogasanlagen für die flexible Stromerzeugung“
  - *IBBK/FnBB*
  - Regeneratives Energienetzwerk Region Ingolstadt *RegIN*⁺

Ausblick – Weiteres Vorgehen

Energetische Biomassenutzung

- Nächsten Schritte
  - Fortführung der Simulationsarbeiten → Verallgemeinerung, Verifizierung
  - Implementierung eines Konzeptes zur steuerbaren Stromerzeugung
    - Methodik / Maßnahmen
      - Betrieb der steuerbaren Stromerzeugung
      - Monitoring

- Transfermaßnahmen
  - National
    - Jahrestagung *Fachverband Biogas* 2013, Bremen
    - Biogas-Innovationskongress 2013, Osnabrück (*DBU*)
    - Flexible Strombereitstellung aus Biogas, Berlin (*DBFZ*, *IZES*)
    - Biogas in der Landwirtschaft, Kassel (*KTBL*)
  - International
    - Europäische Biomasse Conference 2013 (EUBC), Kopenhagen
    - Bioenergy 2013, Jyväskylä (Finnland)

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Gefördert durch

Koordiniert vom

Wissenschaftlich begleitet vom

FKZ-Nr.: 03KB065 / 03MAP230

Meilensteine 2030 / Detailstudie

Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen nachhaltigen Bioenergiestrategie

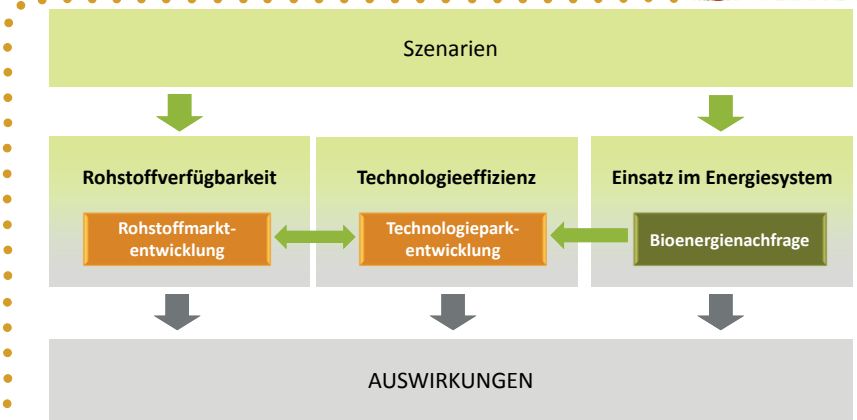
Laufzeit: 01.01.2012 – 28.02.2014
01.08.2012 – 31.07.2014

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe Systemische Aspekte der Bioenergie: Oliver Arendt, DBFZ

Projektziele

Energetische Biomassenutzung



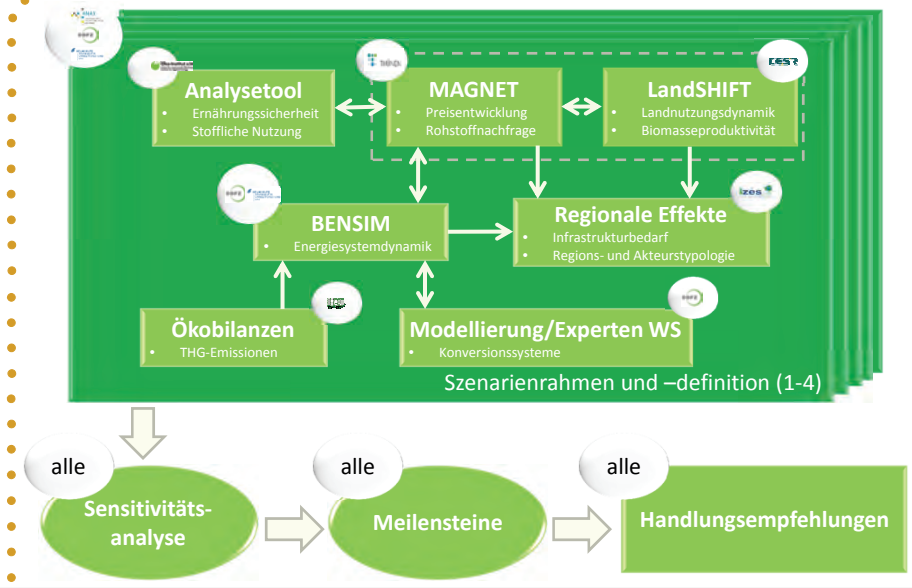
→ Wie viel Biomasse ist künftig zu welchen Bedingungen und Einsatz welcher Technologien für die energetische Nutzung verfügbar?

→ Welche Wirkungen auf Innovation, Umwelt und Infrastrukturen gehen von den verschiedenen Bioenergieoptionen aus? → Wie kann ein robustes Zusammenspiel der Technologien aussehen?

Quelle: Diskussionspapier Meilensteine 2030

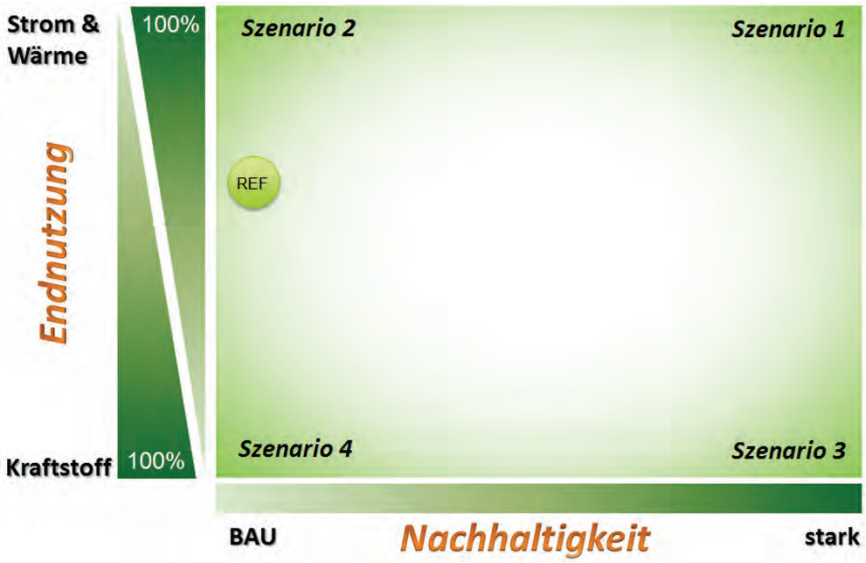
Modellverbund

Energetische Biomassenutzung



Zwischenstand Szenarien

Energetische Biomassenutzung



Zwischenstand Technologien

Energetische Biomassenutzung

SIMULATION des Wettbewerbs

zwischen relevanten Bioenergietechnologien bis 2050 in Deutschland

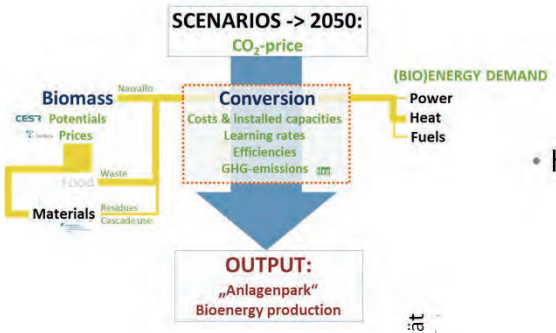
unter Berücksichtigung von Ökonomie & Ökologie

	Kraftstoff	Strom / Wärme
Heute		
Zukunft		

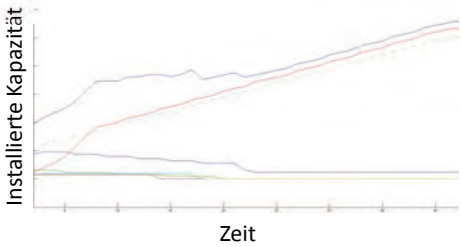
ÖKOLOGIE ÖKOLOGIE

Zwischenstand Technologien - BENSIM

Energetische Biomassenutzung



- Modellierung
- Kalibrierung
- Sensitivitätsanalysen
- Handlungsempfehlungen



Quelle: Millinger 2013

Stellschrauben und offene Punkte

Energetische Biomassenutzung

- Rohstoffe
  - Intensitäten, Reststofferschließung, Importe
- Technologien
  - Entwicklung des Energiesystems (Nachfrage, Speicher)
  - Technologieverfügbarkeit
- Landnutzung
  - Landnutzungsänderungen, Flächenrestriktionen
- Umweltwirkungen
  - nationale /internationale Prioritäten
- Lebenswelten, Akzeptanz…

Vernetzungsaktivitäten im Förderprogramm und darüber hinaus

Energetische Biomassenutzung

- Politischer Begleitkreis
  - Vertreter von BMU, BMELV, BMVBS, BMBF, BMWi
    - Treffen 08/2012, 03/2013
- Wissenschaftlicher Beirat
  - u.a. BfN, WBGU, FNR, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, IFW – Kiel, UBA, PIK Potsdam
    - Treffen 01/2013
- Förderprogramm
  - Side-Event am 13.11.2013
  - DLR-Workshop Szenarien/Technologien
  - KomInteg (03KB066)
  - → Kooperationswunsch/Anknüpfung: FKZ u.a. 03KB010; 03KB012, 03KB016; 03KB018; 03KB022; 03KB039; 03KB070
- FNR-Projekt: Auswirkungen steigender Nachfrage nach Biomasse auf die Agrarmärkte Deutschlands (FKZ 22002712; TI, Banse)
- Internationale Konferenz (nächstes Jahr)

Ausblick – Weiteres Vorgehen

Energetische Biomassenutzung

- Nächste Schritte
  - Modelläufe (BENSIM, MAGNET, LandSHIFT)
  - Bereitstellung der Daten im Projektverbund (Auswirkungen)
  - Sensitivitätsanalysen
  - Ergebnisformulierung
  - Politikempfehlung
- Transfermaßnahmen
  - Abschlusskonferenz 06/2014
  - Diskussionspapiere
  - Abstimmung Kraftstoffstrategie des Bundes

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

izes gGmbH

Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

03KB066 A-C KomInteg

Nachhaltige Integration von Bioenergiesystemen im Kontext einer kommunalen Entscheidungsfindung

Laufzeit: 01.10.2012 – 30.09.2014

Zwischenfazit auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 4: Florian Noll, Cornelia Vogler, IZES gGmbH

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Berücksichtigung unterschiedlicher ***kommunaler Ausgangssituationen*** („Kommunen-Cluster“)
- Beschreibung von ***Entscheidungskompetenzen*** seitens der Kommune („Zwiebelmodell“) sowie des ***rechtlichen Rahmens***
- Aufzeigen der erforderlichen ***Strukturen*** und ***Aufgabenbereiche*** für Kommunen zur Umsetzung von Bioenergieprojekten
- Ermittlung der ***Interessenslagen*** bei kommunalen Akteuren
- Hilfestellung zur Wahl geeigneter technischer Ansätze („***Technologie-Tool***“)
- Darstellung von ***Wechselwirkungen*** beim Einsatz von Bioenergiesystemen im kommunalen Rahmen
- ***Handlungsempfehlungen*** für den Bereich Bioenergie zur Erreichung der nationalen Zielsetzung zum Klimaschutz im Kontext kommunaler Entscheidungen
- Beitrag zur Entwicklung einer konsistenten, sektorübergreifenden ***Biomassestrategie***

Zwischenstand I

Energetische Biomassenutzung

Nationale Vorgaben als Grundlage kommunalen Handelns / Rechtlicher Rahmen sowie nationale Energieszenarien

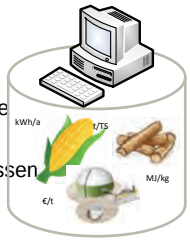
- Methodik:
  - Szenarienanalyse mit Schwerpunkt Bioenergienutzung
  - Literaturrecherche (Rechtstexte, Sekundärliteratur, graue Literatur)
  - Leitfaden gestützte Interviews und Workshop (Akteure aus Wirtschaft, Verbandswesen, Wissenschaft, Kommunen)
- Zwischenergebnis: Identifikation potentieller rechtlicher Hebel für Kommunen (anhand erster Bespiele):
  - Wärmebereich / EEWärmeG: **Optimierung der Wärmeplanung**, z.B. durch Erstellung kommunaler Wärmekataster oder Wärmeversorgungspläne, Festlegung von Vorranggebieten für Fernwärme
  - Bioabfall / Abfallrecht: **Novelle der Bioabfallordnung** durch Erweiterung des Handlungsspielraumes für Kommunen (z.B. bei der Verwertung von Klärschlamm / Deponiegas, höhere Standards für abfallrechtliche Vorgaben)
  - Anlagenbau / Bauordnungsrecht: Einbezug von Vorschriften für **Bestandsanlagen**

Zwischenstand II

Energetische Biomassenutzung

Technologie-Tool zur Wahl technischer Ansätze

- Methodik / Maßnahmen:
  - Literaturrecherche
    - Erstellen einer Technologie- und Substratdatenbank
    - Verknüpfung durch mögliche Nutzungs- und Konversionspfade
  - Experteninterviews zur Validierung und Ergänzung
    - Berücksichtigung von technischer Verfügbarkeit und Hemmnissen
    - Datenaufbereitung
  - Feinabstimmung und Verknüpfung mit Kommunen-Cluster



- Zwischenergebnis:
  - Technologieset / **Hintergrunddatenbank** mit Daten zu ca. 90 Inputsubstraten und rund 30 Technologien als Basis für ein semi-automatisches Entscheidungshilfe-Tool zur Integration der Biomassekonversion in kommunale Strukturen
  - Mehrstufiges Abfrageraster in Bearbeitung
    - Durch den Anwender individualisierbare Default-Werte, abgeleitet aus den Kommunen-Clustern, erlaubt eine Anpassung an regionale Gegebenheiten
    - Ziel: Möglichst kommunenscharfer Konversionspfad, Hinweise auf Hemmnisse und mögliche Wechselwirkungen

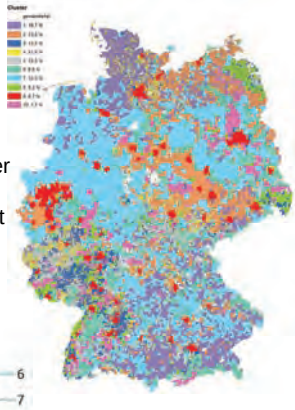
Zwischenstand III

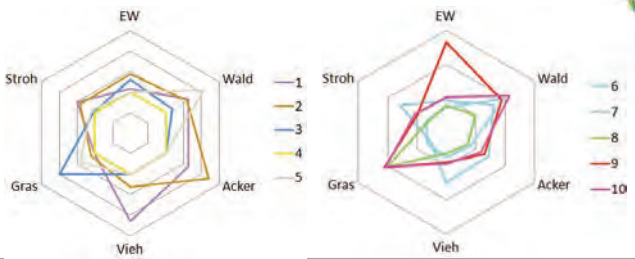
Energetische Biomassenutzung

Kommunen-Cluster und Energiemodelle

- Methodik / Maßnahmen:
  - Deskriptive Statistiken
  - Agglomeratives hierarchisches Clustering (AHC)
- Zwischenergebnis:
  - Erstellung einer **Datenbank** auf Gemeindeebene mit über 70 verschiedenen Indikatoren zu Biomasse-Potenzialen, Energieverbrauch, Siedlungsstruktur und Wirtschaftskraft
  - Entwicklung von **10 Kommunen-Clustern** und entsprechender Energiemodelle 2010 bis 2030

Quelle Geodaten des Bundes, bearbeitet durch IZES gGmbH 2013





Forschungsbedarf aktuell & 2030

Energetische Biomassenutzung

Aktueller Forschungsbedarf

- Analyse des EE- und KWK-Anlagenbestands auf kommunaler Ebene, v.a. im Wärmebereich (z.B. BAfA)
- Evaluierung von Förderprogrammen im Wärmemarkt
- Leitfaden zur Erstellung eines kommunalen / regionalen Wärmekatasters
- Analyse der Wärmeversorgungsstrukturen in Kommunen
- Analyse der Auswirkungen von Haushaltssicherungskonzepten auf die Integration von Bioenergiesystemen
- Evaluation gescheiteter Konzepte zur Umsetzung regionaler Bioenergieprojekte

Signifikante technologische Veränderungen bis 2030

- Keine fundierte Aussage möglich. Zu viele variable Faktoren spielen mit in die technologische Entwicklung. Das wichtigste wird eine ***verlässliche politische Rahmengesetzgebung*** sein.
- Signifikant könnte die Ethanolerzeugung der 2. Generation sowie der 3. Generation werden.

Vernetzungsaktivitäten im Förderprogramm und darüber hinaus

Energetische Biomassenutzung

- Meilensteine 2030
  - Prüfung der Integration der Meilensteine-2030-Szenarien in die im KomInteg-Projekt entwickelten Kommunen-Cluster
  - Analyse der regionalen Implikationen der Forderungen im Meilensteine-2030-Projekt aus regionaler bzw. kommunaler Sicht
- Begleitforschung Bioenergie Regionen 2012/2015
  - Hemmnisse der Umsetzung von Bioenergie-Projekten
  - Erforderliche Strukturen und Netzwerke zur erfolgreichen Implementierung
- Klimaschutzplan NRW
  - Verbesserung der THG-Effizienz bei der Nutzung Nachwachsender Rohstoffe (z.B. Kaskadennutzung von Biomasse, verstärkte energetische Nutzung von biogenen Rest- u. Abfallstoffen)
  - Vergärung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen

Vernetzungsaktivitäten im Förderprogramm und darüber hinaus

Energetische Biomassenutzung

- Energetische Biomassenutzung AG 2: Gasförmige Bioenergieträger
  - Diskussion technologiespezifischer Aspekte (z.B. Technologiebewertung, Energie- und Stoffbilanzierung, Effizienzbestimmung), Messverfahren und Möglichkeiten zur Harmonisierung und Referenzierung
- Leitfaden Biomethan BHKW-direkt
  - Umsetzung und Kommunikation eines Leitfadens für mit Biomethan betriebene Blockheizkraftwerke gemäß EEG
  - Direktvermarktung und der bedarfsgerechten Erzeugung
- Demotreber
  - Entwicklung eines Verfahrenskonzepts zur kombinierten Verbrennung und Vergärung von nassen, faserhaltigen Reststoffen wie Biertrebern
  - Thermochemische Biomassevergasung und Synthesegasbereitstellung
- Repowering
  - Evaluierung der Repowering-Potenziale bestehender Biogasanlagen und Erarbeitung von Konzepten zur Ausschöpfung sowie Szenarienbetrachtung
- Bioabfallmethan
  - Optimierte energetisch-stoffliche Nutzung biogener Abfälle in Deutschland

Ausblick – Weiteres Vorgehen

Energetische Biomassenutzung

nationale Ebene

Analyse der Wechselwirkungen sowie der Hemmnisse (Strukturen, rechtlicher Rahmen, Interessen,…)
Ziel: Politikberatung

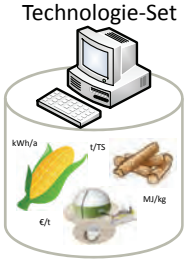
Transfer:
- Workshops
- Konferenz

Kommunen-Cluster

Handlungs-empfehlungen

Clusterspezifische Evaluation

Technologie-Set



Abfragemaske

Spezifische Anpassung der Default-Werte über Online-Abfragemaske

Entscheidungs-hilfe

Ziel: Beeinflussung der kommunalen Entscheidungsfindung

Anwender-Tool

kommunale Ebene

Ausblick

Energetische Biomassenutzung

Wärmemarkt / kommunale Planungsinstrumente

- Methodik / Maßnahmen:
  - Auswertung Forschungs- und Projektberichte sowie sonstigen Literaturquellen
  - Analyse von Wärmebedarfsszenarien in Deutschland
  - Interview/ Austausch mit Wärmenetzbetreibern, Workshop-Gestaltung im Feb. 2014
- Arbeitspensum:
  - Analyse der kommunalen Entscheidungs- und Handlungsspielräume
  - Kommunale Selbstverwaltung: Verpflichtung zur Daseinsvorsorge
    - Ist Wärme Teil der Grundversorgung? Warum eigentlich nicht?
    - Welche Indikatoren (wirtschaftl., soziale…) sind wichtig bei einer Projektplanung?
  - Wärmenetze als Fokusthema
    - Aktueller/ zukünftiger Stellenwert von Nahwärmenetzen
    - Kommune als Initiator / Investor / Teilnehmer einer privaten Initiative / …
    - Wärmekataster als Senken- und Quellenanalyse auf kommunaler Ebene
    - Rechtliche Erleichterung: Flächennutzungsplan, Genehmigung
    - Hemmnisse: Planung, Finanzierung, Akzeptanz, Politische Tragfähigkeit

Ausblick – Zusatzfolie

Energetische Biomassenutzung

- Analyse der Wechselwirkungen in den Kommunen-Cluster im Hinblick auf die vorhandenen Bioenergie-Technologien
  - Anwendung des Technologie-Tools auf die entwickelten Cluster
  - Analyse der technischen, ökologischen und sozio-ökonomischen Wechselwirkungen anhand eines abgestimmten Kriterienkatalogs
  - Analyse der Hemmnisse (Zuständigkeiten, Strukturen, rechtlicher Rahmen, Interessenslagen, vorhandene Finanzierungs- und Planungsinstrumente)
  - Ableitung von Handlungsempfehlungen auf nationaler Ebene
- Transfermaßnahmen
  - Workshop „Rechtlicher Rahmen“ bereits im September 2013
  - Workshop „Regionale Effekte / Wärmenetze“, Februar 2014
  - Workshop „Kommunale Planungsinstrumente“, Mai 2014
  - Abschlussveranstaltung im Rahmen einer Konferenz, September 2014

Zwischenstand - Zusatzfolie

Energetische Biomassenutzung

Vorgaben nationaler Energieszenarien

- Anstieg der energetischen Nutzung heimischer Biomasse ist möglich bzw. nötig (von heute knapp 1.100 PJ auf rund 1.500 PJ in 2030)
- Großer Teil des Anstiegs über verstärkte Reststoff-Nutzung
- Weiterer Anstieg der Biomassenutzung für Erzeugung von Wärme und Strom wird erwartet
- Ausmaß der künftigen Biokraftstoffnutzung, wie auch Menge des (nachhaltig verfügbaren) Biomasseimports ist unklar bzw. umstritten
- Fokus der heimischen Biomassenutzung sollte auf hoher Effizienz liegen, insbesondere durch verstärkten KWK-Einsatz
- Dabei ist zu berücksichtigen, dass (v. a. Raum-) Wärmebedarf in Zukunft deutlich rückläufig sein wird
- Sofern die Nutzung der Wärme bei Stromerzeugung nicht möglich/wirtschaftlich ist, sollte über Biomethan-Bereitstellung/Netzeinspeisung nachgedacht werden (ermöglicht KWK-Nutzung an anderem Ort)

Energetische Biomassenutzung

Das Vorhaben wird bearbeitet von

BBE Bundesverband BioEnergie e.V.

C.A.R.M.E.N.

Gefördert durch

Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom

PtJ

Wissenschaftlich begleitet vom

DBFZ

03KB040: BioKommunal

„BioKommunal –
Aufbau eines bundesweiten kommunalen Bioenergie-Netzwerks und Mobilisierungsmaßnahmen für einen verstärkten Einsatz von Bioenergie in Kommunen“

BioKommunal

Laufzeit: 01.09.2010-31.08.2013
(Vortragender: Dipl.-Volkswirt Bernd Geisen)

Präsentation der Endergebnisse auf der
5. Statuskonferenz, Leipzig, 15.11.2013

Arbeitsgruppe 4: Bernd Geisen, Bundesverband BioEnergie e.V. (BBE)

Projektziele

Energetische Biomassenutzung

- Aufbau eines bundesweiten Netzwerks für Bioenergie-Kommunen
- Initiierung von Mobilisierungsmaßnahmen für einen verstärkten Einsatz von Bioenergie in Kommunen
- Fokussierung auf mittlere, größere und städtische Kommunen
- Mobilisierung von insb. biogenen Reststoffen und Bioabfällen in diesen Kommunen
- Fokussierung auf innovative Technologien mit Multiplikator-Effekt
- Einbezug von geeigneten F&E-Projekten aus dem BMU-Förderprogramm „Optimierung der energetischen Biomassenutzung“

Aufgabe, Methodik, Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Arbeitspaket 1: Einrichtung eines Projektbeirates
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Einbindung der kommunalen Spitzenverbände als ideelle Partner
    - Einbindung der relevanten Bundesministerien: BMU / BMELV / BMBF
    - Einbindung wichtiger Netzwerkpartner: DBFZ / DIFU / PtJ / AEE / deENET
  - Zwischenergebnis:
    - 1. Projektbeiratssitzung am 09.12.2010 in Berlin
    - 2. Projektbeiratssitzung am 30.06.2011 in Berlin
    - 3. Projektbeiratssitzung am 28.06.2012 in Berlin
    - 4. Projektbeiratssitzung am 27.08.2013 in Berlin
- Arbeitspaket 1: Bundesweite Online-Fragebogenaktion „Bioenergie für Kommunen
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Online-Fragebogen vom 16.02. – 01.04.2011 frei geschaltet
    - 2-maliger Mail-Hinweis an einen kommunalen E-Mail-Verteiler mit insgesamt 10.000 kommunalen E-Mail-Adressen im Befragungszeitraum
  - Zwischenergebnis:
    - Online-Fragebogen hatte einen Rücklauf von 588 gültigen Fragebögen
    - Rückläufe quantitativ und qualitativ sehr gut
    - Alle Ergebnisse der Fragebogenaktion unter www.biokommunal.de

Aufgabe, Methodik, Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Arbeitspaket 2: Road-Show „Bioenergie für Kommunen"
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Road-Show „Bioenergie für Kommunen“ wird als dauerhafte Informations- und Austauschplattform für kommunale Initiativen etabliert
    - Entscheidungsträger aus der Kommunalwirtschaft erhalten „Rüstzeug“, Ideen, Anregungen und Motivation für regionale Bioenergie-Projekte
    - Erfahrungsaustausch kommunaler Akteure
    - Best-Practice-Fallbeispiele erzeugen Multiplikatoreffekte

Aufgabe, Methodik, Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Ergebnisse:
  - **BBE-Praxisseminare „Bioenergie für Kommunen – Clevere Lösungen für dezentrale Energieanwendungen“ in 2011:**
  - 28.09.2011 im Rahmen **des 3. Kongresses 100% Erneuerbare-Energie-Regionen** in Kassel (www.100-ee-kongress.de) (40 Teilnehmer)
  - 13.10.2011 im **Energiekompetenzzentrum Engelskirchen** (40 Teilnehmer)
  - 20.10.2011 im Rahmen der kommunalen Messe **Kommunale 2011** vom 19. bis 20.10.2011 in Nürnberg **(**www.kommunale.de**)** (50 Teilnehmer)
  - 15.11.2011 im Rahmen der kommunalen Messe **KomZu 2011** in Idar-Oberstein (www.komzurlp.de) (50 Teilnehmer)
  - 6 Vorträge mit Präsentation von „BioKommunal“ auf geeigneten Veranstaltungen (630 Teilnehmer)

Aufgabe, Methodik, Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Ergebnisse:
  - **BBE-Praxisseminare „Bioenergie für Kommunen – Clevere Lösungen für dezentrale Energieanwendungen“ in 2012:**
  - 26.09.2012 im Rahmen **des 4. Kongresses 100% Erneuerbare-Energie- Regionen** in Kassel (www.100-ee-kongress.de) (40 Teilnehmer)
  - 24.10.2012 im Rathaus der Stadt Geldern (Niederrhein) (www.biokommunal.de) (35 Teilnehmer)
  - 08.11.2012 im Rahmen der kommunalen Messe **Stadt-Land-Umwelt Schleswig-Holstein 2012** vom 07. bis 08.11.2012 in Kiel **(**www.biokommunal.de**)** (30 Teilnehmer)
  - 14.11.2012 im Rahmen der kommunalen Messe **BioEnergy Decentral 2012** in Hannover (www.bioenergy-decentral.com) (45 Teilnehmer)
  - 6 Vorträge mit Präsentation von „BioKommunal“ auf geeigneten Veranstaltungen (600 Teilnehmer)

Aufgabe, Methodik, Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Ergebnisse:
  - **BBE-Praxisseminare „Bioenergie für Kommunen – Clevere Lösungen für dezentrale Energieanwendungen“ in 2013:**
  - 29.01.2013 im Rahmen **des enertec 2013** in Leipzig (www.enertec-leipzig.de) (40 Teilnehmer)
  - 11.04.2013 im Rahmen des 3. Kongresses Energieautonome Kommunen in Freiburg (www.energieautonome-kommunen.de) (35 Teilnehmer)
  - 4 Vorträge mit Präsentation von „BioKommunal“ auf geeigneten Veranstaltungen (400 Teilnehmer)

Aufgabe, Methodik, Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Arbeitspaket 3: Lehr- und Demonstrationsfahrten „Bioenergie für Kommunen"
- Methodik / Maßnahmen:
  - Durchführung von 6 Lehr- und Demonstrationsfahrten „Bioenergie für Kommunen“ (jeweils 2 in 2011, 2012 und 2013)
  - Zielgruppe: Kommunale Entscheidungsträger, Presse
  - Eintägige Bus-Exkursion zu ausgewählten Bioenergieanlagen und kommunalen und regionalen Best-Practice-Fallbeispielen mit hohen Innovationspotential
  - Einbezug von Best-Practice-Fallbeispielen aus dem BMU-Förderprogramm „Optimierung der energetischen Biomassenutzung“, der kommunalen Klimaschutzinitiative des BMU, dem BMELV-Wettbewerb „Bioenergie-Regionen“ sowie der ideellen Kooperationspartner und anderen geeigneten F&E-Projekten
  - Vermittlung von fachspezifischen Informationen und Materialien

Aufgabe, Methodik, Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Ergebnisse:
  - **BBE-Lehr- und Demonstrationsfahrten „Bioenergie für Kommunen – Clevere Lösungen für dezentrale Energieanwendungen“ in 2011:**
  - 14.10.2011 im Bergischen Kreis ab Engelskirchen im Anschluss an das BBE-Praxisseminar am 13.10.2011 (25 Teilnehmer)
  - 16.11.2011 in Rheinland-Pfalz und Saarland im Anschluss an die kommunale Messe **KomZu 2011** und das BBE-Praxisseminar am 15.11.2011 in Idar-Oberstein (25 Teilnehmer)
  - **BBE-Lehr- und Demonstrationsfahrten „Bioenergie für Kommunen – Clevere Lösungen für dezentrale Energieanwendungen“ in 2012:**
  - 25.10.2012 in der Region Niederrhein ab Geldern im Anschluss an das BBE-Praxisseminar am 24.10.2012 (45 Teilnehmer)
  - 09.11.2012 in Schleswig-Holstein ab Kiel im Anschluss an die kommunale Messe **Stadt-Land-Umwelt Schleswig-Holstein 2012** und das BBE-Praxisseminar am 08.11.2012 in Kiel (45 Teilnehmer)
  - **BBE-Lehr- und Demonstrationsfahrten „Bioenergie für Kommunen – Clevere Lösungen für dezentrale Energieanwendungen“ in 2013:**
  - 12.04.2013 im Rahmen des 3. Kongresses Energieautonome Kommunen in Freiburg (www.energieautonome-kommunen.de) (35 Teilnehmer)
  - 03.07.2013 in Bayern im Anschluss an das C.A.R.M.E.N.-Symposium 2013 ab Rosenheim (35 Teilnehmer)

Aufgabe, Methodik, Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Arbeitspaket 4: Internet-Informationsangebot
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Ankündigung, Bewerbung, Veröffentlichung und Dokumentation der Fragebogenaktion und des Online-Abfragesystems
    - Ankündigung, Bewerbung und Dokumentation der Road-Show „Bioenergie für Kommunen“ mit Hintergrundinformationen
    - Ankündigung, Bewerbung und Dokumentation der Lehr- und Demonstrationsfahrten „Bioenergie für Kommunen“ mit Hintergrundinformationen
    - Ankündigung, Bewerbung und Dokumentation der kommunalen Bioenergie-Bundesliga und des kommunaler Bioenergie-Preises, Veröffentlichung der Ergebnisse
    - Projektbegleitende Öffentlichkeitsarbeit durch Pressemitteilungen, Pressegespräche
    - Informationsaufbereitung und Verlinkung zu themenrelevanten Internet-Informationsseiten
  - Zwischenergebnis:
    - Allgemeine Darstellung des Projektes (Projektsteckbrief): www.energetische-biomassenutzung.de/de/biokommunal
    - Ausführliche Projekt-Internetseite unter: www.biokommunal.de und www.bioenergie-bundesliga.de

Aufgabe, Methodik, Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- **Arbeitspaket 4: Internet-Informationsangebot**
- **Webseiten-Nutzung: Hits insgesamt und Downloadrate**

- Durchschnittlich ca. **12.300 Hits und 1.820 Besucher** auf der Webseite pro Monat über die Phase der Online-Präsenz von März 2011 – Juli 2013
- Download von über **15 Gigabyte** Datenmenge (März 2011 – Juli 2013)
  -> Präsentationen und Programmabläufe der Praxisseminare und Lehrfahrten
- Hochphasen der Nutzung während der Fragebogenphase (März/April 2011) und kurz vor und nach dem Zeitraum mit Praxisseminar und Lehrfahrten-Terminen:

  - Sept. – November 2011
  - Sept. – November 2012
  - Jan. – Juli 2013

- **Nutzung der Webseite**:

- Download der Präsentationen
- Anmeldung zu den Seminaren und Lehrfahrten
- Ergebnispräsentation
- Fragebogenergebnisse
- News
- Zusätzliche Webseite für die BioEnergie-Bundesliga: www.bioenergie-bundesliga.de

Aufgabe, Methodik, Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Arbeitspaket 5: Bioenergie-Bundesliga
  - Methodik / Maßnahmen:
    - Etablierung eines kommunalen Bioenergie-Wettbewerbs
    - Teilnehmer: mittlere, größere sowie insbesondere städtische Kommunen
    - Ziele: Nachhaltige Nutzung der in diesen Kommunen vorhandenen Biomassen, insbesondere biogene Reststoffe und Bioabfälle
    - Schaffung von Anreizen und Motivationen zur Mobilisierung dieser Bioenergie in den Kommunen u.a. durch eine öffentlichkeitswirksame Darstellung im Rahmen der Bioenergie-Bundesliga
    - Imagebildung => positive Effekte im touristischen Bereich und bei der Regionalentwicklung
  - Ergebnisse:
    - Preisverleihung 2011 am 8. November 2011 im Rahmen des 3. Statuskolloquiums zum BMU-Förderprogramm in Potsdam (86 Teilnehmer in 2011)
    - Preisverleihung 2012 am 5. November 2012 im Rahmen der 4. Statuskonferenz zum BMU-Förderprogramm in Berlin (104 Teilnehmer in 2012)
    - Preisverleihung 2013 am 1. Juli 2013 im Rahmen des C.AR.M.E.N.-Symposiums 2013 in Straubing (131 Teilnehmer in 2013)
    - Weitere Informationen unter: www.bioenergie-bundesliga.de

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- **Gesamtresonanz 2011**

AP 1: Projektbeirat und Fragebogenaktion (BBE):	600 Teilnehmer
AP 2: 4 Praxisseminare (BBE)	180 Teilnehmer
AP 2: 6 Vorträge (BBE)	630 Teilnehmer
AP 3: 2 Lehr- und Demonstrationsfahrten (BBE)	50 Teilnehmer
AP 5: Bioenergie-Bundesliga (C.A.R.M.E.N. e.V.)	86 Teilnehmer
Gesamt-Resonanz in 2011:	**1.546 Teilnehmer**

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- **Gesamtresonanz 2012**

AP 1: Projektbeirat (BBE):	10 Teilnehmer
AP 2: 4 Praxisseminare (BBE)	150 Teilnehmer
AP 2: 6 Vorträge (BBE)	600 Teilnehmer
AP 3: 2 Lehr- und Demonstrationsfahrten (BBE)	90 Teilnehmer
AP 5: Bioenergie-Bundesliga (C.A.R.M.E.N. e.V.)	104 Teilnehmer
Gesamt-Resonanz in 2012:	**954 Teilnehmer**

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- **Gesamtresonanz 2013**

AP 1: Projektbeirat (BBE):	10 Teilnehmer
AP 2: 2 Praxisseminare (BBE)	75 Teilnehmer
AP 2: 4 Vorträge (BBE)	400 Teilnehmer
AP 3: 2 Lehr- und Demonstrationsfahrten (BBE)	70 Teilnehmer
AP 5: Bioenergie-Bundesliga (C.A.R.M.E.N. e.V.)	131 Teilnehmer
Gesamt-Resonanz in 2013:	**686 Teilnehmer**

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- **Gesamtresonanz 2011-2013**

AP 1: Projektbeirat und Fragebogenaktion (BBE):	620 Teilnehmer
AP 2: 10 Praxisseminare (BBE)	405 Teilnehmer
AP 2: 15 Vorträge (BBE)	1.630 Teilnehmer
AP 3: 6 Lehr- und Demonstrationsfahrten (BBE)	210 Teilnehmer
AP 5: Bioenergie-Bundesliga (C.A.R.M.E.N. e.V.)	321 Teilnehmer
Gesamt-Resonanz 2011-2013:	**3.186 Teilnehmer**

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- Aufbau und Etablierung eines BioKommunal-Logos:
- BioKommunal-Online Newsletter mit aktuellen Projektinhalten an 10.000 kommunale Adressen (mehrmals pro Jahr)
- Diverse Pressegespräche, Interviews, Berichterstattungen und Terminankündigungen
- Aktuelle Informationen, Verlinkungen sowie Online-Dokumentation aller Aktivitäten und aller Vorträge der Praxisseminare unter www.biokommunal.de
- Poster- und Messepräsentationen zu Biokommunal bei geeigneten Veranstaltungen
- Pflege und Aktualisierung einer BioKommunal-Datenbank

Vernetzungsaktivitäten im Förderprogramm und darüber hinaus

Energetische Biomassenutzung

- Vernetzungsaktivitäten im Projektbeirat
  - Einbindung der kommunalen Spitzenverbände als ideelle Partner
  - Einbindung der relevanten Bundesministerien: BMU / BMELV / BMB
  - Einbindung wichtiger Netzwerkpartner: DBFZ / DIFU / PtJ / AEE / deENET
- Vernetzungsaktivitäten in den Arbeitspaketen
  - Einbindung der Landesverbände der kommunalen Spitzenverbände als ideelle Partner
  - Einbindung von regionalen Energieagenturen und Beratungsstellen
  - Einbindung von regionalen Projekten und Multiplikatoren
- Vernetzungsaktivitäten im BMU-Förderprogramm
  - Einbindung geeigneter Projekte aus dem BMU-Förderprogramm mit Vorträgen in die Praxisseminare „Bioenergie in Kommunen“
  - Einbindung geeigneter Projekte aus dem BMU-Förderprogramm als Besichtigungsorte im Rahmen der Lehr- und Demonstrationsfahrten „Bioenergie in Kommunen“
  - Beteiligung von geeigneten kommunalen Projekten an der Bioenergie-Bundesliga

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- **Bilanz - BioKommunal**

- Rekommunalisierung der Energiewirtschaft ist eine zentrale Herausforderung der Energiewende
- Kommunen sind ein wichtiger und entscheidender Erfolgsfaktor für das Gelingen der Energiewende
- Eine nachhaltige, umweltverträgliche und sichere Energieversorgung ist eines der ganz zentralen kommunalen Themen
- Es gibt ein riesiges Interesse von Kommunen und regionalen Institutionen die Energiewende aktiv mitzugestalten

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- **Bilanz - BioKommunal**

- Hierzu sind innovative Partizipations- und Beteiligungsmodelle notwendig (neue Stadtwerke, Energiegenossenschaften, Bürgerbeteiligungsmodelle etc.)
- Energiewende sowie der Marktausbau der Erneuerbaren Energien und der Bioenergie müssen mit einer intensiven Kommunikations- und Informationsoffensive auf kommunaler Ebene begleitet werden
- Es gibt auf kommunaler Ebene ein sehr großes Interesse an regionalen Bioenergieprojekten, aber auch erhebliche Informationsdefizite
- Es gibt zugleich aber auch diverse Akzeptanzprobleme und Vorbehalte gegenüber der Bioenergie (berechtigte und unberechtigte)

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- **Bilanz - BioKommunal**

- Kommunale Einbindung sowie intensive Information und Aufklärung sind der Erfolgsgarant für eine nachhaltige gesellschaftliche Akzeptanz des Bioenergie-Marktausbaus

- Energiewende, der Ausbau der Erneuerbaren Energien und neue Bioenergie-Projekte müssen regional vor Ort viel intensiver kommunikativ begleitet werden, um eine gesellschaftliche Akzeptanz sicherzustellen

- Biogene Reststofffraktionen sind in Kommunen noch unzureichend erschlossen und vielfach nicht sinnvoll genutzt

- Schnittstellen zwischen Energie- und Abfallwirtschaft sind vielfach unzureichend bzw. nicht vorhanden und müssen daher optimiert werden

Ergebnisse

Energetische Biomassenutzung

- **Bilanz - BioKommunal**

- Nur mit biogenen Reststoffen lassen sich die Bioenergie-Ausbauziele nicht erreichen, land- und forstwirtschaftliche Biomasse muss ebenfalls intensiv genutzt werden

- Effizienzsteigerungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette und nachhaltige Nutzungskonzepte sind die zentralen Herausforderungen für die Bioenergiebranche

- Fortführung und Intensivierung der BioKommunal-Aktivitäten ist vor dem Hintergrund dieser vielfältigen Herausforderungen notwendig, sinnvoll und wünschenswert

Ausblick

Energetische Biomassenutzung

- Prüfung von möglichen Anschlussaktivitäten (Finanzierung muss hierzu sichergestellt sein)
- Herzlichen Dank an das BMU und alle Projektpartner, die BioKommunal ermöglicht, unterstützt und mitgestaltet haben!!!

Abschlussfolie!

Energetische Biomassenutzung

BioKommunal

- Herzlichen Dank an das BMU und alle Projektpartner, die BioKommunal ermöglichen, unterstützen und mitgestalten!!!

Kontakt:

Bundesverband BioEnergie e.V. (BBE)
Godesberger Allee 142-148
D-53175 Bonn
Ansprechpartner: Bernd Geisen
Tel.: 0228/81002-59
Fax: 0228/81002-58
Mail: geisen@bioenergie.de
Internet: www.biokommunal.de

C.A.R.M.E.N. e.V.
Schulgasse 18
D-94315 Straubing
Ansprechpartner: Niels Alter
Tel.: 09421/960-356
Fax: 09421/960-333
Mail: niels.alter@carmen-ev.bayern.de
Internet: www.bioenergie-bundesliga.de

Posterschau

Energetische **Biomassenutzung**

Förderprogramm
zur Optimierung der energetischen Biomassenutzung

H_2-freie katalytische Decarboxylierung
Kraftstoffkomponenten aus Pflanzen- und Algenölrückständen

FKZ: 03KB007
01.03.2009 - 31.12.2012
FKZ: 03KB028
01.10.2009 - 30.11.2011

+ Eigenforschung im Projektnachgang

THEMA UND LÖSUNGSANSATZ

Hohe Gehalte an freien Fettsäuren, Verunreinigungen und teils auch ranzig gewordene Bestandteile erschweren die Verwendung vieler pflanzenölbasierter Reststoffe als Rohstoffe für die meisten Biokraftstoffprozesse. Die wasserstofffreie katalytische Decarboxylierung und Decarbonylierung in der Gasphase stellt eine ideale Technologie zum Einsatz gerade solch minderwertiger Pflanzenölreststoffe dar. An hochporösen Katalysatoren werden diese Reststoffe in einem einstufigen Prozess zu n-Alkanen sowie zu aromatischen Kraftstoffkomponenten umgesetzt. Dabei bilden sich Bestandteile aller gängigen Kraftstoffe aus.

KATALYTISCHE DECARBOXYLIERUNG ALS BIORAFFINERIEBAUSTEIN

Aktivkohle: der »Katalysator« zur Herstellung von Kraftstoffblends

Aktivkohle als Katalysator erzeugt aus typischen Pflanzenölreststoffen C15- und C17-Alkane als Primärprodukte – mit einer mittleren Cetanzahl von 100 und einer mittleren Dichte um 0,77 g/ml ideale Blendingkomponenten für Dieselkraftstoffe. Durch die komplementären Eigenschaften beider Bioprodukte sind insbesondere bei einer gemeinsamen Zumischung von Biodiesel und Dieselprodukt aus der Decarboxylierung hervorragende Kraftstoffeigenschaften zu erwarten.

Zur Herstellung der gesättigten Kohlenwasserstoffe wird Wasserstoff benötigt. Dieser wird jedoch nicht als Hydrierungsagenz zugegeben, sondern innerhalb des Reaktionssystems bereitgestellt: Teile des Einsatzmaterials geben Wasserstoff frei, verkoken und bilden Ablagerungen innerhalb der Aktivkohleporen.

Jede Masseneinheit Aktivkohle kann die Verarbeitung von etwa 7 Masseneinheiten Einsatzstoff »katalysieren«, bevor sie durch die beschriebene Verkokung deaktiviert wird. Die Reaktivierung ist durch Wasserdampfaktivierung, einem industriell eingesetzten und bewährten Verfahren, möglich.

Bei der Umsetzung von fettsäurereichem »Dekanterfett« aus der Pflanzenölverarbeitung bei 450 °C konnten im Labormaßstab (60 g Feed/h) 80 % des Energiegehaltes aus dem Einsatzstoff in das organische Flüssigprodukt überführt werden. Hauptbestandteile dieses Produktes waren langkettige Alkane. 13 % des Energiegehaltes gingen in das Gasprodukt, hauptsächlich in die organischen Brenngase Methan, Ethan und Propan, über. Die verbleibenden 7 % des Energiegehaltes gehen in die Koksablagerungen innerhalb der Aktivkohle über und können bei der Reaktivierung zur Beheizung dieses Verfahrensschrittes beitragen.

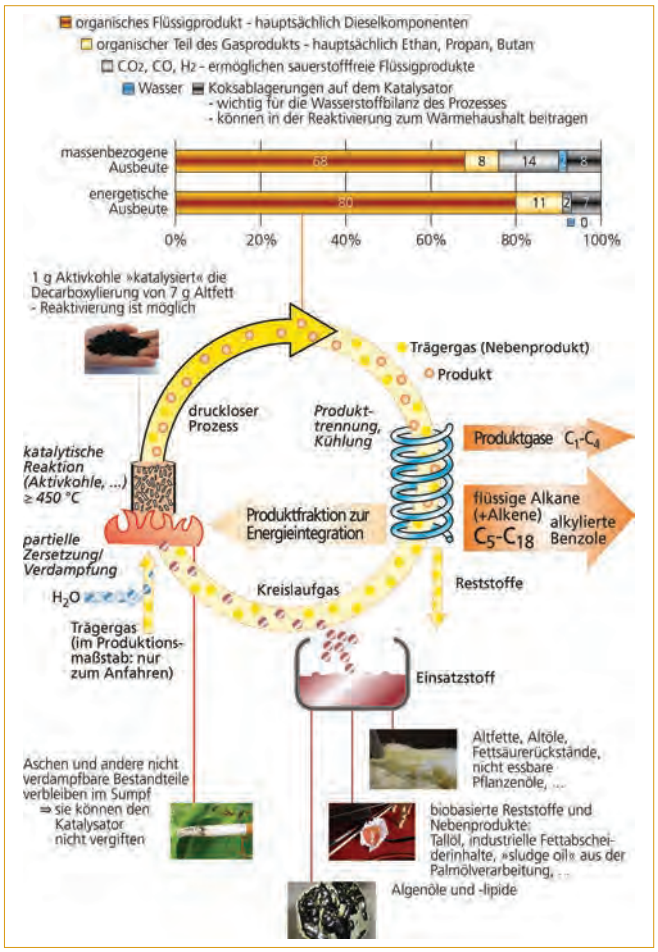
Speziell aus ölsäurereichen Reststoffe lassen sich hohe Produktanteile im Kerosin-Siedeschnitt zur Bereitstellung von Luftfahrt-Turbinentreibstoffen herstellen

Zeolithische »Katalysatoren« für Spezialprodukte

Zur gezielten Produktion nennenswerter Mengen alkylierter Benzole bieten sich HZSM-5-Zeolithe als alternative »Katalysatoren« an. Dies ist der einzige bisher vorgeschlagene Weg, um die in Luftfahrt-Turbinentreibstoffen benötigten Aromaten biobasiert herzustellen. Darüber hinaus führt die Verwendung von HZSM-5 zu einer Ausbeute von bis zu 16 Gew.-% und mehr an Propylen, welches als Ausgangsstoff für biobasierte Polymere genutzt werden könnte.

Insgesamt bietet sich die katalytische Decarboxylierung in der Gasphase als technisch wie ökonomisch sinnvoller Weg an, auch minderwertige Reststoffe und Kaskadenprodukte der Pflanzenölverarbeitung stofflich zu nutzen. Sie stellt damit einen wichtigen Baustein für künftige ölpflanzenbasierte Bioraffinerien dar.

Die Implementierung der Technologie in algenbasierte Bioraffinerien ist prinzipiell möglich und Gegenstand laufender Untersuchungen.



Kontakt
Fraunhofer UMSICHT
Osterfelder Strasse 3
46047 Oberhausen

Anna Fastabend, Volker Heil*, Axel Kraft, Andreas Menne, Christoph A. Unger
* Projektleiter Phone: +49 (0) 208-8598-1163
E-Mail: volker.heil@umsicht.fraunhofer.de

www.energetische-biomassenutzung.de

Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Klimaschutz – DIE BMU KLIMASCHUTZ-INITIATIVE
Koordiniert vom: PtJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich
Wissenschaftlich begleitet vom: DBFZ
Ein Projekt von: Fraunhofer UMSICHT

5. Statuskonferenz des Förderprogramms Energetische Biomassenutzung

Entwicklung eines neuartigen energie- und rohstoffeffizienten Entschwefelungssystems für die Erzeugung von Bio-Erdgas

FKZ: 03KB041

Hintergrund und Ziele des Verbundprojektes

Ein wesentlicher Verfahrensschritt bei der effizienten Nutzung von Biogas vor Ort (BHKW) bzw. am Ort der Wärmenutzung (Einspeisung ins Erdgasnetz) stellt die Entschwefelung dar. Im speziellen Fall der Gaseinspeisung wird der H_2S-Gehalt durch die Arbeitsblätter G260 und G262 des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfachs e.V. (DVGW) geregelt und darf maximal 5 mg/m³ betragen.

Im Rahmen des Verbundprojektes wird ein neuartiges Reinigungssystem bestehend aus einem metallischen Schaum als Trägermaterial und einer speziell zur Entschwefelung geeigneten Sorbens, dem Eisen(III)-oxid (Fe_2O_3), entwickelt. Ziel des Projektes ist die Materialentwicklung sowie der Nachweis der Eignung des Systems für die Feinentschwefelung, d.h. die Einhaltung des H_2S-Grenzwertes von 5 mg/m³ nach DVGW G260, die Entfernung des Schwefels von der Oberfläche sowie die Gewinnung von elementarem Schwefel für eine weitere stoffliche Nutzung.

Beschreibung des Prozesses

Die gewählte Route der Entschwefelung mit Eisen(III)-oxid zählt zu den chemischen Reinigungsverfahren, bei welchem folgende Reaktionsschritte getrennt voneinander ablaufen.

Fe2O3 + 3 H2S → 2 FeS + 1/8 S8 + 3 H2O (Biogasreinigung) (1)
2 FeS + 3/2 O2 → Fe2O3 + S2 (Reaktivierung) (2)

Während der Biogasreinigung (Reaktion 1) wird der Schwefelwasserstoff unter Bildung von Eisen(III)-sulfid und Wasser aus dem Biogasstrom entfernt und chemisch am Adsorber gebunden. Nach Beendigung des Zyklus Biogasreinigung erfolgt die Reaktivierung (Reaktion 2) mit Hilfe des Reaktivierungsmediums Luft, bei welchem Eisen(III)-sulfid wieder in Eisen(III)-oxid umgewandelt wird. Der im Eisen(III)-sulfid gebundene Schwefel scheidet sich dabei auf der Oberfläche als elementarer Schwefel ab.

Beschichtungstechnologie

Das Adsorbersystem besteht aus einem metallischem Trägerschaum und der Sorbens Eisen(III)-oxid. Letzteres muss über ein geeignetes Beschichtungsverfahren auf den Träger aufgebraucht und mittels einer Wärmebehandlung fixiert werden. Aus dem Fe_2O_3-Pulver, einem Binder und Wasser wurde ein Suspension angesetzt, welche mit den Verfahren Tauchbeschichtung und Nasspulversprühen auf das Trägermaterial aufgebraucht wurde. Unter Einsatz der Nasspulversprühverfahrens und einer nachgeschalteten Kalzinierung konnten die erforderlichen Beladungskapazitäten erreicht werden.

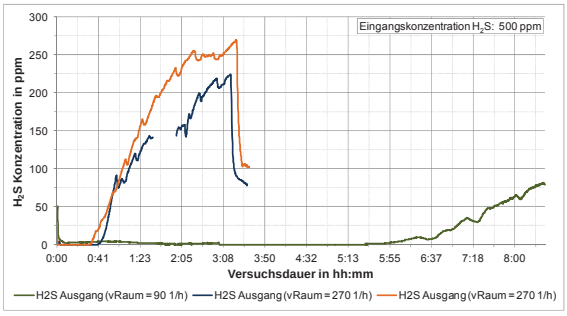


Abbildung 1: Durchbruchskurven für Raumgeschwindigkeit 90 h^{-1} und 270 h^{-1}

Biogasentschwefelung und Adsorberregeneration

Das angestrebte Reinigungsziel von <5 mg/m³ konnte für eine Eingangskonzentration H_2S von ca. 500 ppm bei unterschiedlichen Raumgeschwindigkeiten (v_{Raum}) auch für mit Luft regenerierte Adsorber erzielt werden. Je nach Raumgeschwindigkeit konnten die Grenzwerte für 33 min (v_{Raum} 270 1/h) und 340 min (v_{Raum} 90 1/h) eingehalten werden (vgl. Abb. 1). Im Labormaßstab konnten 9 Zyklen (Biogasreinigung und Reaktivierung) ohne einer erkennbaren Verschlechterung der Reinigungsleistung durchgeführt werden.

Schwefelentfernung Adsorber

Durch den bei der Reaktivierung auf der Schaumoberfläche verbleibenden elementarem Schwefel (Reaktion 2) wird die aktive Oberfläche verringert, was zu einer Verschlechterung der Reinigungsleistungen führt. Bisherige Technologien (Aktivkohle, Zinkoxid oder Holzpellets) sehen in diesem Fall eine Entsorgung des Adsorbermaterials vor. Bei dem zu entwickelndem Verfahren wird der Schwefel von der Oberfläche thermisch entfernt, ohne das es zu einer Deaktivierung der Sorbens oder einer Schädigung des Schaums kommt. Sowohl die Schwefelentfernung (Ex-Situ Regeneration) als auch die Verwendung der regenerierten Adsorberschäumen zur Entfernung von H_2S konnte im Labor nachgewiesen werden.

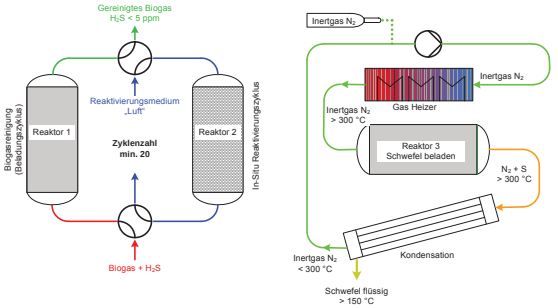


Abbildung 2: Verfahrensschritte Biogasreinigung und Adsorberreaktivierung (links) und Verfahrensschritt Ex-situ Regeneration Adsorber (rechts)

Ergebnisse und Ausblick

Im Rahmen von Labor- und Technikumsuntersuchungen konnte die prinzipielle Machbarkeit der Entschwefelung, der In-Situ Reaktivierung sowie der Ex-Situ Regeneration inkl. Schwefelgewinnung nachgewiesen werden. Auf Basis dieser Ergebnisse müssen weiterführende Untersuchungen zur Ermittlung der maximalen Zyklenzahl, der optimalen Prozessparameter (Druck, Temperatur, Beladungszeiten, Beladungskapazität, V_{Raum}) durchgeführt werden. Weiterhin sind Untersuchungen mit realem Biogas erforderlich. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Reaktivierbarkeit des Adsorbermaterials, der Gewinnung von elementarem Schwefel als Rohstoff und der Recyclingfähigkeit des Adsorbermaterials.

Kontakt

ALANTUM Innovations in Alloy Foam
Dr.-Ing. René Poss
Alantum Europe GmbH
Tel.-Nr.: 089 / 7 29 49 49 14
Fax.-Nr.: 089 / 7 29 49 49 23
E-Mail: rposs@alantum.com

Fraunhofer IKTS
Dipl.-Ing. Marc Lincke
Fraunhofer IKTS
Tel.-Nr.: 0351 / 2553 7667
Fax.-Nr.: 0351 / 2554 139
E-Mail: Marc.Lincke@ikts.fraunhofer.de

Fraunhofer IFAM
Dr.-Ing. Burghardt Klöden
Fraunhofer IFAM
Tel.-Nr.: 0351 / 2537 384
Fax.-Nr.: 0351 / 2554 477
E-Mail: burghardt.kloeden@ifam-dd.fraunhofer.de

LEHMANN Maschinenbau GmbH
Dipl.-Ing. Stefan Gläser
LEHMANN Maschinenbau GmbH
Tel.-Nr.: 037439 / 744 55
Fax.-Nr.: 037439 / 744 51
E-Mail: s.glaeser@lehmann-maschinenbau.de

Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative
Koordiniert vom: PTJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich
Wissenschaftlich begleitet vom: DBFZ

5. Statuskonferenz des Förderprogramms Energetische Biomassenutzung

FKZ Nr. 03KB065
FKZ Nr. 03MAP230

„Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen nachhaltigen Bioenergiestrategie“ (Kurztitel: Meilensteine 2030)

Das Vorhaben „Meilensteine 2030“ hat zum Ziel, für die zukünftige Nutzung der absehbar begrenzten heimischen Biomasseressourcen in einer abgestimmten, nachhaltig tragfähigen politischen Strategie Handlungsfelder zu identifizieren. Unter der Maßgabe der Anforderungen einer nachhaltigen Biomassenutzung sollen dabei die technischen und organisatorischen Meilensteine identifiziert werden, die bis zum Jahr 2030 geschaffen werden müssen, um eine Langfriststrategie bis 2050 erfolgreich vorzubereiten.

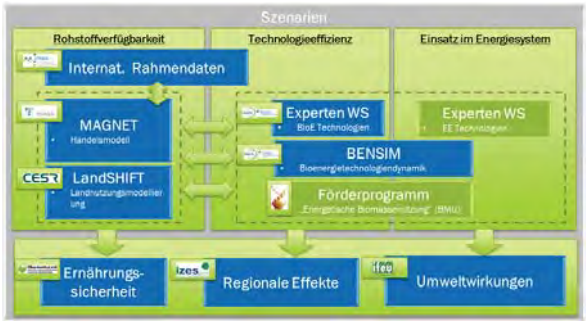
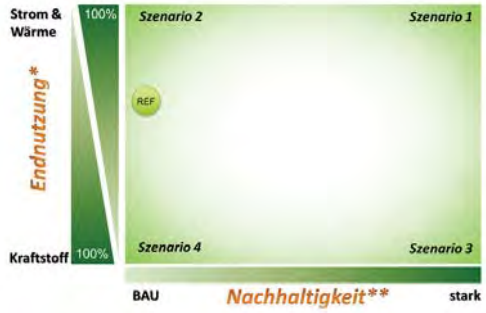


Abbildung 1: Modellverbund im Vorhaben „Meilensteine 2030“ (Eigene Darstellung)



*Die Ausprägung der Endnutzung variiert von 0 bis 100% (z.B. werden in Extrem-Szenario 4 bis zu 100% der Biomasse zur Kraftstoffproduktion aufgewendet).
** Intensität von Umweltauflagen und Berücksichtigung sozialer Aspekte sowohl in Deutschland wie auch international (Vorketten und Importe)

Abbildung 2: Szenarienrahmen 2050 (Eigene Darstellung)

Kernfragen des Projekts:

•**Wie viel Biomasse** ist künftig zu welchen Bedingungen für die energetische Nutzung verfügbar?
•Wenn die Transformation des Energiesystems unterschiedliche Arten von Bioenergie benötigt, **welche Technologien** kommen unter welchen Randbedingungen in welchem Umfang zum Einsatz?
•**Welche Wirkungen auf Innovation, Umwelt und Infrastrukturen** gehen von den verschiedenen Bioenergieoptionen aus? Wie kann ein robustes Zusammenspiel der Technologien aussehen?

Modellverbund:

Um diese Fragen zu beantworten, wurde ein Verbund aus einem globalen Gleichgewichtsmodell (MAGNET), einem Modellsystem zur Simulation von Landnutzungsänderungen (LandSHIFT) und einem dynamischen Simulationsmodell für Kostenentwicklungen von Bioenergietechnologien (BENSIM) sowie weiteren ergänzenden Modellkomponenten entwickelt.

Ziel des Projekts:

Ziel ist es, eingebettet in Szenarien, verschiedene Ergebnisse über mögliche Bereitstellungssets für Bioenergie zu erzeugen und die Auswirkungen zu quantifizieren und zu diskutieren; dazu werden die Umweltwirkungen, die Ernährungssicherheit, die Robustheit von Investitionen und die Passfähigkeit mit der Infrastruktur untersucht.

Szenarienrahmen:

Die Wechselwirkungen zwischen Rohstoffverfügbarkeit, Endenergieeinsatz und Technologieeffizienz werden im Modellverbund für definierte Szenarien durchlaufen. Den generellen Rahmen für das Vorhaben „Meilensteine 2030“ bilden dabei die Langfristszenarien 2011 des BMU. Mit Blick auf die notwendigen Meilensteine gilt es, die vordefinierten Annahmen einerseits in den Kontext internationaler Entwicklungen zu stellen und andererseits mit Blick auf die Anforderungen an eine nachhaltige und akzeptanzfähige Biomassenutzung zu spezifizieren. Dazu werden Szenarien für die Jahre 2020, 2030 und 2050 entwickelt, die jeweils unterschiedliche Klimaschutzaktivitäten auf nationaler und internationaler Ebene unterstellen und damit z. B. hinsichtlich der Biomasseverfügbarkeit für den Import unterschiedliche Effekte zeigen. Für die Szenarienentwicklung und -interpretation werden die wesentlichen Bereiche abgebildet, die eine nachhaltige Bioenergiestrategie berücksichtigen muss. Sie werden hinsichtlich ihrer relevanten Rahmenbedingungen und Annahmen analysiert, für die Szenarienentwicklung konkretisiert und in der Sensitivitätsanalyse auf Unsicherheiten und Richtungssicherheit überprüft.

Kontakt:

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH
Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig

www.dbfz.de

Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän
Tel.: +49 (0) 341 2434-435
E-Mail: daniela.thraen@dbfz.de

M.Sc. Julian Braun
Tel.: +49 (0)341 2434-591
E-Mail: julian.braun@dbfz.de

Dipl.-Geogr. Jens Ponitka
Tel.: +49 (0) 341 2434-449
E-Mail: jens.ponitka@dbfz.de

Projektverbund:

Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative
Koordiniert vom: PtJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich
Wissenschaftlich begleitet vom: DBFZ

5. Statuskonferenz des Förderprogramms Energetische Biomassenutzung

IbeKET - Innovatives bedarfsangepasstes Kommunal-Energieträger Konzept

FKZ: 03KB088A

Im Rahmen des Projektes IbeKET haben sich fünf Projektpartner zusammengetan, um den Einsatz von Biomasse aus der Grün- und Gewässerpflege zur energetischen Nutzung zu untersuchen. Im Vordergrund steht dabei die Erarbeitung eines regional übertragbaren Konzeptes zur thermischen und thermochemischen Verwertung sowie die bedarfsgerechte und dezentrale Nutzung derartiger Materialien. Die Konzeptentwicklung erfolgt auf Grundlage einer praktischen Anwendung und der Verzahnung einzelner Technologien beteiligter Partner. Eingebettet ist das Projekt IbeKET in das in Planung und Umsetzung befindliche Standortkonzept eines Projektpartners.

Die bei Verbrennung und Vergasung oftmals eingesetzten Rohstoffe in Form von Holz lassen sich durch eine intelligente Nutzung von alternativen Stoffen wie bspw. Gras, Laub oder Gewässerpflegematerial sinnvoll substituieren. Durch die IbeKET-Partner wird ein Konzept zur Beschaffung, Aufbereitung und flexiblen und bedarfsgerechten energetischen Nutzung von regional anfallenden, feuchten Biomassen erarbeitet, wobei die praktische Umsetzung der Konzeption angestrebt wird. Die LUTRA Mittelbrandenburgische Hafengesellschaft mbH entwickelte in der Vergangenheit zusammen mit der Stadt Königs Wusterhausen und der TH Wildau (FH) im Rahmen der LEED ein OECD-Projekt zur „Entwicklung CO_2-armer Wirtschaftsstandorte“ für die konkreten Bedingungen am Standort Hafen Königs Wusterhausen. Ein wesentlicher Teil davon ist das Konzept „Grüner Hafen“ der LUTRA GmbH (vgl. Abbildung 1).

Abbildung 1: Gesamtkonzept der LUTRA GmbH für den Standort Hafen Königs Wusterhausen

Der Kern des Bioenergiezentrums besteht in der vielfältigen und regionalen Verwertung regionaler (=regional²) Biomasse mit Hilfe unterschiedlicher Transformationswege sowohl für die stoffliche als auch energetische Nutzung. Dafür werden einerseits drei verschiedene innovative Technologien, die auf unterschiedliche Biomassen ausgerichtet sind, kombiniert und andererseits die Kompetenzen im Bereich EE / NaWaRo für eine erfolgreiche Gesamtentwicklung vorgehalten bzw. entwickelt. Somit besteht das Vorhaben sowohl aus einem wirtschaftlichen Zentrum als auch einem Kompetenzzentrum. Als Inputstoffe kommen vorrangig Materialien aus der Straßenbegleit- und Landschaftspflege, Laub, Gewässerschnitt, kommunaler Grünschnitt, Waldrestholz und Gärreste aus einem Umkreis von ca. 50 km zum Einsatz.

Neben der Beschaffung des Materials durch ein regionales Logistiksystem ist für das Erreichen definierter Brennstoffeigenschaften eine vorherige Aufbereitung der Stoffe nötig. Die Optimierung notwendiger Aufbereitungsprozesse sowie eine Verbesserung verfügbarer Biomassen bezüglich ihrer kritischen Eigenschaften wird durch Versuchsreihen und Analysen umgesetzt. Dies ermöglicht die Bereitstellung von Qualitätsbrennstoffen, die das Produkt einer regionalen Wertschöpfungskette sind und zur dezentralen Energieversorgung beitragen. Um in der Zukunft breite Wirkungen zu erzielen ist das Projekt IbeKET darauf ausgerichtet ein übertragbares regionalorientiertes Konzept zu entwickeln. Adressaten einer solchen Konzeption sind Kommunen, Industrie- und Entsorgungsunternehmen oder Agrargenossenschaften.

Die Entwicklung des regionalen Gesamtkonzeptes zur Nutzung der berücksichtigten Biomasse erfolgt im Zusammenspiel mit den gewonnenen Erkenntnissen aus Versuchen und projektbegleitenden Analysen. Zunächst wird eine analytische Brennstoffcharakterisierung vorgenommen. Ausgewählte Materialien aus der Grün- und Gewässerpflege werden anschließend einer weiteren Nutzung im Rahmen des Projektes zugeführt. Hierbei erfolgt zunächst eine Behandlung des Materials durch das florafuel-Verfahren, in dem kritische Brennstoffeigenschaften wie z.B. Chlor- und Kaliumgehalte reduziert werden. Die nachfolgende Pelletierung ermöglicht die spätere Vergasung und Verfeuerung. Die erzeugten Pellets werden zunächst im Versuchsmaßstab einer Vergasung sowie einer Verfeuerung zugeführt. Besonders geeignete Brennstoffe werden im Technikums-Maßstab bzw. Dauerbetrieb genutzt.

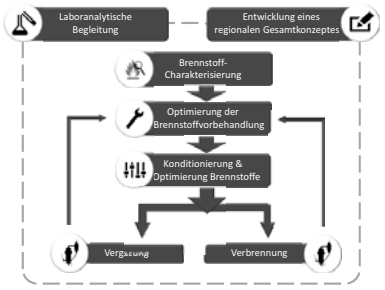


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Projektablaufes

Die durchzuführenden Analysen und Versuche dienen der Bestimmung notwendiger Verfahrensänderungen in der Aufbereitung und einer ergebnisorientierten Konditionierung und Optimierung der Brennstoffe, was bspw. den Einsatz von Additiven meint. Durch ein solches ggf. erforderliches iteratives Verfahren wird die Entwicklung einer auf die Technologien der Partner abgestimmten Brennstoffrezeptur ermöglicht. Die Bewertung geschieht dabei jeweils unter technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten. Neben der brennstoffspezifischen und technischen Betrachtung erfolgt u.a. auch eine Potenzial- und Risikoanalyse für die zu untersuchende Region.

Das Hauptaugenmerk von IbeKET liegt auf der Erarbeitung des regionalen Gesamtkonzeptes für die betrachtete Region. Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse soll die Übertragbarkeit erreicht werden. Grundsätzlich soll die Frage nach einem geeigneten Brennstoffdesign beantwortet und definierte Qualitäten - auch bei Biomasse unterschiedlicher Art und Herkunft - eingehalten werden. Zur Thematik der Aufbereitung von Biomasse für die Vergasung und Verbrennung ergeben sich im Projekt IbeKET unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten weitere Ansätze zur Brennstoffoptimierung und Vernetzungsmöglichkeiten im Bereich der Biomassenutzung. Der Einsatz des regionalen Gesamtkonzeptes zur Nutzung von Biomasse stellt als innovative Idee einen weiteren Baustein im Ausbau erneuerbarer Energien dar.

Kontakt

Andreas Schonhoff – Projektkoordinator
ttz Bremerhaven
Fischkai 1, 27572 Bremerhaven
Tel.: +49 (0) 471 809 34 152
Fax : +49 (0) 471 48 32 129
E-Mail: aschonhoff@ttz-bremerhaven.de
www.ttz-bremerhaven.de

Gundula Teltewskaja – Ansprechpartnerin LUTRA
LUTRA Mittelbrandenburgische Hafengesellschaft mbH
Hafenstraße 18, 15711 Königs Wusterhausen
Tel.: +49 (0) 3375 67 1 – 0
Fax : +49 (0) 3375 671 – 125
E-Mail: info@hafenkw.de
www.hafenkw.de

Gefördert durch:
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative
Koordiniert vom:
PTJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich
Wissenschaftlich begleitet vom:
DBFZ

Projektpartner

DBFZ florafuel LUTRA stadtwerke rosenheim ttz Bremerhaven

5. Statuskonferenz des Förderprogramms Energetische Biomassenutzung

BioPower2Gas

FKZ: 03KB089

Demonstration und Vergleich von optimal leistungsregelbaren Biogastechnologien

Entwurf, Betrieb und Evaluation von verschiedenen Systemen zur klimaeffizienten, energetisch optimierten Biomassenutzung für bedarfsgerechte Stromerzeugung - unter den Prämissen der Direktvermarktung durch das EEG 2012 -.

Die Herausforderungen bei der Integration der fluktuierenden Einspeisung der erneuerbaren Energien (EE) auf allen Netzebenen wachsen. Im bundesweiten Kontext fallen zunehmend Zeiten mit hoher fluktuierender EE-Einspeisung mit gleichzeitigem Betrieb fossiler Grundlastkraftwerke zusammen. Bei drohender Netzüberlastung und der Gefahr von Netzinstabilität wird die Einspeiseleistung der EE Erzeugungsanlagen vom Netzbetreiber reduziert.

In den meisten Fällen wird die entgangene Stromeinspeisung entsprechend den gesetzlichen Vorgaben vergütet. Statt einer Abregelung volatiler EE-Erzeuger sollen leistungsregelbare Biogas-, Biomethan- und BioPower2Gas-Kraftwerke in Zeiten hoher Einspeisung aus Windenergie- und Photovoltaikanlagen gedrosselt oder abgeschaltet werden und BioPower2Gas-Anlagen den überschüssigen Strom aus EE nutzen können um damit Methan zu produzieren.

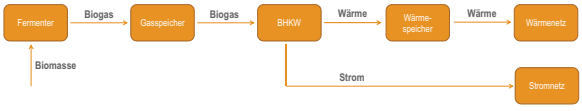
An die bedarfsgerechte Stromeinspeisung von Biogas-, Biomethan- und BioPower2Gas-Kraftwerke werden jedoch neue komplexe Anforderungen gestellt. Einerseits werden lange Zeiträume von etlichen Stunden oder perspektivisch sogar Tagen überbrückt werden müssen und andererseits muss der Betrieb von der Gasproduktion, Strombedarfsprofil und dem Wärmebedarfsverlauf abhängig gemacht werden

Im Fokus dieses Vorhabens stehen unterschiedliche flexibilisierende Technologien für Biogas- und Biomethananlagen, denen eine wesentliche und systemstützende Rolle in einem zukünftigen, zunehmend auf EE basierendem Energieversorgungssystem zuzutrauen ist. Folgende Anlagentypen, s. rechte Seite, werden zur Demonstration im Praxisbetrieb erprobt und untersucht:

- Biomethan-Erzeugung mit BioPower2Gas-Verfahren

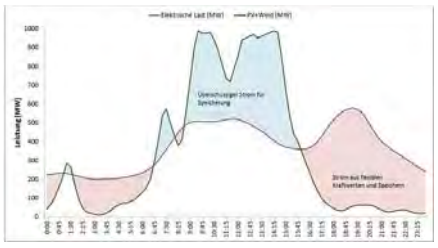
- Flexible Stromerzeugung mit Biomethan-BHKW mit Wärmespeicher

- Flexible Biogasanlage mit Wärme- und Gasspeicher

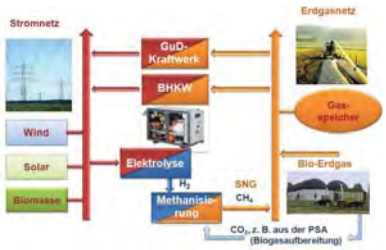


Für einen einsatzoptimierten Betrieb der Anlagen werden die aktuell bestehenden gesetzlichen Möglichkeiten genutzt und die wirtschaftlich optimale Anlagenkonfiguration und Betriebsweise theoretisch untersucht sowie der optimierte Fahrplanbetrieb praktisch erprobt. Es werden Algorithmen entwickelt, die der Bereitstellung individuell optimierter Betriebsfahrpläne unter Berücksichtigung der Märkte, der Anlagenrestriktionen, sowie der im Projekt zu entwickelnden Geschäftsmodelle mit Netzbetreibern und Stromvertrieb dienen.

Wichtige Bewertungskriterien unterschiedlicher Flexibilisierungsansätze sind Treibhausgasemissionen, regionale Wertschöpfung und Versorgungssicherheit.



Bedarf zur flexiblen Betriebsweise



Zukünftiges Energiesystem - Kopplung von Strom und Gasnetz

, Quelle: IWES

Kontakt

Dr. John Sievers - Projektkoordinator
IdE Institut dezentrale Energie-technologien gemeinnützige GmbH
Ständeplatz 15, 34117 Kassel
Tel.: +49 (0) 561 788 096-262
Fax : +49 (0) 561 788 096-22
E-Mail: j.sievers@ide-kassel.de
www.ide-kassel.de

Gefördert durch: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Klimaschutz – Die BMU Klimaschutz-Initiative

Koordiniert vom: PtJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

Wissenschaftlich begleitet vom: DBFZ

In Kooperation mit: IdE Institut dezentrale Energietechnologien; CUBE Engineering GmbH; e·on Mitte; VIESMANN

5. Statuskonferenz des Förderprogramms Energetische Biomassenutzung

Heizwert oder Brennwert? Gesamt-Bilanzierung Biogasanlagen

Konsequenzen der Festlegung des Bezugszustandes für die Bilanzkreise Stoff und Energie sowie von Kennwertdefinitionen

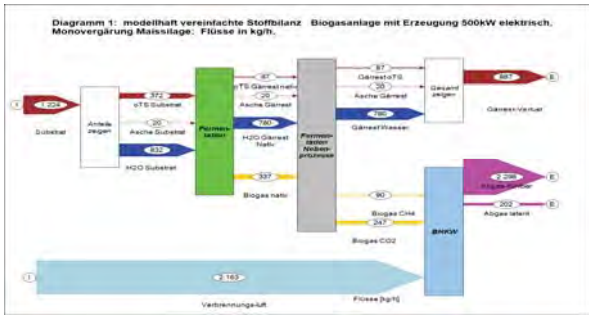
Dipl.-Ing. Wolfgang Hölzer, Naumburg; ***IREU*** Institut Wolfgang Hölzer; Neuengüter 22, 06618 Naumburg, info@ireu.net, 03445 7810 420
Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke; Hochschule Zittau/Görlitz; Theodor-Körner-Allee 16, 02763 Zittau
Dr. Gerd Reinhold; Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TTL); Naumburger Str. 98, 07743 Jena
Dipl.-Ing. André Wufka; Fraunhofer IKTS Dresden; Winterbergstr. 28, 01277 Dresden

1. Fragestellung

Die gängigen Standards in Deutschland, u.a. in seinem gegenwärtigen Diskussionstand auch das Methodenhandbuch „Stoffstromorientierte Bilanzierung der Klimagaseffekte“ [1] orientieren bei der Bilanzierung energietechnischer Prozesse auf die Verwendung des Heizwertes (unteren Heizwertes, NCV net caloric value) als Bezugsgröße. International hat sich die Verwendung des Brennwertes (oberer Heizwert, GCV gross caloric value) inzwischen weitgehend durchgesetzt. Wie sind die Randbedingungen für eine wissenschaftliche Darstellungsweise der Bilanzkreise Stoff und Energie sowie von Kennwertdefinitionen? Was ist deshalb zu bevorzugen?

2. Bilanzraum, Prozessstruktur und Stoffbilanz

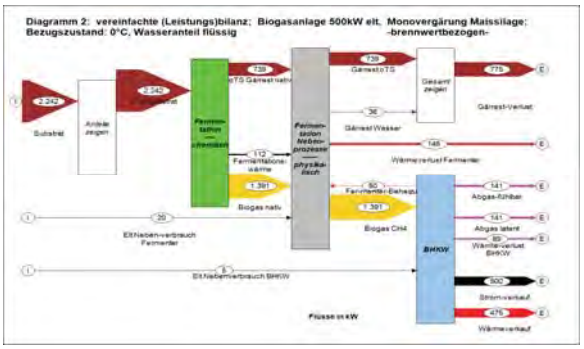
Diese Arbeit soll methodische Grundprobleme möglichst einfach, anschaulich und vorrangig qualitativ darstellen. Der Anschaulichkeit dient, dass Massenströme (kg/h) und energetische Leistungen (kW) bei einer typischen Anlagengröße von 500 kW elektrisch mit 100 % Wärmenutzung verwendet werden. Die Bilanzierung erfolgt statisch. Für die Diagramme wurde die Bilanzierungssoftware ***STAN2*** der TU Wien verwendet.
Im Diagramm 1 ist die **Stoffbilanz** mit dem Bilanzraum u. der zugrunde gelegten Prozessstruktur dargestellt.



Der Fermentationsprozess wurde in die chemische Fermentation (nur Stoffumwandlung) und physikalische (thermischen und mechanischen) Fermentations-Nebenprozesse geteilt. Das Biogas wird nur aus CH_4 und CO_2 bestehend betrachtet – und das Substrat nur aus C, H und O.
Nicht vernachlässigt werden kann der Übergang von gespaltenen Substratwasser in das Biogas.
Es wurde abgeschätzt, dass 15,4% der Biogasmasse aus Substratwasser gebildet wird.

3. Energiebilanz und Sankey-Diagramm auf Basis Brennwert

Im Diagramm 2: ist auf Basis der Massenbilanz die **Energiebilanz** (als Leistungsbilanz in kW) dargestellt. Dafür wurden für die Fermentation Rechentools der ***TLL Jena*** und für den BHKW-Prozess des ***IREU Institut Naumburg*** verwendet und die Schnittstellen abgeglichen.



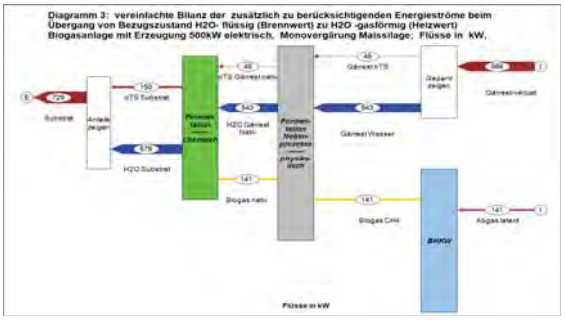
Der Brennwertbezug führt zu einer anschaulichen, einfach nachzuvollziehenden Darstellung und eignet sich gut für die **Definition von Kennwerten, wie Gesamt- und Teilwirkungsgraden.**

Deutlich sind die Energieverluste und damit die potentiellen direkten oder indirekten „Stellschrauben“ für die Erhöhung der verkaufsfähigen Energie-Ausbeute zu erkennen und zu quantifizieren:
Strom: Senkung Gärrest-Verlust und Erhöhung BHKW-Wirkungsgrad;
Wärme: Reduzierung Wärmeverluste Fermenter u. BHKW, höhere Abgasauskühlung/Kondensation Wasserdampf
Aber auch Grenzen sind sichtbar, z. B.: Die Biogasausbeute kann nur auf „Kosten“ von Gärrest-oTS (oder Fermentationswärme?) gesteigert werden – prozentuale Angaben und Versprechungen von Anbietern können daran gemessen und geprüft werden.

Gefördert durch:
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Klimaschutz – DIE BMU KLIMASCHUTZ-INITIATIVE
Koordiniert vom:
PTJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich
Wissenschaftlich begleitet vom:
DBFZ

4. Energiebilanz und Sankey-Diagramm auf Basis Heizwert

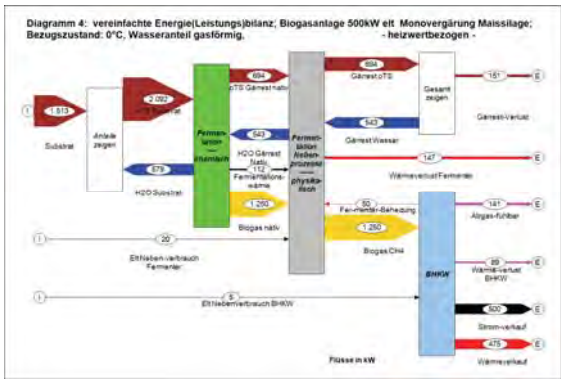
Für die Erstellung der Bilanz auf Basis Heizwert wurden zunächst die H-Anteile aller beteiligten Ströme und das daraus bildbare Wasser berechnet. Das erlaubt nach Multiplikation der Wassermassenströme mit der Verdampfungswärme die Ermittlung der zusätzlich zu berücksichtigenden Energieströme durch den Wechsel der Bezugsbasis flüssig zu gasförmig.
Es ergeben sind durchweg negative Energieströme, die im Sankey-Diagramm nur durch Umkehrung der Pfeilrichtungen dargestellt werden können, ***Diagramm 3 :***



Die Energiebilanz auf Basis Heizwert ergibt sich durch Addition der Bilanzen von ***Diagramm 2*** und ***Diagramm 3*** und ist in ***Diagramm 4:*** dargestellt. Nachteile gegenüber dem Brennwertbezug sind:

Die Enthalpie des gasförmigen Wasserdampfs tritt zusätzlich in Prozessstufen der Fermentation mit negativen Vorzeichen (Pfeilrichtung rechts nach links) auf und erschwert die Übersichtlichkeit.
Weiterhin verschwindet die (beim heutigen Stand der Technik auch technisch) nutzbare latente Abgaswärme des BHKW völlig – und damit ein größeres Optimierungspotenzial.
Der Gärrestverlust als Optimierungspotenzial wird tendenziell als zu niedrig ausgewiesen.

Die Ergebnisse bei anderen Substraten können zu noch weniger Anschaulichkeit führen: Bei Monovergärung von Gülle würde z.B. auch der Enthalpietrom des Substratinputs negativ.



5. Schlussfolgerungen

Die einheitliche Festlegung sinnvoller Bezugszustände stellt nach wie vor eine wichtige Bedingung für die praktisch wirksame Anwendung thermodynamischer Bilanzierungsmethoden auf energietechnische und insbesondere chemisch-verfahrenstechnische Prozesse dar.

Die Verwendung des Brennwertes lässt im Vergleich zur Verwendung des Heizwertes eine schlüssigere Bilanzierung mit vereinfachten Standardisierungsmöglichkeiten für die Vergleichbarkeit verschiedener Anlagen und Prozesse erwarten.

Energetische Prozessanalysen des Biogas-Gesamtprozesses können damit als grundlegendes Bewertungswerkzeug für Optimierung in der Verfahrensentwicklung und der Ertüchtigung technischer Biogasanlagen eingesetzt werden. Auch Methoden zur Bilanzierung von Klimagaseffekten könnten davon profitieren.

Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von stofflich und energetisch nutzbaren Bioagglomeraten auf der Basis von Lignin

S Narra[1], F Logsch[1], C Glaser[1], P Ay[1]

[1] Lehrstuhl Aufbereitungstechnik, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

1. Ablaugen der Zellstoffgewinnungsprozesse

- Die Ablaugen sind Nebenprodukte der Zellstoffgewinnungsprozesse und die weltweit am Meisten anfallenden Laugen ist die Kraftlauge (Kraftverfahren) und das Ligninsulfonat (Sulfitverfahren)
- Hauptkomponente der Abfalllauge ist das Lignin, welches einen hohen Heizwert aufweist (26 MJ kg^{-1})
- Der hohe Wassergehalt der Ablaugen (30 bis 70 %) führt jedoch zu einer Reduktion des Heizwertes
- Die Handhabung der Ablaugen ist aufgrund der hohen Reaktivität und Explosionsneigung der Staubform erschwert. Ablaugen werden mit einem Wassergehalt von über 30% gelagert.
- Ein innovatives Aufbereitungsverfahren der Ablaugen wird gesucht, um die Probleme des Transportes und der Handhabung der Ablaugen zu lösen und ein Produkt zu gewinnen, welches sich für eine stoffliche und energetische Nutzung eignet

2. Ziel

Der innovative Prozess umfasst folgende Schritte:

(i) Produktion von Granulaten aus der Ablauge; wobei u.a. das Prinzip der Aufbauagglomeration

(ii) Säurebehandlung der Granulate

(iii) Entwässerungs- und Waschschritt des produzierten granulären Ligninschlammes

(iv) Produktcharakterisierung (Korngrößenverteilung, Festigkeit)

3. Granulation

- Die Granulation kann nach dem Prinzip der Aufbauagglomeration in einem Sprühgranulator oder Mischgranulator erfolgen.
- Das Ziel war es Granulate mit einer Korngröße über 100 µm herzustellen um eine Granulatgröße zu erhalten, welche sich für die Entwässerung des Ligninschlammes über einen Siebboden eignet und von dem als granuläres Endprodukt ein geringes Risiko einer Staubexplosion ausgeht.(Abb. 1)

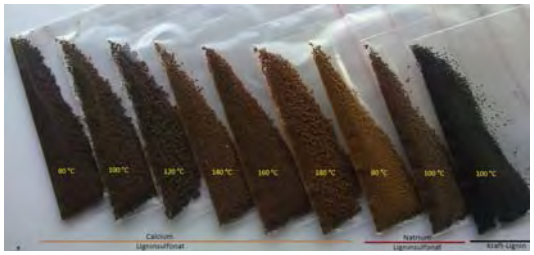


Abb. 1: Granulate welche mittels Sprühgranulator produziert wurden

4. Säurebehandlung/ Waschung und Entwässerung

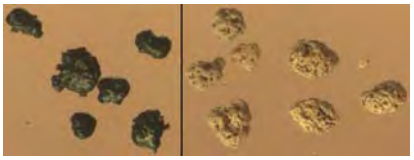


Abb. 2: Granulate aus Kraftlauge vor (links) und nach (rechts) Säurebehandlung/Waschung/Entwässerung

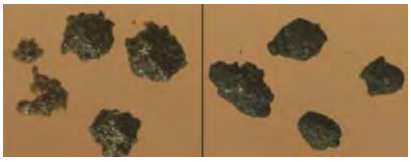


Abb. 3: Granulate aus Ligninsulfonat vor (links) und nach (rechts) Säurebehandlung/Waschung/Entwässerung

Abb. 4: Lignin Granulate vor (links) und nach (rechts) Säurebehandlung/ Waschung/Entwässerung

6. Verfahrensschema

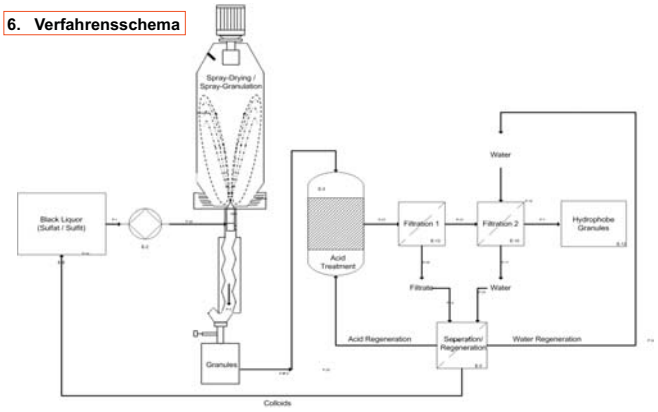


Abb. 6: Ligningranulate wurden über den abgebildeten Prozess produziert (Patent Nummer 10 2012 102 327.1). Der neue Prozess umfasst Granulation (z.B. Sprühgranulation), Säurebehandlung, Waschschritt/Entwässerung

7. Zusammenfassung

- Die Herstellung von Granulaten aus den Ablaugen (Kraftlauge, Ligninsulfonat) war erfolgreich, Der Heizwert konnte gesteigert werden
- Die Risiken von Staubexplosionen konnten aufgrund der Überführung in die Granulatform minimiert werden
- Die Gewinnung von Ligningranulaten aus Ablaugen nach dem präsentierten Verfahren ist ökonomisch, da (i) die Entwässerung des Ligninschlammes sehr effizient ist (iii) der Wasser-, Asche- und Schwefelgehalt im Endprodukt gering ist, der Heizwert erhöht wird und die Transport und Handhabungseigenschaften verbessert werden
- Der Prozess kann direkt in die Zellstofffabrik integriert werden

Brandenburgische Technische Universität Cottbus – Lehrstuhl Aufbereitungstechnik
Telefon: 0355-69 3635 – e-Mail: ls-at@tu-cottbus.de

Fraunhofer
IFF

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FABRIKBETRIEB UND -AUTOMATISIERUNG IFF, MAGDEBURG

GREEN-FC

FLEXIBLE DEZENTRALE ENERGIEBEREITSTELLUNG DURCH KONVERSION BIOGENER GASE ZUR NUTZUNG IN BRENNSTOFFZELLEN

Dipl.-Ing. T. Birth, Dr. rer. nat. W. Heineken, M.Sc. L. He

GESCHÄFTSFELD PROZESS- UND ANLAGENTECHNIK

Wasserstofferzeugung aus Biogas

- Direkte Biogasumwandlung in Wasserstoff durch
  - Entschwefelung
  - Wasserdampfreformierung
  - Wassergas-Shift-Reaktion

Motivation

- Deckung des jährlich um 2 % steigenden Energiebedarfs durch fossile Rohstoffe ist nicht nachhaltig
- Weltjahresbedarf an Wasserstoff von 500 Mio. m^3
- Wasserstoffinfrastrukturaufbau

Lösungsansatz / Konzept

- Modularer Anlagenaufbau für dezentralen Einsatz
- Betrachtung ressourcen– und energieeffizienter Stoffkreisläufe

Ergebnisse

- Entwicklung eines Reformers
- Auslegung der Einzelkomponenten
- CAD / CFD basierte Konstruktion / Simulation
- Entwurf eines innovativen MSR-Konzeptes

Wasserstofferzeugung aus fester Biomasse

- Biomasseumwandlung durch thermo-chemische Prozesse
  - Niedertemperatur- und Hochtemperatur-Pyrolyse
  - Vergasung
- Biomassen
  - Agrarische Reststoffe
  - Holz u. Energiepflanzen
  - Industriereststoffe

Lösungsansatz / Konzept

- Einsatz von Wirbelschichttechnologien
- Gasaufbereitung durch primäre und sekundäre Maßnahmen
  - Additive u. Bettmaterialien
  - Thermo-katalytische Aufbereitung
- Betrachtung ressourcen– und energieeffizienter Stoffkreisläufe

Ergebnisse

- Pilotierung therm.-chem. Wandlungs-anlagen
- Entwicklung einer Gasaufbereitung
- Katalysatorentwicklung

Wirbelschichttechnologie

- Wirbelschichttechnologie als innovatives Wandlungskonzept
- Nutzung von Brennstoffen unterhalb der Stückigkeitsgrenze von konventionellen Rostsystemen
- Hoher Festbrennstoffumsatz durch gestufte Fluidzugabe
- Minderung der Emissionen durch einheitliche Temperaturverteilung angesichts guter Durchmischung
- Verwendung eines breiten Brennstoffspektrums bezogen auf Stückigkeit und Wassergehalt

- Geplante Wirbelschichtwandlungsanlage unter Verwendung des Brennstoffes Stroh

Referenzen

- Industrie
  - Planung und Inbetriebnahme von Biomasse-Heizkraftwerken mit ORC-Prozess auf Basis von Rost- und Wirbelschichttechnologie
- Forschung und Entwicklung
  - ProBio - Integrierte Prozesssysteme zur energetischen Nutzung von Biomasse in Brennstoffzellen
  - Biomasse-Design - Brennstoffdesign aus landwirtschaftlichen Reststoffen zur Nutzung in dezentralen Anlagen
  - Kleinvergaser – Bundesmessprogramm zur Weiterentwicklung kleintechnischer Biomassevergasung
  - MD4 Bio KWK – Nutzung regionaler Biomasse-Reststoffe zur Wärme- und Stromversorgung eines Stadtteiles

Dipl.-Ing. Torsten Birth
Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb
und -automatisierung IFF Magdeburg
torsten.birth@iff.fraunhofer.de | +49 391 4090-355
www.iff.fraunhofer.de/pat

Wir danken allen Beteiligten für die fruchtbare Zusammenarbeit und wünschen für die weitere Arbeit im BMU-Förderprogramm „Energetische Biomassenutzung“ noch viel Erfolg!