

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie



IMPRESSUM**Herausgeber:**

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
 Torgauer Straße 116
 04347 Leipzig
 Telefon: +49 (0)341 2434-112
 Fax: +49 (0)341 2434-133
info@dbfz.de

Förderung:

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages

Geschäftsführung:

Prof. Dr. Michael Nelles (Wissenschaftlicher Geschäftsführer)
 Daniel Mayer (Administrativer Geschäftsführer)

DBFZ Tagungsreader, Nr. 13

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie
 am 20./21. September 2018
 Leipzig: DBFZ, 2018
 ISSN: 2199-9856 (online)
 ISBN: 978-3-946629-35-1

Datum der Veröffentlichung: 19. Dezember 2018

Bilder: Sofern nicht am Bild vermerkt: DBFZ

Das DBFZ ist nicht verantwortlich für den Inhalt der eingereichten
 Dokumente. Die Verantwortung für die Texte sowie der Bilder/Grafiken
 liegt bei den Autoren.

Gestaltung: Stefanie Bader, Desktop Publishing: Joana Klein

Copyright: Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne die
 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

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie

20./21. September 2018 | Leipzig: DBFZ, 2018

Inhaltsverzeichnis

Programmkomitee	9
Grußwort des Veranstalters	10
OPENING SESSION	
<i>Prof. Dr. Michael Nelles, Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Rostock</i>	
Energetische und stoffliche Verwertung von biogenen Abfällen und Reststoffen	12
<i>Prof. Dr. Daniela Thrän, UFZ / DBFZ / Universität Leipzig</i>	
Bioenergy in a CO₂ Economy	34
<i>Prof. Dr. Dirk Enke, Universität Leipzig</i>	
Potenziale der biogenen Silika – ein Rohstoff für die Zukunft?.....	42
BIOCHEMISCHE KONVERSION	
<i>Eric Mauky, Deutsches Biomasseforschungszentrum / Uni Rostock</i>	
Modellbasiertes Regelungskonzept für eine bedarfsorientierte Biogasproduktion	54
<i>Torsten Reinelt, Deutsches Biomasseforschungszentrum / TU Dresden</i>	
Vermeidung betriebsbedingter Methanemissionen aus Über-/Unterdrucksicherungen durch Maßnahmen des Biogasspeichermanagements.....	66
<i>Edward Antwi, Rostock University</i>	
The effect of hydrothermal pre-treatment on the biogas yield of cocoa pods.....	82
<i>Thomas Trabold, Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg (FAU)</i>	
Direct Biological Methanation of the Synthesis Gas of an Allothermal Wood Gasifier	84
<i>Lukas Schenke, RWTH Aachen</i>	
Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets in Kleinf Feuerungsanlagen.....	94
THERMO-CHEMISCHE KONVERSION	
<i>Thomas Zeng, Deutsches Biomasseforschungszentrum</i>	
Dedicated mechanical fuel pre-treatment of low quality woody and non-woody residue fuels in order to optimize their emission and combustion behavior in small scale appliances.....	110
<i>René Bindig, DBFZ/Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg</i>	
Verfahren zur Entwicklung von Katalysatoren für die Emissionsminderung an Verbrennungsanlagen – Vom Labor in die Praxis	112
<i>Peter Treiber, Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg (FAU)</i>	
Allothermal gasification and integrated syngas cleaning by hot K₂CO₃ scrubbing for decentralized SNG production	124

BIORAFFINERIEIEN/BIOKRAFTSTOFFE

Edoardo Miliotti, Università di Firenze

Experimental experience on batch subcritical hydrothermal processing of lignin-rich stillage from 2nd generation ethanol process.....	140
---	------------

Sebastian Dietrich, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Biogas upgrading to high-calorific natural gas by synthesis of light hydrocarbons	156
--	------------

Matthias Betz, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)/Institut für Katalyseforschung und -technologie (IKTF)

Synthese von aromatenfreiem Benzin aus Ethanol.....	172
--	------------

Pablo J. Arauzo Gimeno, University Hohenheim

Hydrochars obtained from hydrothermal carbonization of two steps brewer's spent grains	184
---	------------

SYSTEMANALYSE BIOENERGIE

Ulises Flores, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios.....	188
---	------------

Eckart Petig, Universität Hohenheim

Effekte von regionalem landwirtschaftlichen Biomasseangebot auf die Standortwahl von Bioraffinerien in Baden-Württemberg	202
---	------------

Markus Lauer, Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Leipzig

Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Biogasanlagen als Flexibilitätsoption im Stromsystem der Zukunft.....	214
--	------------

Katrin Beer, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Politische Prozesse der Bioökonomie zwischen Ökonomie und Ökologie – Zielkonflikte und Lösungsansätze im Themenfeld Bioenergie (Strom und Wärme)	224
---	------------

POSTER-SPEEDPRESENTATION BIOCHEMISCHE KONVERSION

Isabell Eickhoff, Universität Rostock

Development of an innovative process to digest press water from mixed household waste	240
--	------------

Ying Zhou, Universität Rostock

Products from food waste by HTC treatment and their utilization in anaerobic digestion	242
---	------------

Manuel Winkler, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Modellbasierte Prozessoptimierung von Biogasanlagen	244
--	------------

Dirk Kirchner, Universität Leipzig

Entwicklung und Diskussion von Planungs- und Auslegungsmethoden für Biogashybrid-Inselsysteme unter Berücksichtigung der flexiblen bedarfsorientierten Biogaserzeugung	246
---	------------

Fatih Gökgöz, Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Rostock

Koppelung von Strom- und dezentraler Kraftstofferzeugung in Biogasanlagen – Flexibilisierungsansatz und Potenzialstudie	248
--	------------

Jan Sprafke, Universität Rostock

Integration von Biogas- und Abfallvergärungsanlagen in industriellen Wärmeprozessen	250
--	------------

POSTER-SPEEDPRESENTATION THERMO-CHEMISCHE KONVERSION

<i>Saad Butt, Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig</i> High Temperature Oxidation of Pollutants on Solid State Catalysts	254
<i>Mirjam Müller, DBFZ/Hochschule für Technik und Wirtschaft Leipzig/Universität Leipzig</i> Charakterisierung und Integration für Oxidationskatalysatoren in Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen	256
<i>Amirhossein Zareihassangheshlaghi, Universität Leipzig</i> Impact of Varying Heating Regimes on Biogenic Silica Obtained from Rice Husk	258
<i>Dennis Krüger, Deutsches Biomasseforschungszentrum</i> Hochflexible Stromerzeugung durch Mikro-KWK-Systeme unter Nutzung von Holzkohle	260
<i>Johann Hee, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen</i> Entwicklung qualitativ hochwertiger, naturbelassener Holzpellets zur eindeutigen Herstellerzuordnung vor und nach der Verbrennung	262
<i>Andrea Dernbecher, Deutsches Biomasseforschungszentrum</i> Experimentelle und numerische Untersuchung einer Scheitholzfeuerung	266
<i>Claudia Kirsten, DBFZ / TU Berlin / TU Bergakademie Freiberg</i> Bindemechanismen – Was hält ein Pellet zusammen?	268
<i>Daniel Reißmann, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ / Universität Leipzig</i> Künftige Entwicklungspfade für Hydrothermale Prozesse in Deutschland bis 2030	270
<i>Tanja Schneider, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)</i> Verstromung von biogenen Reststoffen in einem wirbelschicht-gefeuerten Stirlingmotor	272

POSTER-SPEEDPRESENTATION BIORAFFINERIE/BIOKRAFTSTOFFE

<i>Frederico Gomes Fonseca, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)</i> Moisture content as a design and operational parameter for fast pyrolysis	276
<i>Matthis Kurth, Deutsches Biomasseforschungszentrum / TU Berlin</i> Entwicklung einer wasserabscheidenden Membran zur Umsatzsteigerung des Methanisierungsprozesses	280
<i>Roy Nitzsche, Deutsches Biomasseforschungszentrum</i> Gewinnung von Hemicellulosezuckern aus Holzhydrolysaten mittels Adsorption und Membranfiltration	282
<i>Jakob Köchermann, Deutsches Biomasseforschungszentrum</i> Production of furfural from D-xylose and organosolv hemicellulose in water/ethanol mixtures	286

POSTER-SPEEDPRESENTATION SYSTEMANALYSE BIOENERGIE

<i>André Brosowski, Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig</i> Nationales Ressourcenmonitoring von biogenen Reststoffen, Abfällen und Nebenprodukten	290
<i>Niels Kirstein, Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Leipzig</i> Zukünftige Nutzung biogener Festbrennstoffe vor dem Hintergrund des Zwei-Grad-Ziels	292

<i>Matthias Jordan, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ</i> The future role of bioenergy in the German heat sector in competition with other renewable technologies	294
<i>Frazer Musonda, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ</i> How can the available biomass resources be optimally allocated to the German bioeconomy?	296
<i>Beike Sumfleth, Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Leipzig</i> Certification of low ILUC risks in emerging markets	298
<i>Indrani Kar, Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig</i> Including soil impacts within a regional life cycle assessment of biobased products	300
<i>Alena Hahn, Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig</i> Systematische Einordnung von Bioenergie-CO₂-Technologien zur Anwendung in Energieszenarien	302
<i>Walther Zeug, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ / Universität Leipzig</i> A Holistic Life Cycle Sustainability Assessment Approach for the Bioeconomy	304
<i>Alexandra Pfeiffer, Deutsches Biomasseforschungszentrum</i> Datenschätze finden, analysieren und visualisieren: Eine Karte sagt mehr als 1000 Worte!	306

REFERENTENPROFILE

Antwi, Edward.....	309
Arauzo, Pablo J.....	309
Beer, Katrin.....	310
Bindig, René	310
Betz, Matthias	311
Brosowski, André.....	311
Butt, Saad.....	312
Dernbecher, Andrea	312
Dietrich, Sebastian	313
Eickhoff, Isabell.....	313
Prof. Dr. Enke, Dirk.....	314
Flores, Ulises	314
Gomes Fonseca, Frederico.....	315
Gökgöz, Fatih.....	315
Hahn, Alena	316
Hee, Johann.....	316
Jordan, Matthias	317
Kar, Indrani	317
Kirchner, Dirk.....	318
Kirstein, Niels	318
Kirsten, Claudia.....	319

Köchermann, Jakob	319
Krüger, Dennis.....	320
Kurth, Matthis	320
Lauer, Markus.....	321
Mauky, Eric	321
Miliotti, Edoardo	322
Müller, Mirjam	322
Musonda, Frazer	323
Nelles, Prof. Dr. Michael	323
Nitzsche, Roy	324
Petig, Eckart	324
Pfeiffer, Alexandra.....	325
Reinelt, Torsten	325
Reißmann, Daniel	326
Schenke, Lukas	326
Schneider, Tanja.....	327
Sumfleth, Beike	327
Sprafke, Jan.....	328
Thrän, Prof. Dr. Daniela	328
Trabold, Thomas.....	329
Treiber, Peter	329
Winkler, Manuel	330
Zareihassangheshlaghi, A.	330
Zeng, Thomas.....	331
Zeug, Walther	331
Zhou, Ying.....	332

ANHANG

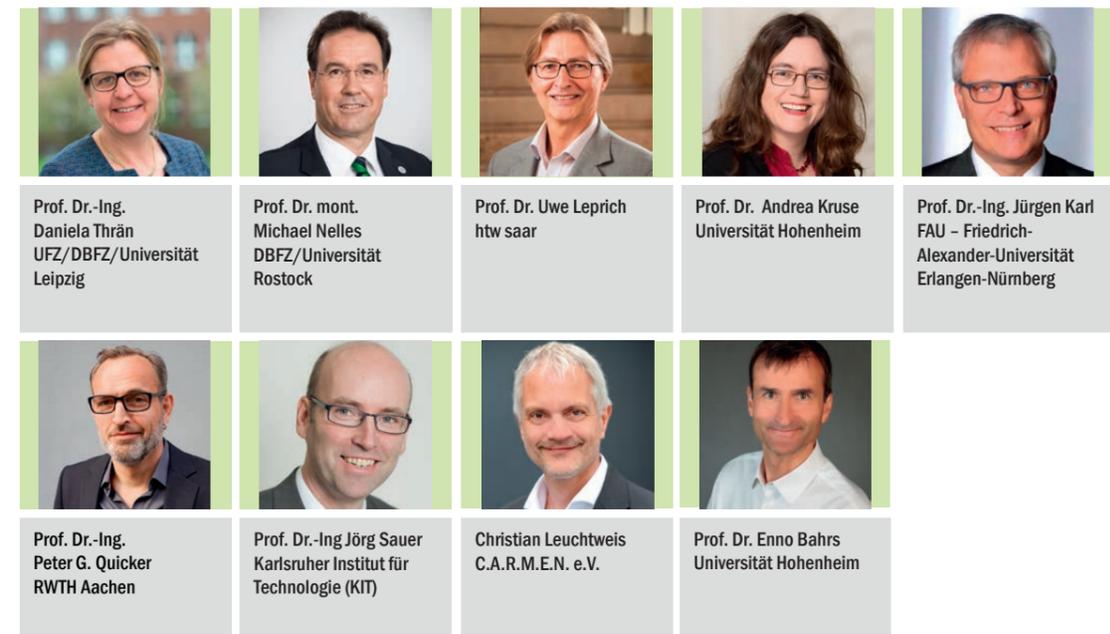
Ausrichter.....	335
Save the Date.....	336
Teilnehmerliste	337

Programmkomitee

Die Veranstaltung wurde fachlich betreut und unterstützt von folgenden Institutionen:

C.A.R.M.E.N. e.V, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, htw saar, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), RWTH Aachen, Universität Hohenheim, Universität Leipzig, Universität Rostock.

MITGLIEDER DES PROGRAMMKOMITEES



Grußwort des Veranstalters

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit über 150 aktiven Teilnehmern in der Eröffnungssession ist das 1. Deutsche Doktorandenkolloquium Bioenergie fulminant gestartet. Im Anschluss diskutierten an anderthalb Tagen Doktoranden hochkarätiger Forschungseinrichtungen und Universitäten im Rahmen von vier fachlichen Sessions und Side-Events kritisch die neusten Forschungsansätze und den aktuellen Stand ihrer Dissertationsarbeiten. Sie tauschten sich zu Lösungsstrategien und Ergebnissen aus und nutzten die Veranstaltung hervorragend als Plattform zur Vernetzung mit Nachwuchskollegen und erfahrenen Wissenschaftlern. Das Ziel des Kolloquiums, dem wissenschaftlichen Nachwuchs eine Weiterqualifikation zu ermöglichen, wurde mit dem 1. Deutschen Doktorandenkolloquium Bioenergie vollumfänglich erreicht.

Fokus der Veranstaltung war das Thema Bioenergie als eine vielseitige Energiequelle, die für die Umsetzung der Klimaschutzziele unverzichtbar ist. Für eine gelungene Energiewende bedarf es aber auch künftig nachhaltiger, effizienter und innovativer Lösungen. Die Forschung dazu ist bereits jetzt herausragend und vielfältig und somit bedeutsam für die Energiewende. Ausbaufähig sind jedoch noch Netzwerke innerhalb der Forschungslandschaft, um den Austausch zwischen Forschenden sowie zu Praktikern zu vertiefen. Im Mittelpunkt des anderthalb täglichen Kolloquiums stand die gesamte Konversionskette der Bioenergie – angefangen beim Rohstoff Biomasse, über die unterschiedlichen Konversionspfade und -prozesse einschließlich deren technologischen Umsetzung bis hin zu den resultierenden Produkten und Dienstleistungen sowie die dafür notwendigen Systemanalysen und Maßnahmen zur Systemintegration.

Das 1. Deutsche Doktorandenkolloquium Bioenergie wurde erstmals organisiert, um Wissens- und Entscheidungsträger von morgen bereits heute zusammenzubringen sowie die Vernetzung der wissenschaftlichen Institutionen zu verbessern. Wir wollen es in den nächsten Jahren weiter zu einer festen Größe etablieren. Als erster Ausrichter von neun Partnerinstitutionen und Universitäten wurde



Prof. Dr. Daniela Thrän, DBFZ / UFZ / Universität Leipzig

das 1. Deutsche Doktorandenkolloquium Bioenergie vom Deutschen Biomasseforschungszentrum organisiert, die kommende Veranstaltung findet am 30. September und 1. Oktober 2019 an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg statt.

Im Namen des gesamten Programmkomitees bedanke ich mich bei allen Referenten, Teilnehmern und Unterstützern für die gelungene Auftaktveranstaltung und bin voller Vorfreude auf das 2. Deutsche Doktorandenkolloquium Bioenergie.

Im vorliegenden Tagungsreader finden Sie alle Abstracts und Folien sowie eine Kurzvorstellung der Referenten. Wir wünschen eine angenehme und informative Lektüre!

Mit besten Wünschen im Namen des gesamten Programmkomitees,

Prof. Dr. Daniela Thrän

DBFZ/ UFZ / Universität Leipzig

Opening Session

Prof. Dr. Michael Nelles, Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Rostock

Energetische und stoffliche Verwertung von biogenen Abfällen und Reststoffen

Prof. Dr. Michael Nelles, Dr. Ingo Hartmann, Dr. Volker Lenz, Dr. Jan Liebetrau, Dr. Franziska Müller-Langer, Prof. Dr. Daniela Thrän

Deutsches Biomasseforschungszentrum

Torgauer Str. 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-113

E-Mail: Michael.Nelles@dbfz.de

Die Entsorgungswirtschaft muss sich zunehmend an den Vorgaben nachhaltiger Ressourcen- und Klimaschutzziele ausrichten. Eine der zentralen globalen Zukunftsaufgaben ist dabei die Sicherstellung einer nachhaltigen, d.h. ökonomisch, ökologisch und sozial tragfähigen Versorgung mit Rohstoffen und Energie. In beiden Bereichen kann die Kreislaufwirtschaft einen wichtigen Beitrag leisten. Für Deutschland lässt sich hier eine positive Zwischenbilanz ziehen. Insbesondere die positiven ökologischen Effekte der Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen sind durch zahlreiche wissenschaftliche Studien belegt. In Deutschland trägt die Kreislaufwirtschaft inzwischen maßgeblich zum Klimaschutz bei, während in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern etwa 10 bis 15 Prozent der klimarelevanten Emissionen aus abfallwirtschaftlichen Prozessen stammen. Der Aufbau einer modernen Abfall- und Recyclingwirtschaft leistet somit einen erheblichen Beitrag zur Lösung dieser globalen Zukunftsaufgaben.

Die Energieversorgung Deutschlands muss im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung in den nächsten Jahrzehnten vollständig auf erneuerbare Energien (EE) umgestellt und die Versorgung der Industrie mit organischen Grundstoffen in diesem Jahrhundert von petro- auf biobasierte Stoffe ausgerichtet werden. Dieses ambitionierte Ziel der langfristigen Integration von Biomasse in ein nachhaltiges Energie- und Bioökonomiesystem ist nur erreichbar, wenn die Biomasse effizient, umweltverträglich und mit höchstmöglichem volkswirtschaftlichem Nutzen eingesetzt wird. Schon heute nimmt die Bioenergie im Energiesystem eine besondere Stellung ein (2016:

rund 9 Prozent des Primärenergiebedarfs). Bezogen auf die Einsatzgebiete waren dies im Jahr 2016 fast 30 Prozent an der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien sowie über 90 Prozent der erneuerbaren Wärme und regenerativen Kraftstoffe. In den nächsten Jahrzehnten werden die Anforderungen und Rahmenbedingungen an die stoffliche und energetische Biomassenutzung im Zuge der Energiewende und dem Aufbau einer biobasierten Wirtschaft in Deutschland erheblich steigen. Nachhaltigkeitsbewertungen, Nutzungskonkurrenzen, die intelligente Verknüpfung von Wertschöpfungsketten sowie die Kopplung von Industriesektoren sind nur einige Felder, die in diesem Zusammenhang bearbeitet werden müssen. Deutschland kommt hierbei eine besondere Verantwortung zu. In vielen Technologiebereichen der Energie- und Rohstoffeffizienz, der erneuerbaren Energien und der Bioökonomie zählen deutsche Akteure in Wirtschaft, Forschung und Politik zur Weltspitze. Eine erfolgreiche Demonstration von Technologien und Systemen in einer der führenden Industriegesellschaften ist Voraussetzung, um internationale Märkte erfolgreich erschließen zu können. Eine optimierte Reststoff- und Abfallnutzung sowie deren Verwertung, z.B. in der Chemieindustrie sowie das Schließen von Nährstoffkreisläufen eröffnen ergänzende Wertschöpfungspotenziale für intelligent integrierte Bioenergieverfahren.

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH



Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

Energy and materials from organic waste and residues
(Energetische und stoffliche Verwertung von biogenen Abfällen und Reststoffen)
M. Nelles, I. Hartmann, V. Lenz, J. Liebetrau, F. Müller-Langer & D. Thrän



Presentation in the Closing Session of the DBFZ Annual Conference 2018 in Leipzig

Agenda

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio



- 1. Waste Management in Europe**
- 2. Waste Management in Germany**
- 3. Organic waste and residues in Germany**
- 4. Examples of DBFZ-projects**
 - Multi-Step-Quick-Scan-Method
 - Waste and residues from animal farming
 - Other current projects of Rostock University and DBFZ
- 5. Conclusion and Outlook**

Universität Rostock Traditio et Innovatio DBFZ

Waste Management in Europe

Universität Rostock Traditio et Innovatio DBFZ

Waste Management Hierarchy

PREVENTION	using less material in design and manufacture, designing products for a longer life
PREPARING FOR REUSE	cleaning, repairing, refurbishing whole items or spare parts
RECYCLING	turning waste into new materials or products, includes composting if it meets quality protocols
OTHER RECOVERY	anaerobic digestion, incineration with energy recovery, gasification and pyrolysis which produce energy/fuels, some backfilling
DISPOSAL	landfill and incineration without energy recovery

Source: EU Waste Framework Directive 2008/98/EC

© 2009 UNIVERSITY OF ROSTOCK | FACULTY OF AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

Universität Rostock Traditio et Innovatio DBFZ

Status of MSW Treatment in Europe 2013

Country	landfill	incineration	recycling	composting
Germany	35	45	15	5
Belgium	45	45	10	0
Sweden	50	40	10	0
Austria	40	40	15	5
France	30	30	30	10
United Kingdom	35	20	30	15
Italy	38	20	25	17
Czech Republic	55	15	20	10
Spain	60	10	20	10
Poland	65	10	15	10
Hungary	65	10	15	10
Bulgaria	70	10	10	10
Slovakia	75	10	10	5
Greek	80	10	10	0
Romania	95	0	0	5

Source: EU, EuroStat 2015

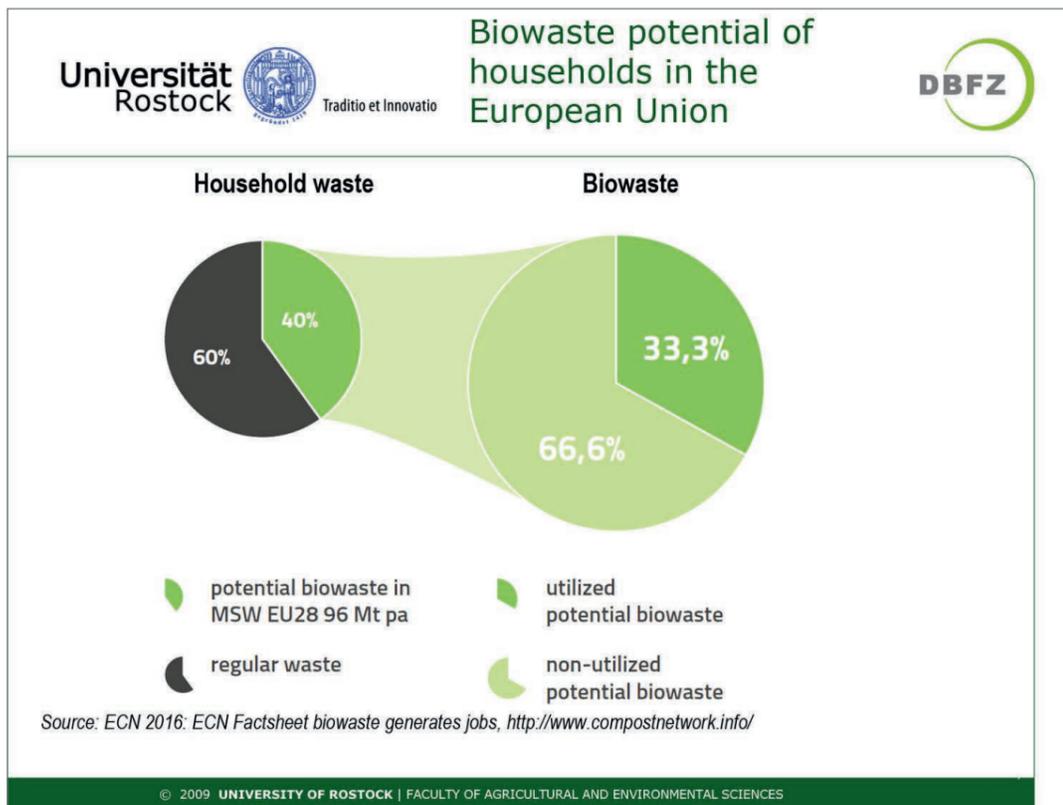
© 2009 UNIVERSITY OF ROSTOCK | FACULTY OF AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

Universität Rostock Traditio et Innovatio DBFZ

Municipal waste treatment, by type of treatment, EU-27, (kg per capita), 1995-2015

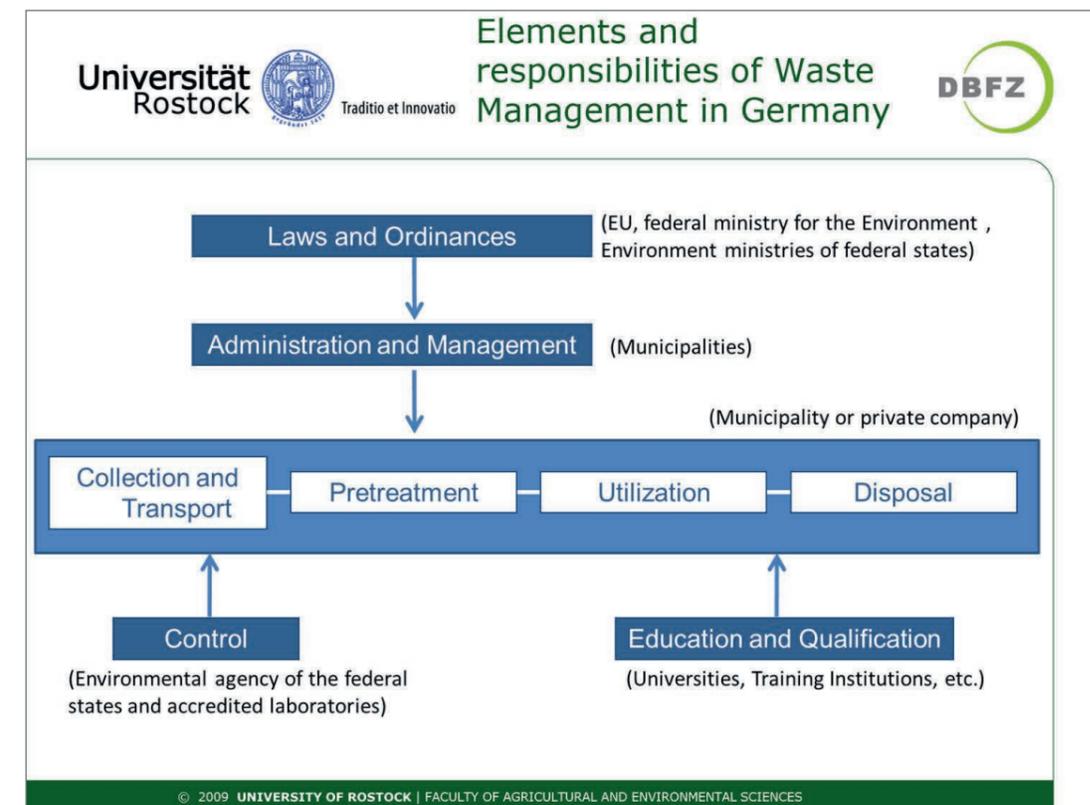
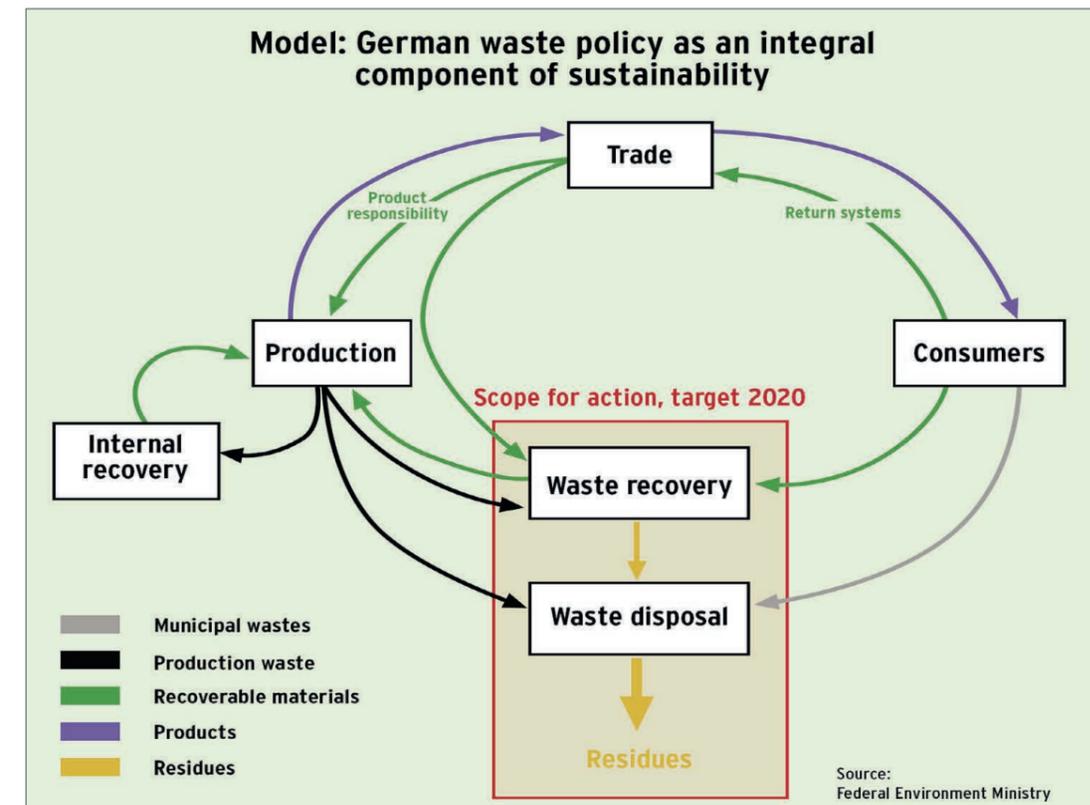
http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/
last modified on 1 August 2017

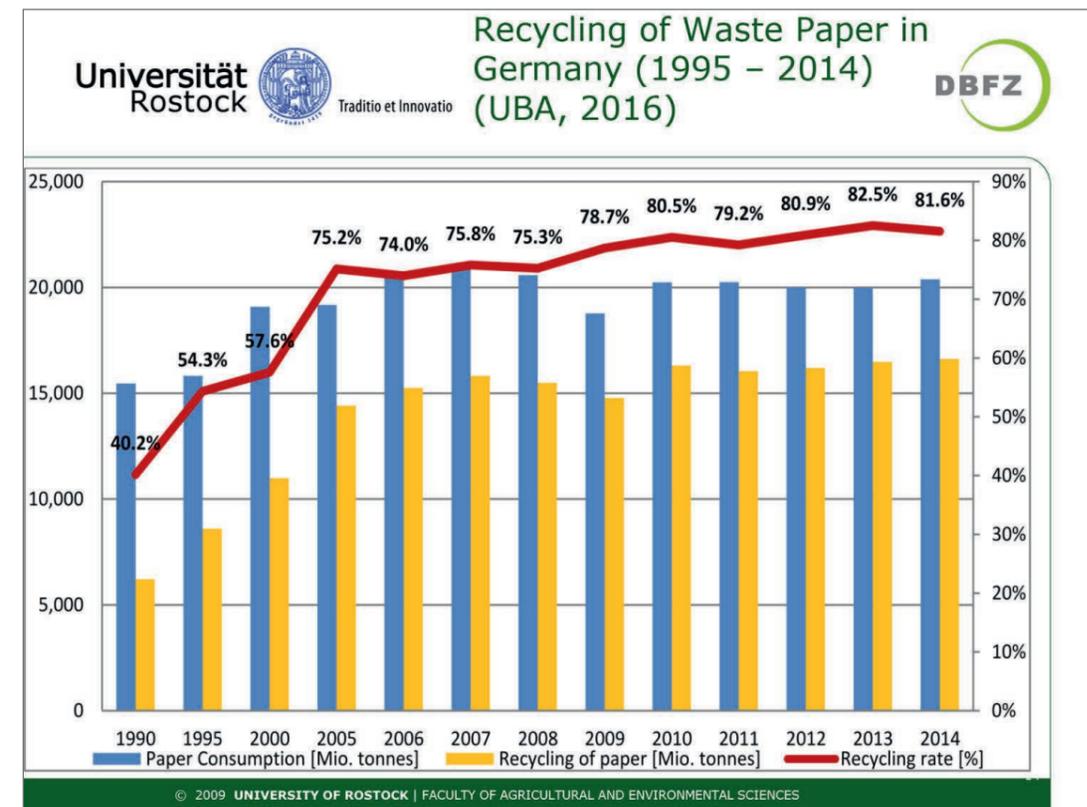
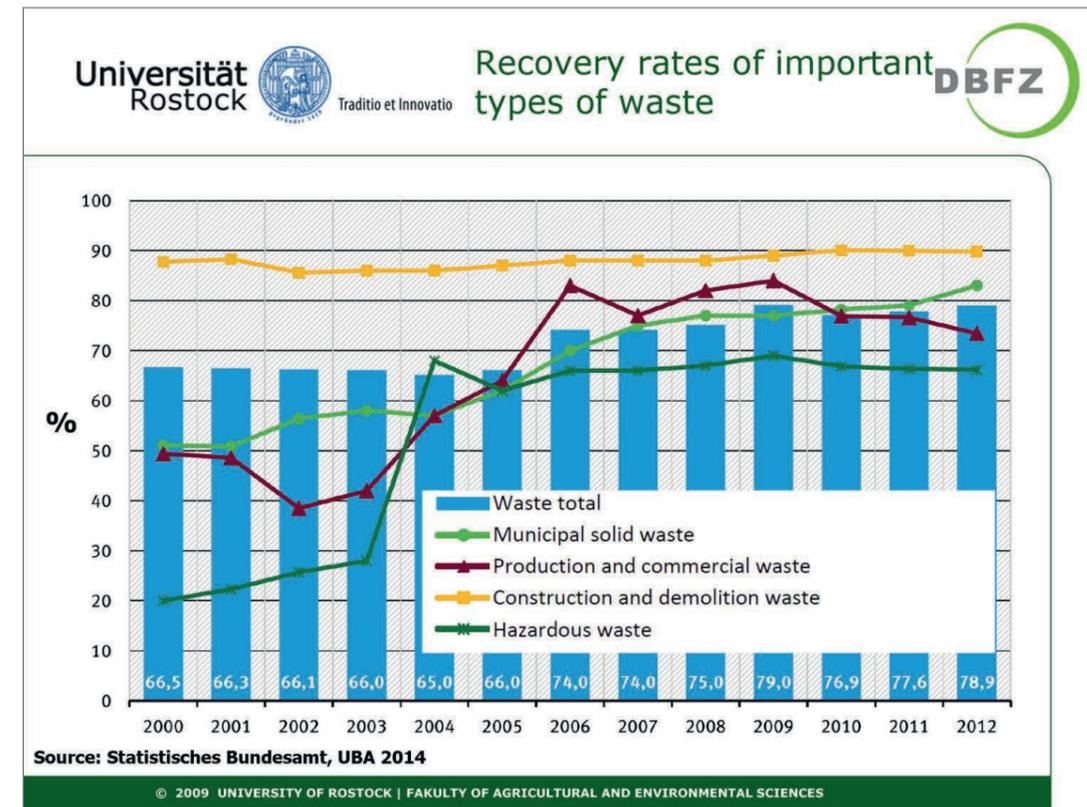
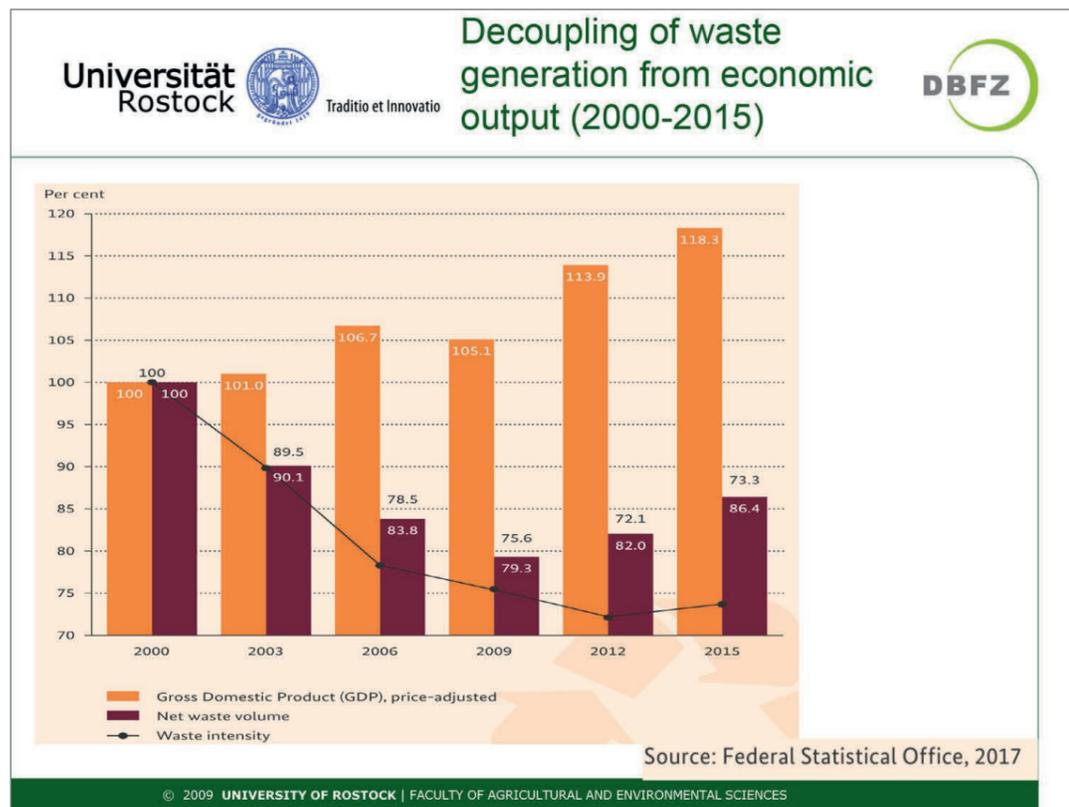
© 2009 UNIVERSITY OF ROSTOCK | FACULTY OF AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

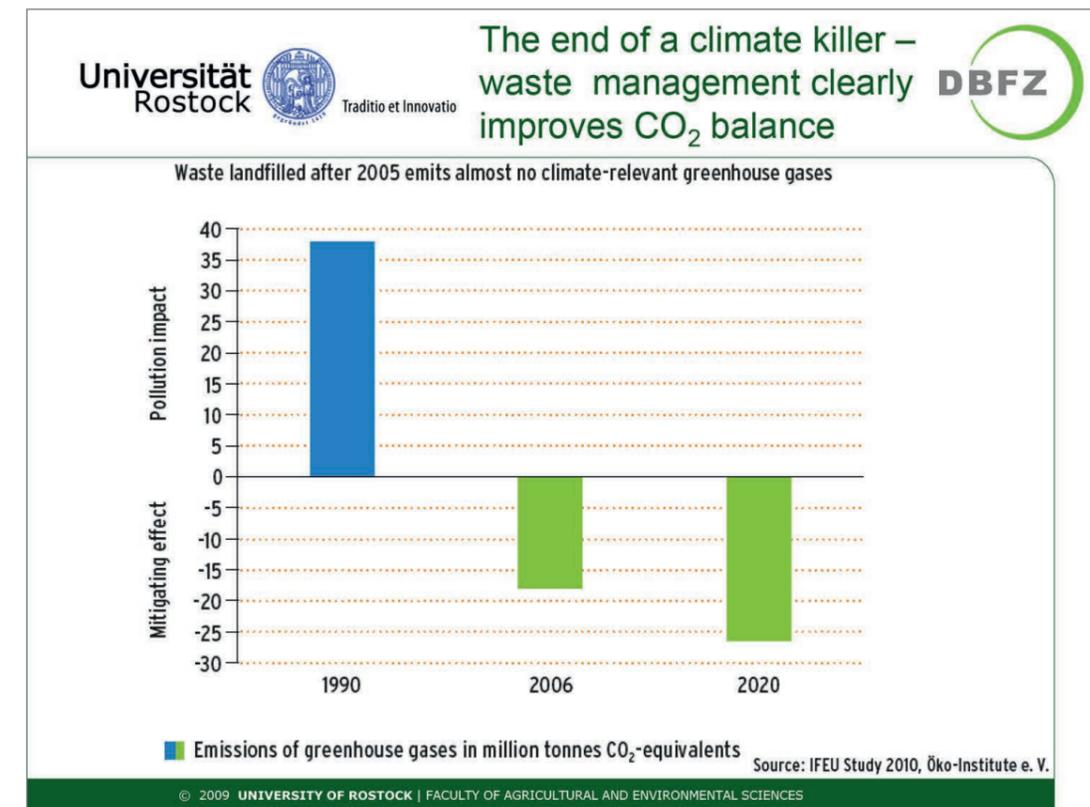
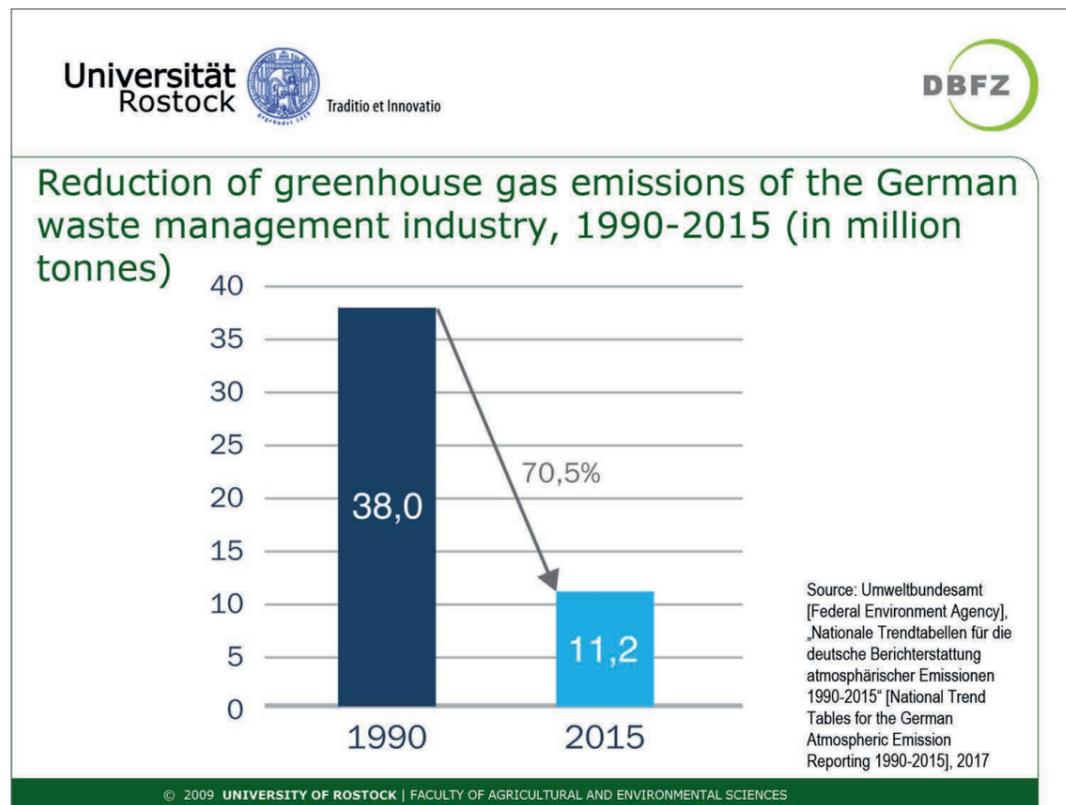
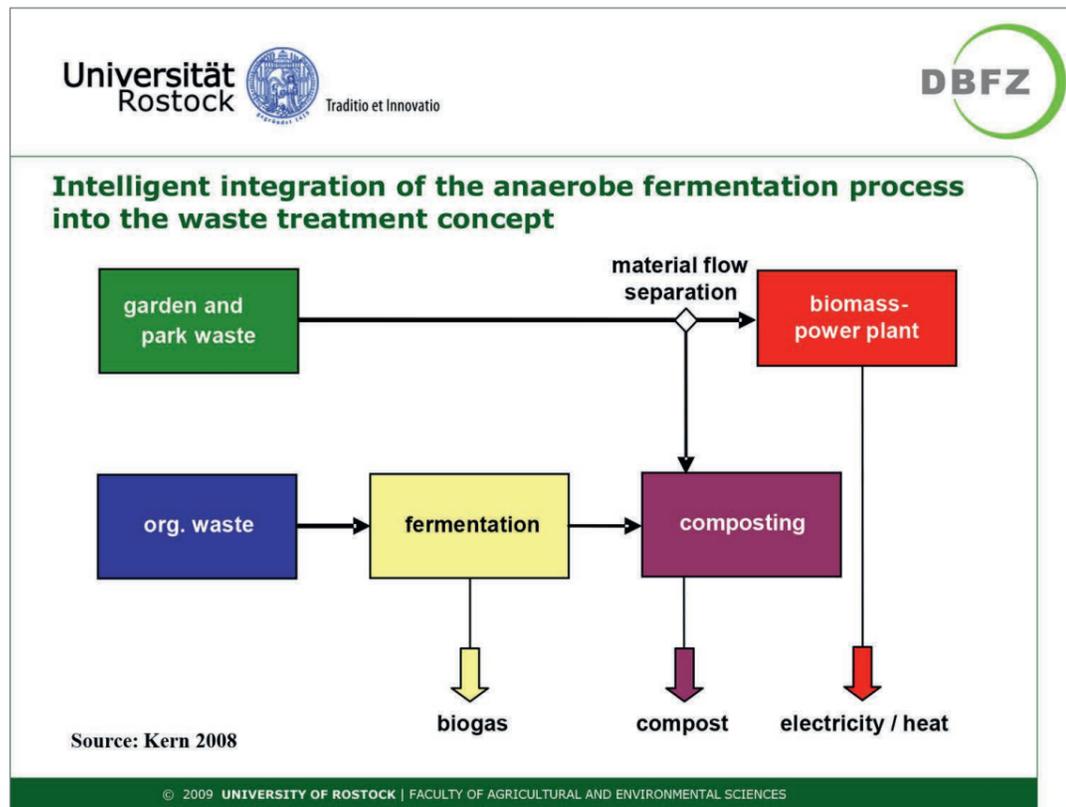


Waste Management in Germany

© 2009 UNIVERSITY OF ROSTOCK | FACULTY OF AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES







Organic waste and residues in Germany

Biomass for the energy system



Energy crop



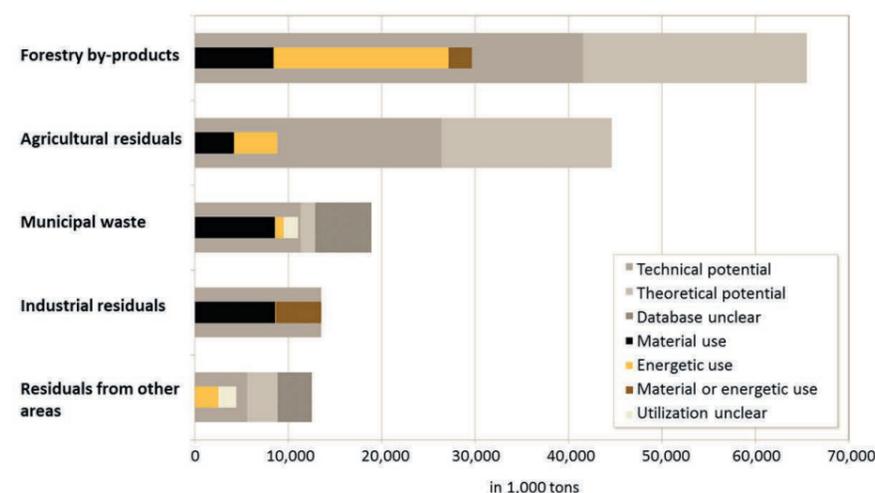
Residues of agriculture and forestry



Organic waste



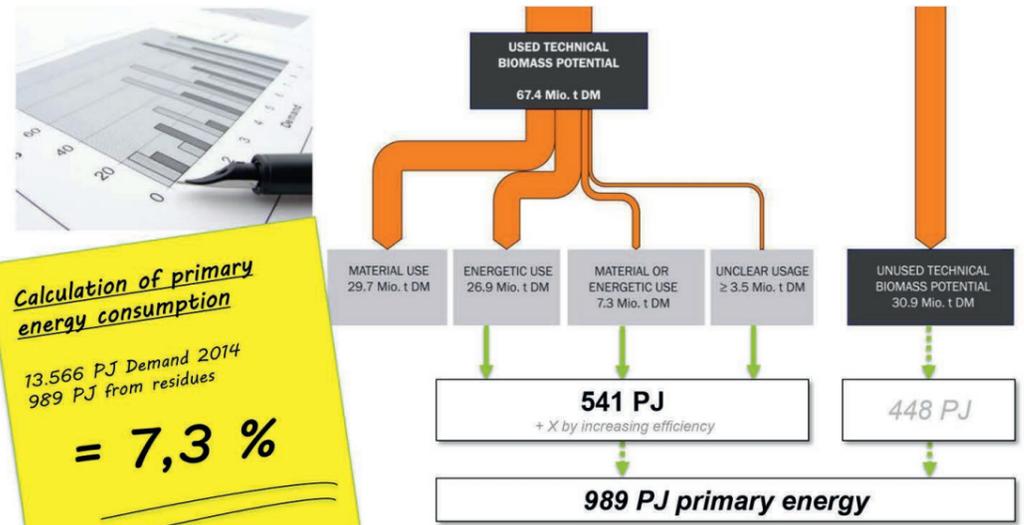
Current utilization of different biogenic waste and residues categories in Germany (dry mass per year)

in 1,000 tons

Source: Brosowski et al. 2015, FNR-research project FKZ 22020114, Project BioPot

What do these results mean?

Calculation of primary energy consumption

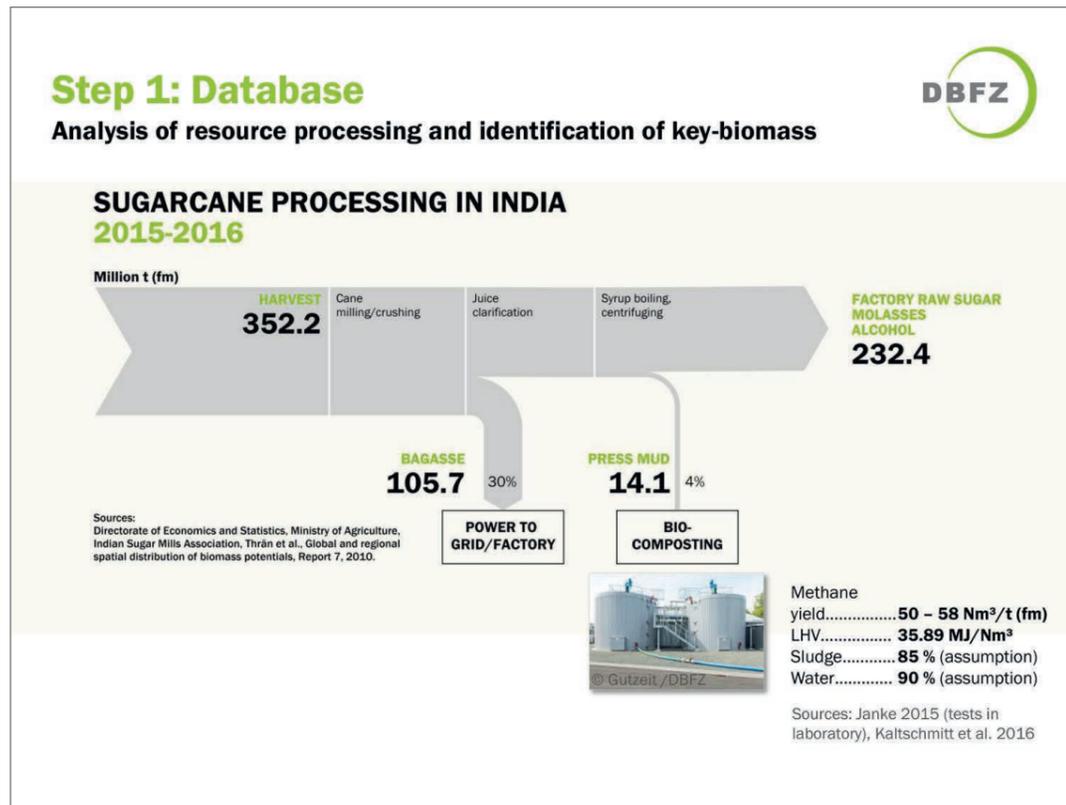
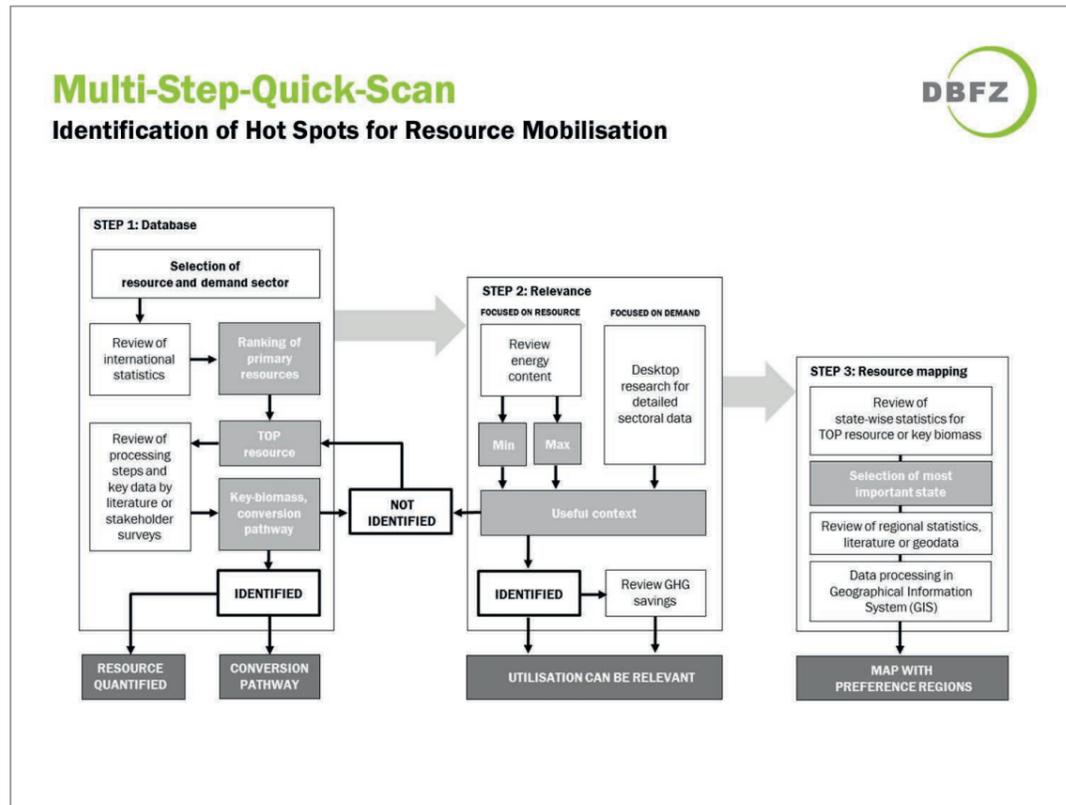
13.566 PJ Demand 2014
989 PJ from residues

= 7,3 %

Source: Brosowski et al. 2015, Picture: morchella / Fotolia.com



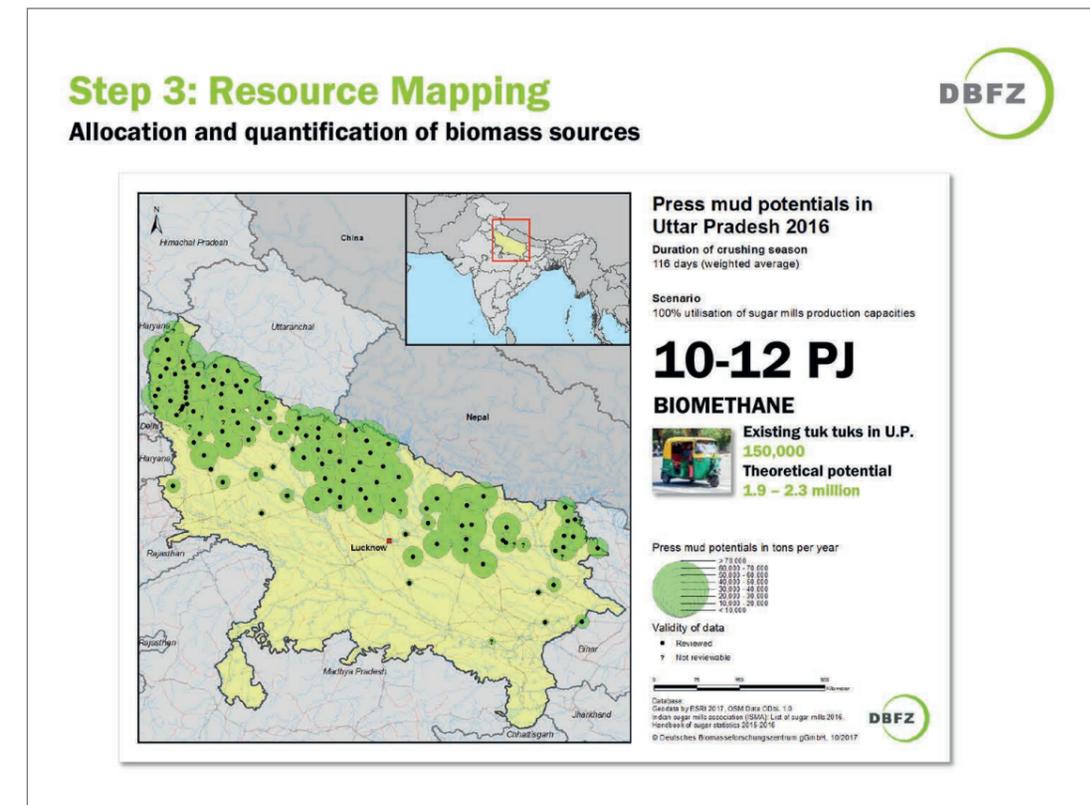

DBFZ-Multi-Step-Quick-Scan



Step 2: Relevance Identification of useful context

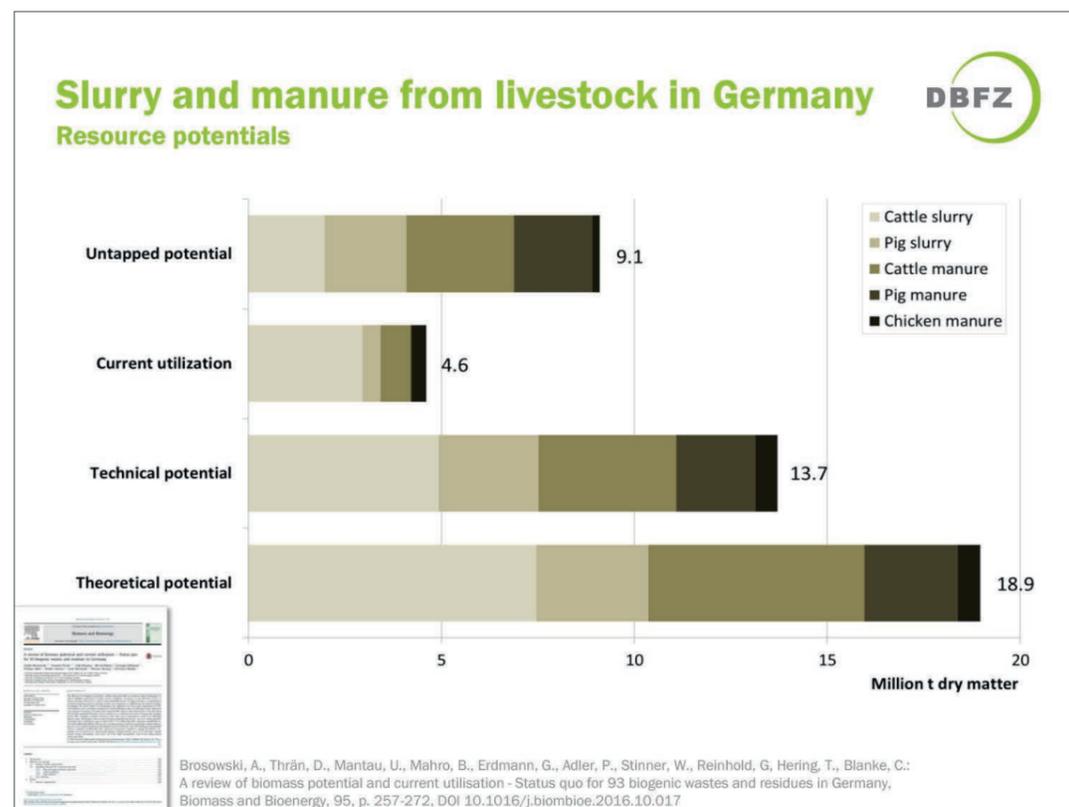
WHAT DOES THAT MEAN?

Fuel c.: 3.5/100km, LHV_{petrol}: 30,5 MJ/l, 100 km = 106,75 MJ, 5,000 km = 5,338 MJ





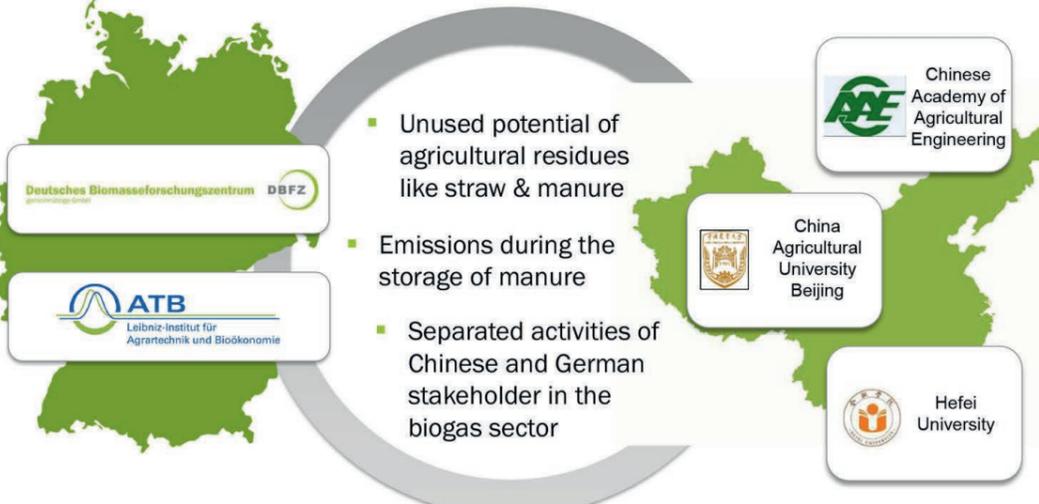
Waste and residues from animal farming




Challenges in China & Germany

With support from
Federal Ministry of Food and Agriculture
by decision of the German Bundestag

Scientists face the challenges



- Unused potential of agricultural residues like straw & manure
- Emissions during the storage of manure
- Separated activities of Chinese and German stakeholder in the biogas sector

By chris 輪 - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10765865>

By Alanmak - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=575771>



ChinaRes-project

Duration: November 2017 – October 2020

With support from
Federal Ministry of Food and Agriculture
by decision of the German Bundestag

We are fostering the utilization of agricultural residues & emission reduction in the biogas sector in China & Germany via

- Identification of best-case plant concepts (barn, manure management and biogas plant)
- Identification of barriers for the energetic use of agri-residues
- Development of technical concepts for a better design and a coordinated operation of barn and biogas plant
- Comparison of results of China - Germany
- Networking activities amongst Chinese and German stakeholder





Other current projects

Rostock University & DBFZ



REPHOR-Initiative MV: Utilization of Sewage Sludge in Mecklenburg-Vorpommern

Category	Disposal Route	Stakeholder	Sewage Sludge (kg DM/a)
K 1a K 1b	Incineration	a) Klärschlamm-Kooperation MV b) Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserreinigung Rügen	25,000 2,000
K 2	Hydrothermal Carbonisation	HTCycle (Build & Operate) counties in Vorpommern	3,800
K 3	Others	Other counties in Mecklenburg- Vorpommern	10,200



Klärschlamm-Kooperation
Mecklenburg-Vorpommern GmbH



HTCycle



Universität
Rostock



UNIVERSITÄT
HOHENHEIM





SIAAP Sycotom Innovation Partnership (2017 - 2026)

Combined energetic use of sewage sludge and bio waste in the City of Paris

Co-digestion of sludge and household waste (with fat and horse manure)

- Innovative treatment system is mandatory
- Energy recovery has to be maximised
- Waste and by-products to be minimised

Three-stage innovation partnership

- Lab → pilot stage → commercial plant
- First stage – scientifically led by DBFZ – characterises substrates and prepares pilot plant planning










HYTORF

Production of peat substitutes by hydrothermal conversion of landscape conservation material

Duration: 11/2017 – 10/2018

Funding source: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, FKZ: 22009916

Objectives: Evaluation and assessment of the hydrothermal carbonization of landscape conservation material to produce high-quality peat substitutes

Methods: Definition of peat substitute product requirements; laboratory and large-scale carbonization experiments; mixing, storage and cultivation trials & hydrological investigations; techno-economic evaluation of the concept

Results:

- Carbonization and cultivation successfully completed
- Processing of experimental results and techno-economic evaluation ongoing

Partners:

- Gramoflor GmbH & Co. KG
- bioscape ökologische Produkte und Dienstleistungen GmbH



Peat substitute application for the cultivation of tomatoes and peppers






HTC-liq

Reactor and process development for the combined recovery of valuable materials and waste water treatment by hydrothermal

Duration: 04/2017 – 03/2020
Funding source: Sächsische Aufbaubank (SAB) – EFRE Technologieförderung, FKZ: 100283030

Objectives: Production of valuable materials, e.g. carboxylic acids, HTC coal by hydrothermal carbonization of residual and waste materials from Saxony

Methods: Analysis of available raw materials, HTC of selected starting materials, variation of HTC parameters to improve product yield and quality, analysis of products (solid/liquid), techno-economic evaluation of the concept

Results:

- Successful screening of feedstock in Saxony
- Lab-scale HTC experiments and analyses completed

Partners:

- Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS
- LTC – Lufttechnik Crimmitschau GmbH

HHV of HTC coal as a function of temperature and holding time during hydrothermal carbonization; Source: DBFZ

Solid residues to high quality fuels (RtF)

washing of biogenic residues and wastes like leaves, landscape cleaning grass, wood residues generates fuels comparable to wood

torrefaction increases durability, homogeneity and heating value for future flexible operating systems

Quelle: Pusch AG

Quelle: Krüger, DBFZ 2014

Project - GASASH

Title:
Thermo-chemical conversion of agricultural residues in a gasification-CHP-plant with coupled ash utilization

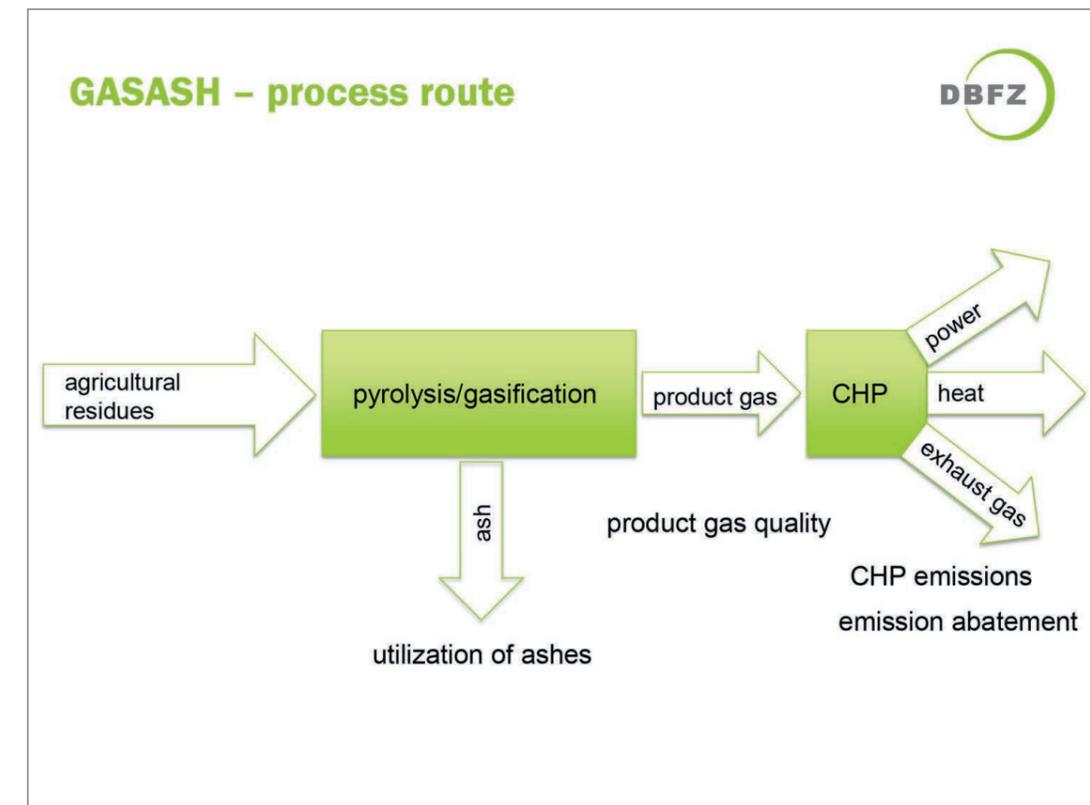
DBFZ sub-project:
Investigations on the product gas quality, CHP emissions, emission abatement and the utilization of the ashes

Residues
Rice husk, fermentation residues

Funding: BMWi/PTJ, Energetische Biomassenutzung

Project duration: 1.09.2018 – 31.08.2020 (2 years)

Project partners: DBFZ, LiPRO Energy, Fachhochschule Südwestfalen



Conclusion and Outlook

Universität
Rostock  Traditio et Innovatio



- **The development and implementation of an efficient Waste Management System is one important part of Environmental Protection**
- **High amount of organic waste and residues in Germany available for energetic and material use, but better utilization efficiency and cascading necessary**
- **The sustainable utilization of organic waste and residues are key elements in the Energy System & Circular Economy of the future and an important contribution for Climate Protection**

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH



Smart Bioenergy – Innovations for a sustainable future!

Contact:

Prof. Dr. mont. Michael Nelles
Daniel Mayer
Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän
Dr.-Ing. Jan Liebetrau
Dr.-Ing. Volker Lenz
Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer

**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

Prof. Dr. Daniela Thrän, UFZ / DBFZ / Universität Leipzig

Bioenergy in a CO₂ Economy

Prof. Dr. Daniela Thrän, Eric Billig, Maria Braune, Alena Hahn, Christiane Hennig, Dr. Marco Klemm, Dr. Volker Lenz, Dr. Nora Szarka
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ / Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Leipzig
Torgauer Str. 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-435
E-Mail: daniela.thraen@dbfz.de

Die Einhaltung der Klimaschutzvereinbarungen von Paris erfordern nicht nur eine schnelle und umfassende Reduktion der Klimagasemissionen in allen Sektoren, sie Bedarf mit hoher Wahrscheinlichkeit auch der Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre. Neben dem Klimaschutzbeitrag durch die Substitution von fossilen Energien, der in den vergangenen Jahren in der Größenordnung von über 60 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent jährlich lag, ließe sich bei CO₂-Abscheidung bei der Bioenergiebereitstellung der Beitrag weiter erhöhen. Voraussetzung dafür wäre, dass das abgeschiedene CO₂ dauerhaft eingelagert werden kann (sogenannte CCS-Konzepte). Das abgeschiedene CO₂ kann alternativ auch dem Markt zur Verfügung gestellt werden und in Produkte integriert werden, die dauerhaft nutzbar sind (sogenannte CCU-Konzepte). Eine weitere Option zur dauerhaften Nutzung von biogenem Kohlenstoff ist die Nutzung von Biomasse in langlebigen Baumaterialien oder die Bodenverbesserung mit Biochar; bei diesen Verfahren ist die Bedeutung von Bioenergie allerdings eher gering. Für alle diese Konzepte gilt, dass es neben Entwicklungsbedarf bei Prozessen und Komponenten vor allem der Markterprobung bedarf, um ihr technoökonomisches Potenzial einzuordnen. Es sind aber nicht nur die technischen Aspekte: Entscheidend ist die Akzeptanz der Technologiesysteme, sowohl für Bioenergie als auch für CCS. Die gesellschaftliche Debatte um CCS steckt noch in den Kinderschuhen und ihr Ausgang ist offen. Je nach Ausgang wird Bioenergie eher in kleinen oder großen Einheiten bereitgestellt werden, denn CO₂-Abscheidung ist aufwändig und günstiger in großen Anlagen erreichbar. Aber auch ande-

re Ungewissheiten der Rolle der Bioenergie in einer CO₂-Wirtschaft liegen noch vor uns: Flüssige Biokraftstoffe aus Lignozellulose könnten fossile Kraftstoffe ab morgen auch in langlebigen Transportsystemen wie Flugzeugen oder Schiffen in nennenswertem Umfang ersetzen. Allerdings müssen dafür der Biomasseaufschluss, die Aufreinigung zu definierten Zwischenprodukten und die Erzeugung von einsatzfähigen Kraftstoffen sichergestellt sein. Hier sind vor allem technische Entwicklungsfortschritte notwendig. Schließlich wird sich auch die Frage der Wärmeversorgungsinfrastrukturen (Ausbau von Wärmenetzen) auf die künftige Bioenergienutzung wirken. Die künftige Bioenergienutzung hängt damit von verschiedenen künftigen Entscheidungen ab. Bis dahin sollte Bioenergie in den bekannten Anwendungen fossile Energieträger substituieren und die damit verbundenen Klimaschutzpotenziale nutzen – und das Systemverständnis mit besseren Bioenergiemodellen erhöhen.



HELMHOLTZ
ZENTRUM FÜR
UMWELTFORSCHUNG
UFZ



DBFZ

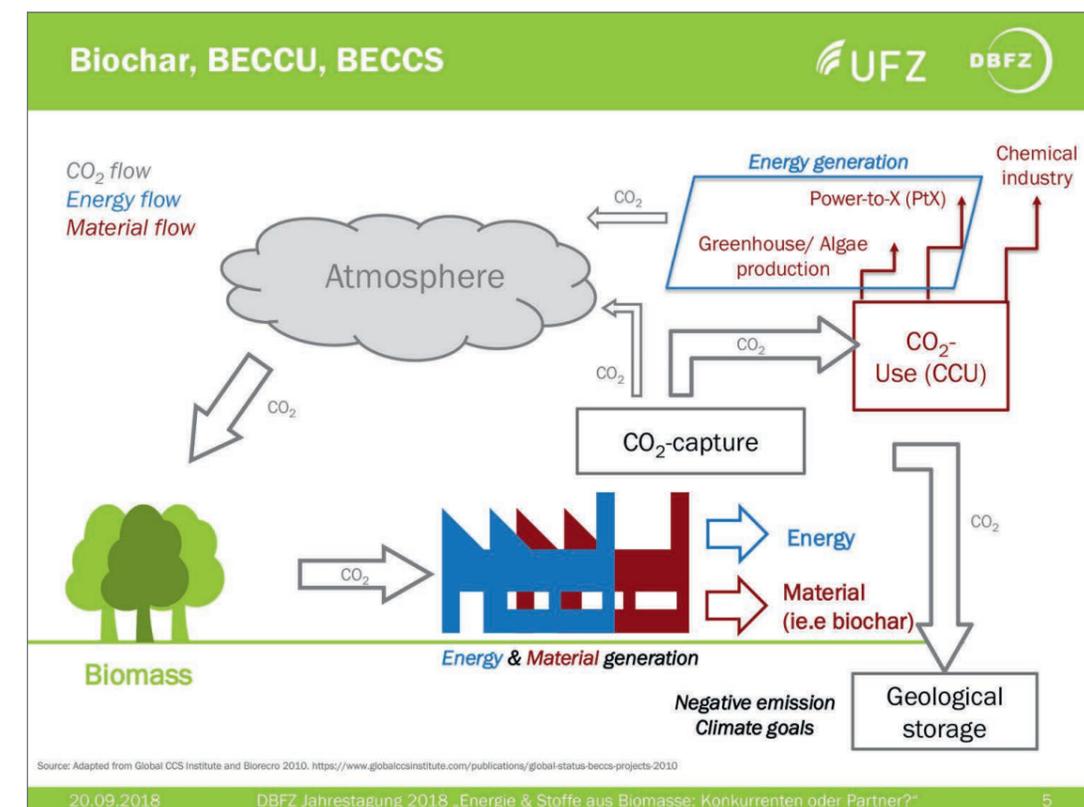
Closing Session

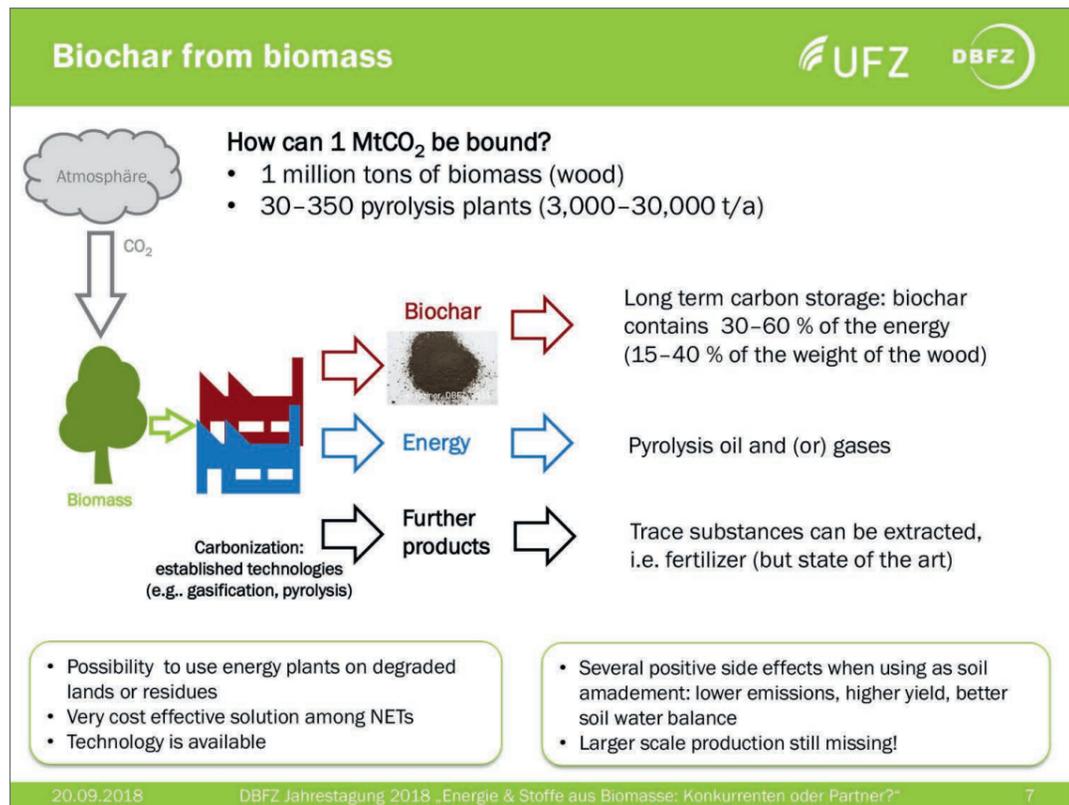
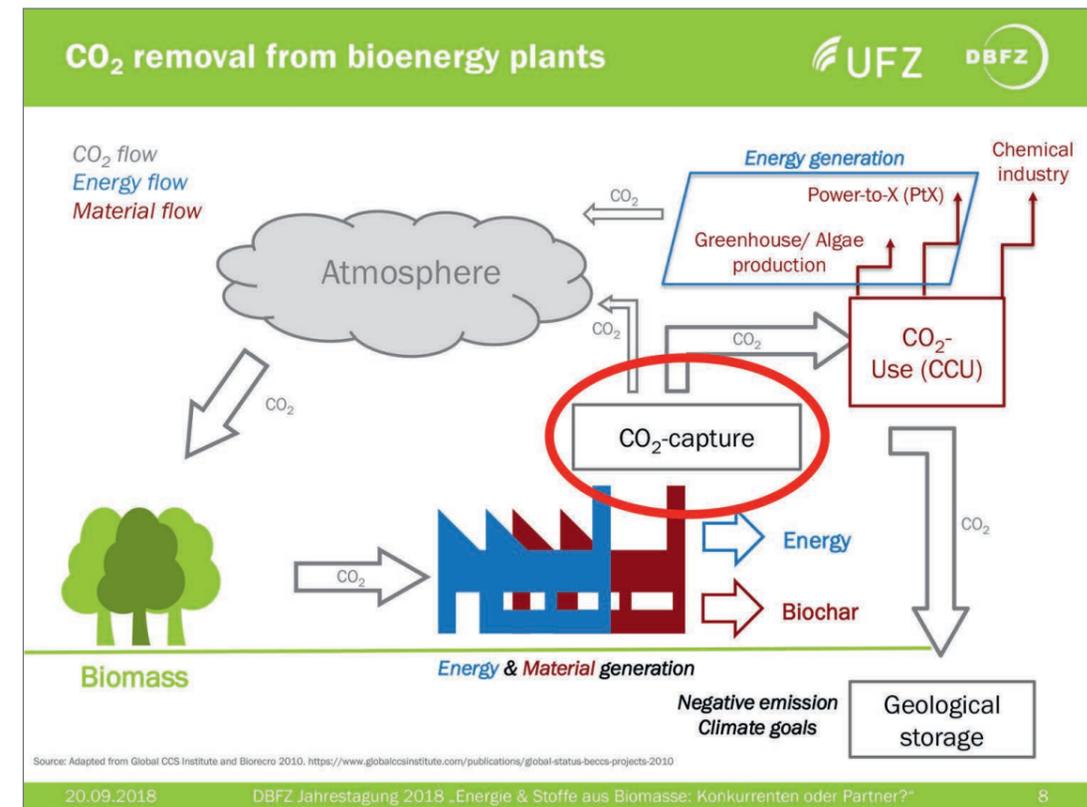
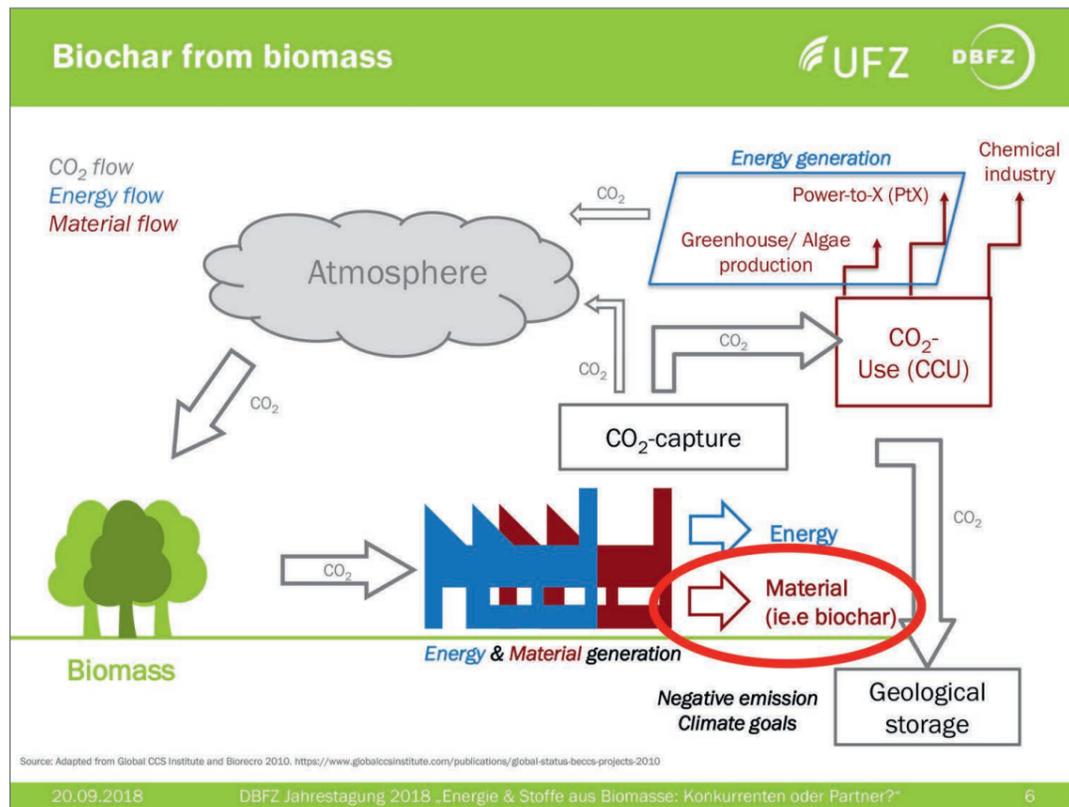
Bioenergy in a CO₂ Economy

Daniela Thrän, Eric Billig, Maria Braune, Alena Hahn, Christiane Hennig, Marco Klemm, Volker Lenz, Nora Szarka



DBFZ Jahrestagung 2018 „Energie & Stoffe aus Biomasse: Konkurrenten oder Partner?“





CO₂ removal from bioenergy plants

Type of plant	Number of plants (Status 2016; Heat 2014)	Typical CO ₂ -availability per plant	Theoretical CO ₂ potential of the running plants
BtL- plant	0	up to 900 kt/a (?)	none
Bioethanol	5	48–271 kt/a	665 kt/a
Biomethane	200	7.5–8.5 kt/a	1,500 kt/a
Biomass heating power plant	300	5–30 kt/a	6,380 kt/a
Biogas (on-site conversion in to electricity)	9.000	2.5–3.5 kt/a	27,000 kt/a
Biomass combustions plants /boilers	11,123,300	0.0005–1.5 kt/a	40,000 kt/a

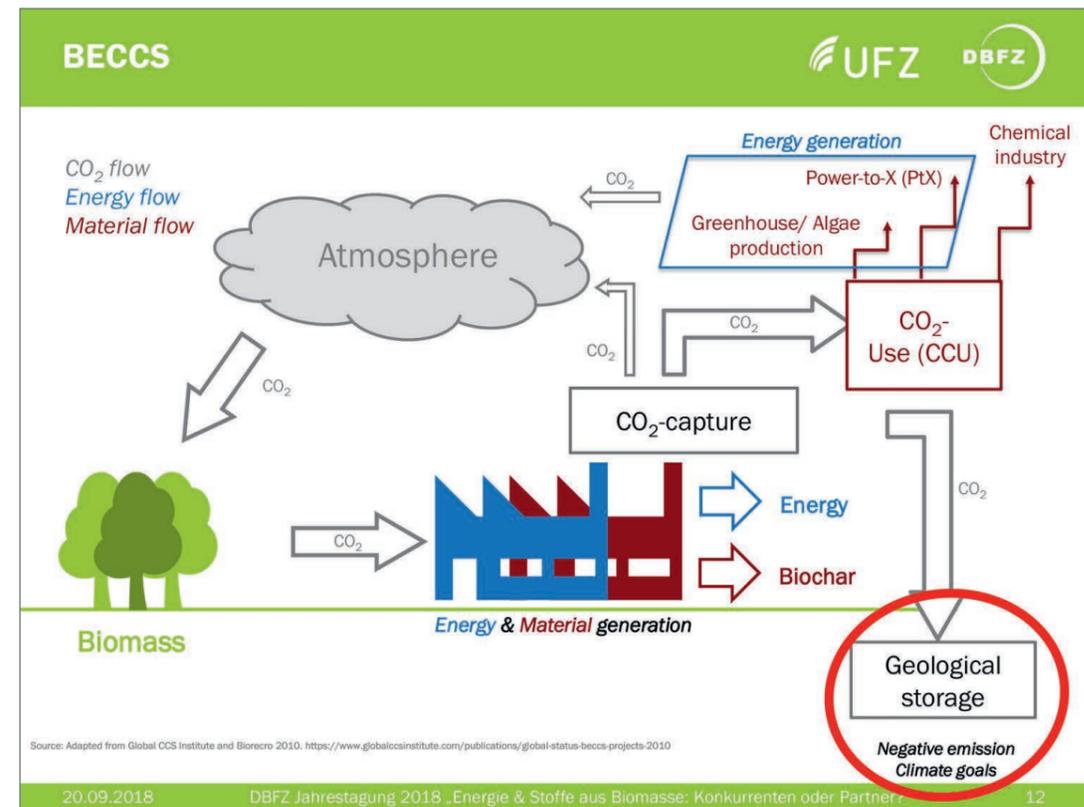
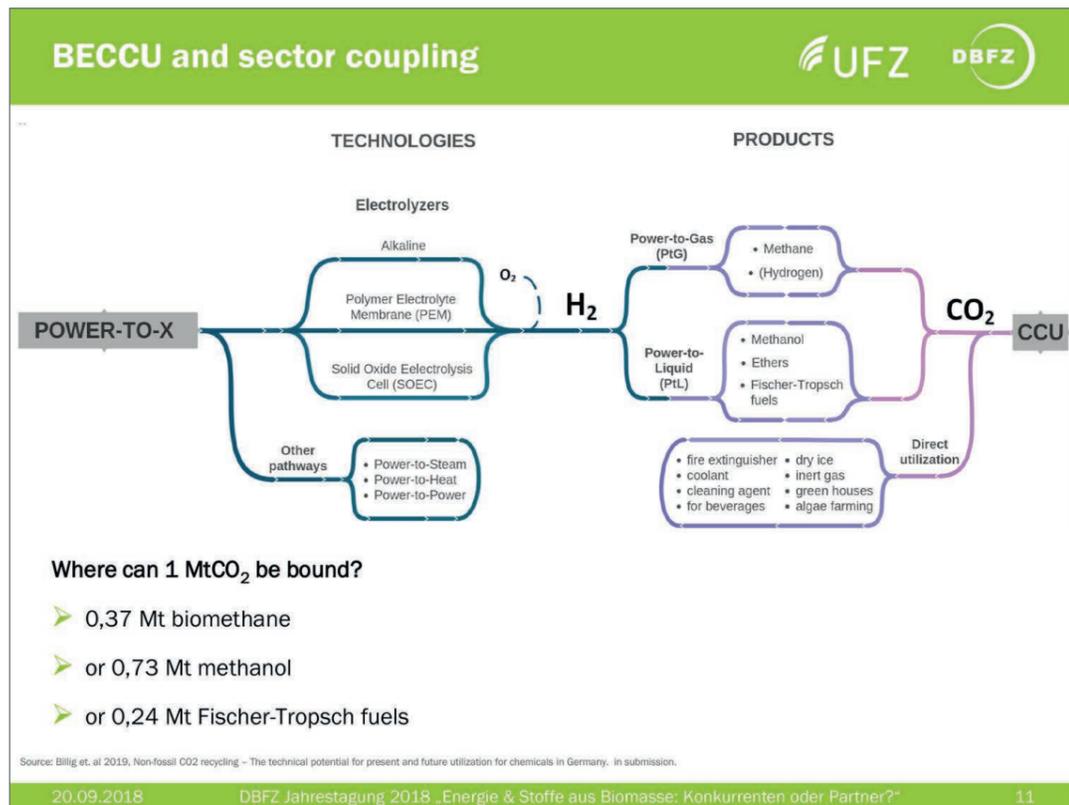
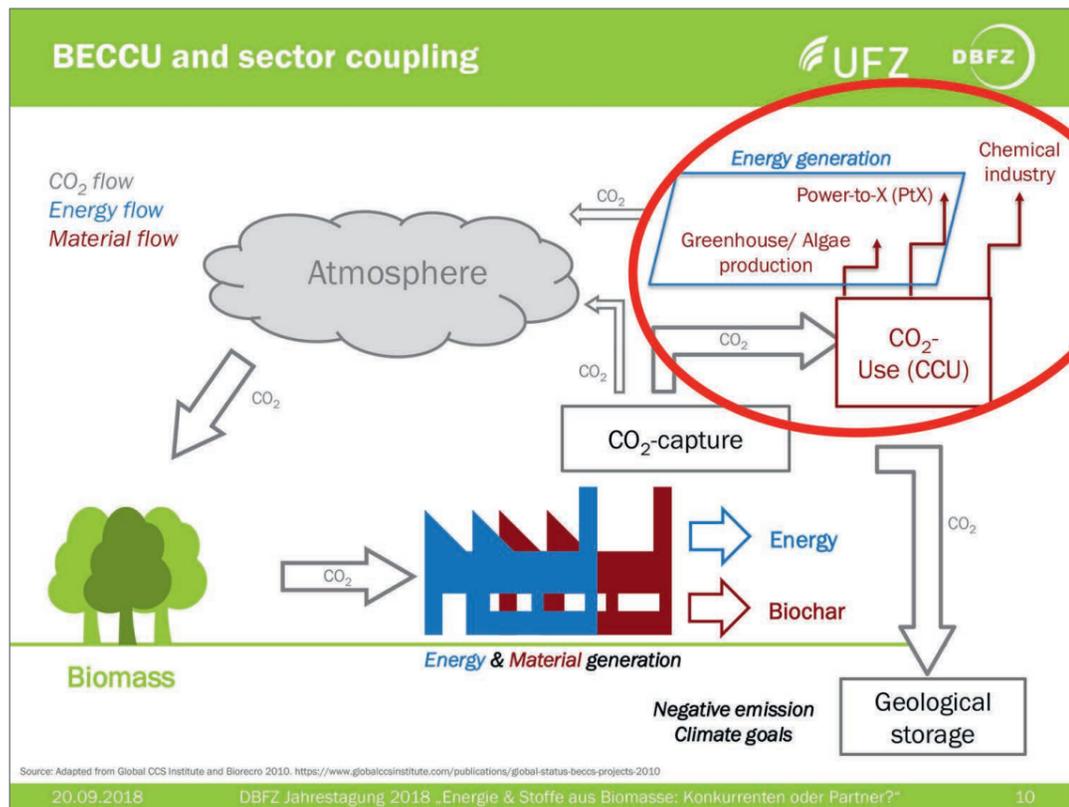
How can 1 mio tons of bio-CO₂ be delivered?

- 8–20 bioethanol plants
- or 130 biomethane plants
- or 60 biomass heating power plants

Costs: 100–200 US\$/tCO₂ (Fuss et al. 2018)

Source: Own calculation; data based on DBFZ-Report 11 2016; DBFZ-Report 22 2016; Trost et al 2012; BMUB 2012; NABU 2009; VDZ 2014; VDEH 2014; SMUL 2014

20.09.2018 DBFZ Jahrestagung 2018 „Energie & Stoffe aus Biomasse: Konkurrenten oder Partner?“ 9



Summary

Bioenergy has a crucial role to achieve the Paris Agreement and can support CO₂ removal in different ways

But:

- ❖ The system will become more complex
- ❖ Bioenergy technologies with CCU provide many options with a limited potential
- ❖ Bioenergy technologies with BECCS will look very different from today (from decentral to central)
- ❖ Implementation of CCS is much more than only forcing another technology

➤ **The decision on CCS is one of the (at least) three substantial decisions for long term transformation of the actual bioenergy use**

20.09.2018 DBFZ Jahrestagung 2018 „Energie & Stoffe aus Biomasse: Konkurrenten oder Partner?“ 14

Conclusion



To decide on the role of bioenergy in a CO₂ economy we need:

1. Pilots for BECCU (biochar)
2. Discussion on BECCS (BE potential, CCS acceptance, political setting)
3. further development of wood-based biorefineries for the provision of biofuels (potentially in combination with CCS)
4. System understanding (from regional to global, including all sustainability dimensions, coupling material, energy and CO₂-removal aspects)
5. Roadmap for transformation

20.09.2018

DBFZ Jahrestagung 2018 „Energie & Stoffe aus Biomasse: Konkurrenten oder Partner?“

16

Contact



Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän

- Head of Department Bioenergie (BEN)
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ
- Head of Bioenergiesysteme (Bereich BS)
Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH – DBFZ
- Torgauer Straße 116, D-04347 Leipzig
www.dbfz.de / www.ufz.de
Tel.: +49 (0)341 2434 – 435
Fax: +49 3412434-133

20.09.2018

DBFZ Jahrestagung 2018 „Energie & Stoffe aus Biomasse: Konkurrenten oder Partner?“

17

Prof. Dr. Dirk Enke, Universität Leipzig

Potenziale der biogenen Silika – ein Rohstoff für die Zukunft?

Prof. Dr. Dirk Enke, Denise Schneider
Universität Leipzig
Linnéstr. 3
04103 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 97 36 300
E-Mail: dirk.enke@uni-leipzig.de

Biogenes Silika, also biologischem Ursprungs, wird u. a. aus Diatomeen (Kieselalgen) oder Si-reichen Pflanzen gewonnen. Aus ökonomischen, ökologischen und nachhaltigen Gründen ist es vorteilhaft, nachwachsende Rohstoffe für die Herstellung von porösem Silika einzusetzen. Daher ist biogenes Silika eine "grüne" Alternative zu anderen Silika-Produkten wie Fällungskieselsäuren, Kieselgel und pyrogenes Silika, die in sehr energieintensiven Prozessen hergestellt werden.

Die Herstellung von biogenem Silika kann z. B. aus Agrarreststoffen wie Reisspelzen erfolgen. Bei der Reisproduktion fallen bis zu 20 Ma.-% Reisspelzen als Reststoff an.

Über die Aufreinigung von geeigneten Si-reichen Biomassen mit organischen oder anorganischen Säuren sowie anschließender Kalzinierung lässt sich eine weiße Asche (bei Reisspelzen bis zu 20 Ma.-%) mit SiO₂-Anteilen von über 99 Ma.-% erhalten. Die Verbrennung kann als weitgehend CO₂-neutral angesehen werden, da die Pflanzen während ihres Wachstums CO₂ aufnehmen, das während des Verbrennungsprozesses freigesetzt wird. Durch den hohen Heizwert der Spelzen von 13 16 MJ/kg kann die sich selbst erhaltende Verbrennung mit der Generation von Energie gekoppelt werden, um eine kombinierte stoffliche und energetische Nutzung zu ermöglichen.

Das nach der Kalzinierung verbleibende biogene Silika besitzt eine hohe Porosität, eine große spezifische Oberfläche und eine niedrige Wärmeleitfähigkeit. Es findet daher Anwendung z. B. in der Isolation von flüssigem Stahl gegen Temperaturverluste, als Flammenschutzmittel, als Pigment in Spezialfarben, als Adsorptionsmittel bei der Wasseraufbereitung sowie als Katalysatorträgermaterial. Außerdem kann es zur Herstellung von Siliciumcarbid (SiC),

Siliciumnitrid (Si₃N₄), Siliciumtetrachlorid (SiCl₄), Tetraethylorthosilicat (Si(OEt)₄) und für die Produktion von hochreinem Silizium für Solaranlagen eingesetzt werden. Darüber hinaus kann es zur milden Synthese von Wasserglas (Alkali-Silikat) und als Zusatzstoff in Zement oder in Beton verwendet werden und damit einen Beitrag zur weltweiten Sandkrise leisten. Biogenes Silika ist daher auf vielfältige Weise als Rohstoff der Zukunft zu sehen.



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

M. Sc. Denise Schneider, Prof. Dr. Dirk Enke

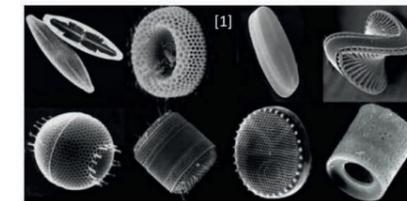
POTENZIALE DER BIOGENEN SILIKA – EIN ROHSTOFF FÜR DIE ZUKUNFT?

DBFZ Jahrestagung
Leipzig, 20.09.2018

Biogenes Silika | Einführung

QUELLEN BIOGENEN SILIKAS

- Diatomeen (Kieselalgen)
- Si-akkumulierende Pflanzen
 - Getreide-Reststoffe (*Poaceae*)
 - Schachtelhalme (*Equisetaceae*)



[1] <https://www.labroots.com/trending/microbiology/3886/diatoms-they-re-everywhere/>

2

Biogenes Silika | Diatomeen

SI METABOLISMUS VON KIESELALGEN

Modell eines Diatomeengerüsts

OH OH

Asp - Ser - Ser - Gly - Thr - Ser - Ser - Asp - Ser - Gly

UNIVERSITÄT LEIPZIG [3]

Biogenes Silika | Diatomeneerde

EIGENSCHAFTEN UND VERWENDUNG VON KIESELGUR

- Eigenschaften:
 - 85 - 91% SiO₂-Gehalt
 - Hohes Wasseraufnahmevermögen
 - Spezifische Oberfläche: 3 - 30 m²/g
 - Gute Filtereigenschaften
 - Geringes spezifisches Gewicht
- Verwendungen:
 - Schleif- und Poliermittel
 - Trocknungs- und Fließmittel
 - Füllstoff in Wärmedämmungen
 - Filtermedium für z. B. Bier
 - Einstreu

UNIVERSITÄT LEIPZIG [3] Hildebrand et al., Semin. Cell Dev. Biol. (2015) [5]

Biogenes Silika | Diatomeneerde

ABBAU UND AUFBEREITUNG

UNIVERSITÄT LEIPZIG [2] https://de.wikipedia.org/wiki/Neuburger_Kieselerde#/media/File:Neuburg_Siliceous_Earth_Mining_2006-06-24.jpg [4]

Biogenes Silika | SiO₂-Akkumulation

SiO₂-AKKUMULATION VON PFLANZEN

- Akkumulation abhängig von Standort, Bodenart, Düngung, Klima, Pflanzenart, ...
- SiO₂ dient der Beständigkeit gegen:
 - Biotische Faktoren (Pilze, Bakterien, Schädlinge)
 - Abiotische Faktoren (extreme Temperaturen, Nährstoffungleichgewicht)

UNIVERSITÄT LEIPZIG [4] Mitani et al., Plant Cell Physiol. (2005) [6]

Biogenes Silika | Struktur in Pflanzen

SiO₂ IN PFLANZEN

Reisspelze

Cellulose
Silica
Lignin
Hemi cellulose

— Bindungssituation in Hemicellulose:

$$\begin{matrix} \text{H} \\ | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{R} \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} \text{H} \\ | \\ \text{C}^{\oplus} \\ | \\ \text{R} \end{matrix} \text{O}^{\ominus}$$

„electromeric effect“

$$\begin{matrix} \text{H} & & \text{H} \\ | & & | \\ \text{C}^{\oplus} & \text{---} & \text{O}^{\ominus} \\ | & & | \\ \text{R} & & \text{R} \end{matrix}$$

+ SiO₂-Partikel

UNIVERSITÄT LEIPZIG [5] Alshatwi et al., Mater. Sci. Eng., C (2015) 7

Biogenes Silika | Verbrennungstechniken für Reisspelzen

VERBRENNUNGSTECHNOLOGIEN

UNIVERSITÄT LEIPZIG [8] Soltani et al., Chem. Eng. J. (2015) 9

Biogenes Silika | Beispiel Reisspelzen

BIOGENES SILIKA AUS REISSPELZEN

- Jährliche Reisproduktion: 741.000.000 t weltweit [6]
- 20 Ma.-% davon: Reisspelzen
- Heizwert Spelzen: 13-16 MJ/kg

Rice husk

Organic fraction (75%)
Inorganic fraction (25%)

UNIVERSITÄT LEIPZIG [6] <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [7] Rahman et al., J. Mater. Chem. (1992) 8

Biogenes Silika | Anwendungen von Reisspelzenasche

ANWENDUNGEN

Si, Si₃N₄, Mg₂Si, SiC, SiO₂

Production of silicon based materials

Pigment, Rubber filler, Electronic & Solar grade, Energy application, Steel industry, Refractory brick, Insulator, Pozzolan, Cement, Concrete, Absorbents, Water purifier, Gasifier, Petroleum

UNIVERSITÄT LEIPZIG [9] Soltani et al., Chem. Eng. J. (2015) 10

Projekt „AGRARSIL“ | Übersicht

Forschungsnetzwerk Mittelstand **AIF**

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

PROJEKT „AGRARSIL“

- Herstellung hochwertiger poröser Silikate und Wassergläser durch kombinierte stoffliche und energetische Verwertung verschiedener SiO₂-angereicherter Agrarreststoffe
 - bevorzugt regionale (bzw. EU-weite) Reststoffe
 - keine Konkurrenz zu Nahrungs-/Futtermittelproduktion

UNIVERSITÄT LEIPZIG **CWK** BAD KÖSTRITZ **DBFZ**

ÖKO THERM **UGT 2000**

UNIVERSITÄT LEIPZIG 11

Biogenes Silika | Struktur

ELEKTRONENMIKROSKOPISCHE AUFNAHMEN

SiO₂ aus Reisstroh (10 µm)

SiO₂ aus Ackerschachtelhalm (10 µm)

SiO₂ aus Reisstroh (1 µm)

SiO₂ aus Ackerschachtelhalm (1 µm) [11]

UNIVERSITÄT LEIPZIG [11] Schneider et al., Waste Biomass Valor. (2015) 13

Biogenes Silika | Schema zur Herstellung von hochreinem SiO₂

HERSTELLUNG VON HOCHREINEM SiO₂

Rice husk Oat husk Spelt husk Rice straw Horsetail

- 1 • Chemical treatment using water and citric acid
- 2 • Sequential thermal treatment up to 873 K

High-purity, porous, amorphous biogenic silica

UNIVERSITÄT LEIPZIG [10] Schneider et al., Waste Biomass Valorization (2015) 12

Biogenes Silika | Eigenschaften

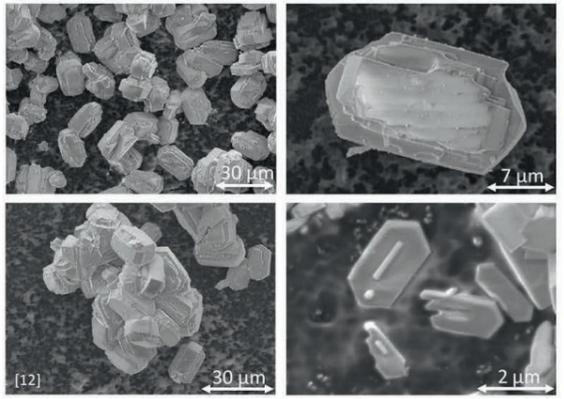
VERGLEICH DER EIGENSCHAFTEN VON BIOGENEM SiO₂ MIT KOMMERZIELLEN PRODUKTEN

Characteristics	Natural biogenic silica sources		Silica made by		
	RHA ^[1]	Kieselguhr [18, 130, 131]	dry method [1, 2, 129]	Silica made by wet methods [1, 2, 127]	
			Aerosil	Precipitated silica	Xerogel
Specific surface area [m ² g ⁻¹]	170 – 358	20 – 195	50 – 600	30 – 800	250 – 1000
Size of primary particles [µm]	3 – 46	2 – 63	3 – 30 [nm]	5 – 100 [nm]	3 – 20 [nm]
Mean pore diameter [nm]	3 – 700	5 – 1500	nonporous	> 30	2 – 20
Pore size distribution	very broad	very broad	not specified	very broad	narrow
SiO ₂ [wt. %]	97.7 – 99.8	> 96	≤ 99.9	> 98	≤ 99.5

UNIVERSITÄT LEIPZIG 14

Biogenes Silika | Herstellung von Zeolithen

HERSTELLUNG VON ZEOLITHEN AUS BIOGENEM SiO_2



- Spezifische Mikroporen-Oberfläche: 205 m^2/g
- Spezifische äußere Oberfläche: 154 m^2/g
- Porenvolumen: 0.19 cm^3/g

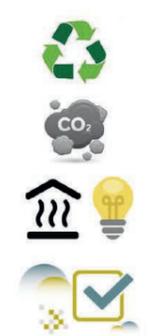
[12] Alyosef et al., Molecules (2018)

UNIVERSITÄT LEIPZIG

Biogenes Silika | Fazit

BIOGENES SILIKA – ROHSTOFF FÜR DIE ZUKUNFT?

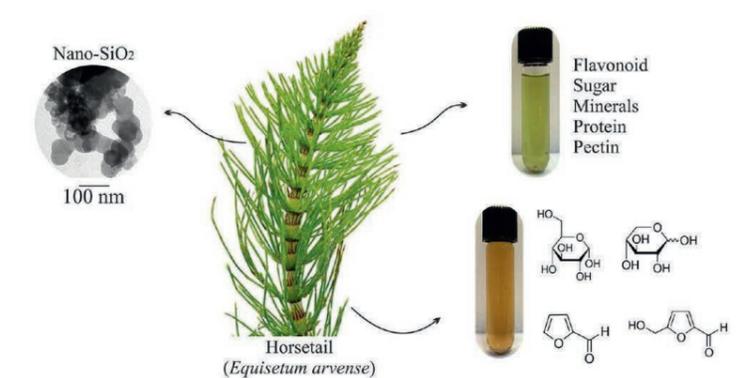
- Erneuerbare Ressourcen ohne Konkurrenz zu Nahrungsmitteln
- CO_2 -neutral
- Kopplung der Verbrennung mit Dampf-/Stromerzeugung
- Herstellung von Wasserglas unter milderer Bedingungen als konventionell → Lösung für weltweite Sandkrise



UNIVERSITÄT LEIPZIG

Biogenes Silika | Bioraffinerie

BIOGENES SILIKA – BIORAFFINERIE-KONZEPTE



Nano- SiO_2
100 nm

Flavonoid
Sugar
Minerals
Protein
Pectin

Horsetail
(*Equisetum arvense*)

[13]

UNIVERSITÄT LEIPZIG



UNIVERSITÄT
LEIPZIG



VIELEN DANK!

Biochemische Konversion

Eric Mauky, Deutsches Biomasseforschungszentrum / Uni Rostock

Modellbasiertes Regelungskonzept für eine bedarfsorientierte Biogasproduktion

Eric Mauky

Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Rostock

Torgauer Str. 116,

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-745

E-Mail: Eric.Mauky@dbfz.de

Landwirtschaftliche Biogasanlagen in Deutschland basieren in der überwiegenden Zahl auf dem Prinzip des kontinuierlichen volldurchmischten Rührkesselfermenters (engl. CSTR) und sind für einen gleichmäßig konstanten Energieoutput ausgelegt. Mit dem in den letzten Jahren verstärkten Ausbau von hochgradig fluktuierenden erneuerbaren Energien (Windkraft, Photovoltaik) und dem voraussichtlichen Weiterschreiten dieser Entwicklung wird die intelligente Integration dieser neuen Energiequellen in das deutsche Energieversorgungssystem zur zentralen Herausforderung. Biogasanlagen besitzen dabei eine Schlüsselrolle, denn bei Biogas gestaltet sich die Kontrollierbarkeit der Energiebereitstellung anders als bei Wind- und Sonnenenergie. Bei Biogasanlagen können Laufzeit und Auslastungsgrad des Blockheizkraftwerks (BHKW) und damit Zeit und Menge der Einspeisung elektrischer Energie technisch einfach kontrolliert und schnell geändert werden. Für eine bedarfsgerechte Verstromung ist allerdings das dafür nötige Biogas entweder in Gasspeichern vorzuhalten oder bedarfsgerecht zu produzieren. Neben erheblichem Gasspeicherzubau oder dem Umbau in mehrstufige Konzepte, welche die Betreiber vor große Investitionen stellen, ist die gezielte Einflussnahme auf den anaeroben Abbauprozess eine vielversprechende Alternative an Bestandsanlagen. Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Möglichkeiten, zugrundeliegende Mechanismen und Abhängigkeiten (z.B. Reaktionszeiten, Messbereiche und Stabilität) zur Etablierung einer flexiblen Biogasproduktion durch bedarfsgesteuerte Fütterung untersucht werden. Dafür ist es notwendig, Kriterien für die Charakterisierung und Bewertung der flexibel betriebenen Prozesse zu entwickeln. Diese Bewer-

tungsmethoden basieren auf der direkten Beschreibung des Verlaufes von Prozessvariablen, aber auch auf indirekten Kriterien, wie beispielsweise der Einsparung des Gasspeicherbedarfes beim Vergleich von flexibler und kontinuierlicher Gasproduktion anhand von standardisierten Verbrauchsfahrplänen. Darüber hinaus ist ein robustes modellbasiertes Regelungskonzept für den bedarfsgerechten Betrieb unter Einbeziehung praxisnaher Anforderungen und Limitierungen zu entwickeln und im großtechnischen Maßstab zu demonstrieren. Dazu wurden Versuche im Labor- (10 und 35 Liter Gärvolumen) sowie großtechnischen Maßstab (165 und 800 m³ Gärvolumen) durchgeführt.

Die Experimente zeigen, dass ein hohes Maß an Gasproduktionsflexibilität innerhalb eines Tages möglich ist. Im großtechnischen Maßstab konnte die Gasproduktionsrate um mehr als 50 Prozent, bezogen auf die durchschnittliche Biogasbildungsrate (bei Raumbelastungen von bis zu 4 kg_{oTS} m⁻³ d⁻¹) variiert werden. Im Labormaßstab bei Raumbelastungen von bis zu 6 kg_{oTS} m⁻³ d⁻¹ erreichte die Flexibilität Werte von bis zu 200 Prozent, basierend auf der Durchschnittsbiogasrate. Darüber hinaus konnten Beschickungspausen von bis zu drei Tagen realisiert werden (Reduktion der Gasproduktionsrate um mehr als 60 Prozent). Infolgedessen kann eine bedarfsgesteuerte Biogaserzeugung erhebliche Einsparungen hinsichtlich des erforderlichen Gasspeichervolumens (bis zu 68 Prozent) ermöglichen und eine größere Anlagenflexibilität im Vergleich zu einer konstanten Gasproduktion ermöglichen. Die flexible Fütterung resultierte neben einer variablen Gasproduktionsrate in einer dynamischen Volatilität einzelner Säuren, Gasqualitätsparameter und dem

jeweiligen pH-Wert. Die jeweiligen Ausprägungen unterscheiden sich zwischen den Fermentergrößen, bleiben aber bei allen Versuchen unter kritischen Werten. Besonders hervorzuheben ist, dass die Langzeitprozessstabilität durch die flexible Fütterung nicht negativ beeinflusst wurde. Um die Dynamik des anaeroben Prozesses in die Regelung zu integrieren, wurde das Konzept der Modellprädiktiven Regelung (MPC) verwendet. Es wurden Untersuchungen zu Stabilitätskriterien durchgeführt, um die Auswahl der Messgrößen im Regelungskonzept, die allgemeine Reglerstruktur und die Eignung der verwendeten Modellkomplexität für die Regelung zu evaluieren. Aufgrund von Begrenzungen bei der Verfügbarkeit von Messtechnik in der Praxis und des geringen Rechenaufwandes basiert die modellprä-

diktive Regelung auf einem vereinfachten Anaerobic digestion model No.1 (ADM1). Die Ergebnisse zeigen, dass das Modell in der Lage ist, den Verlauf der flexiblen Gasproduktion vorherzusagen (Abweichung innerhalb des Tages zwischen vier Prozent und zehn Prozent) und dass die Regelung den Prozess nach einem vorgegebenen Bedarfsplan betreiben kann. Es wurde jedoch auch gezeigt, dass die Gasproduktion im großtechnischen Versuch von verschiedenen Effekten beeinflusst wird (vor allem Druckschwankungen und die Durchmischung im Fermenter), welche nicht im ADM1 (in der vereinfachten aber auch in der Originalversion) enthalten sind. Die Arbeit konnte zeigen, dass CSTR-basierte Biogasanlagen wesentlich flexibler, als bisher üblich betrieben werden können.

Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ
gemeinnützige GmbH

Modellbasiertes Regelungskonzept für eine bedarfsorientierte Biogasproduktion

Eric Mauky

1. Deutsche Doktorandenkolloquium Bioenergie am 20.09.2018

Biogas in Deutschland

Anteil der Erneuerbaren Energien kontinuierlich angestiegen

2016: Anteil der EE mit 188,3 TWh_{el} am gesamten Bruttostromverbrauch 31,7 % **

Mit 32,37 TWh_{el} hat Biogas (inkl. Biomethan) einen Anteil von rd. 17,2 % an der Stromerzeugung aus EE und 74% an Strom aus Biomasse

Ende 2016: ca. 8.700 Biogas(produktions)anlagen *
8.500 (VOV) mit install. Leistung von ca. 4.550 MWel

→ ca. 90 % CSTR-Prinzip

Quelle: Daniel-Gromke et al. 2017

1. Deutsche Doktorandenkolloquium Bioenergie

Ausbauziele für erneuerbare Energien

Anteil der Erneuerbaren Energien kontinuierlich angestiegen

2016: Anteil der EE mit 188,3 TWh_{el} am gesamten Bruttostromverbrauch 31,7 % **

Die Umsetzung dieser Ziele bedeutet:

- Strombereich – weiterer Anstieg EE (insbesondere fluktuierende EE)
- Notwendigkeit neuer Wege zur Sicherung von Netzstabilität und Versorgungssicherheit

Möglichkeiten:

- Fokus auf flexible, konventionelle Kraftwerke
- Zwischenspeicherung von EE für bedarfsgerechten Einsatz
- Flexibilisierung der Erzeugung von EE

Ziel 2025: 40–45 % Erneuerbare Energien im Strombereich

Quelle: Umweltbundesamt (2017); Erneuerbare Energien in Deutschland. Daten zur Entwicklung im Jahr 2016. Hintergrund - März 2017, Dessau-Roßlau

1. Deutsche Doktorandenkolloquium Bioenergie

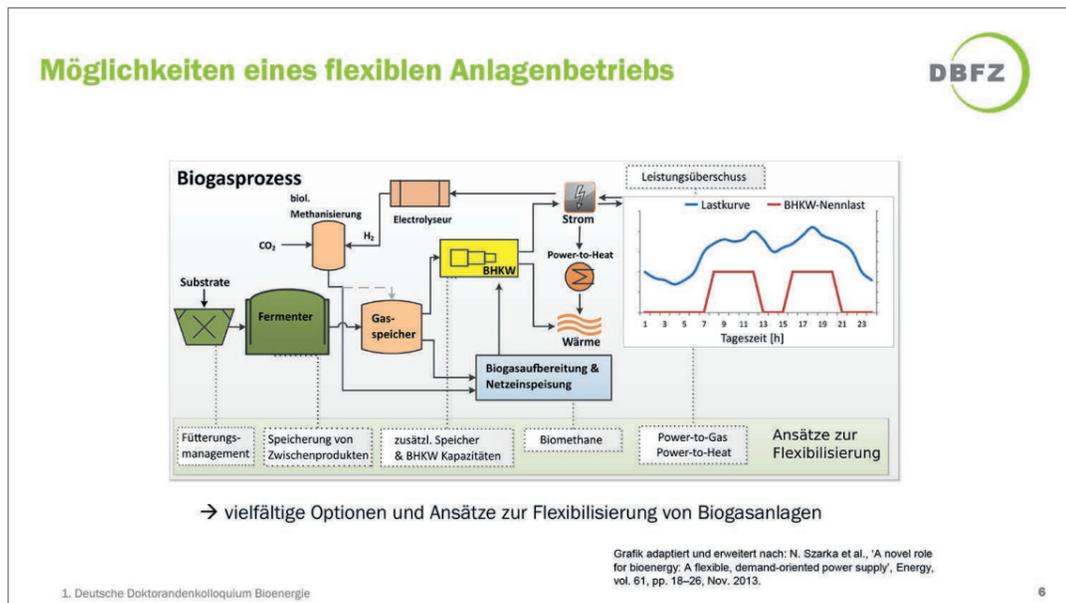
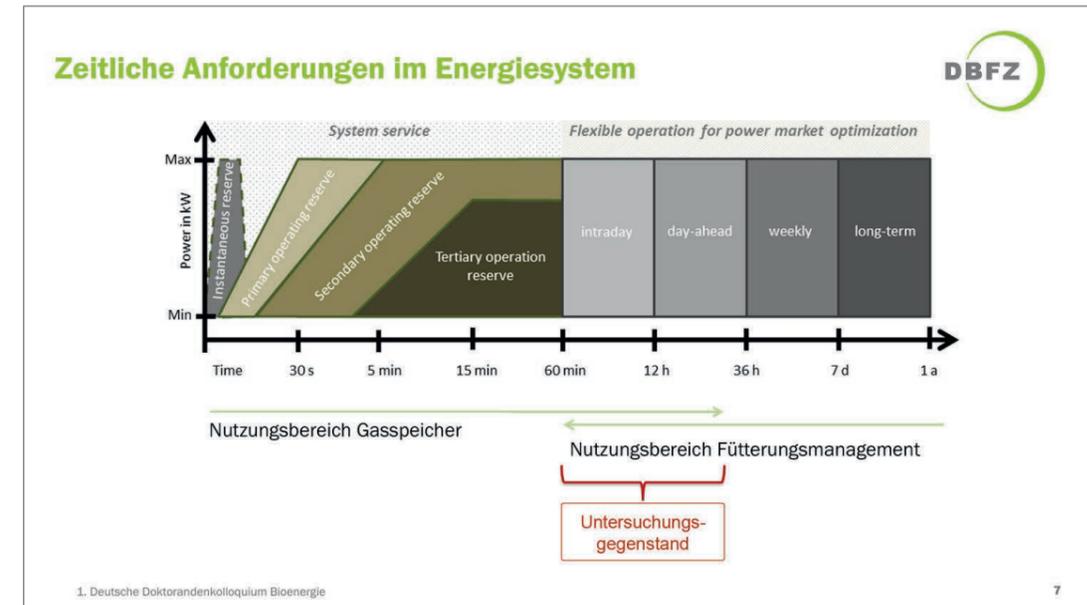
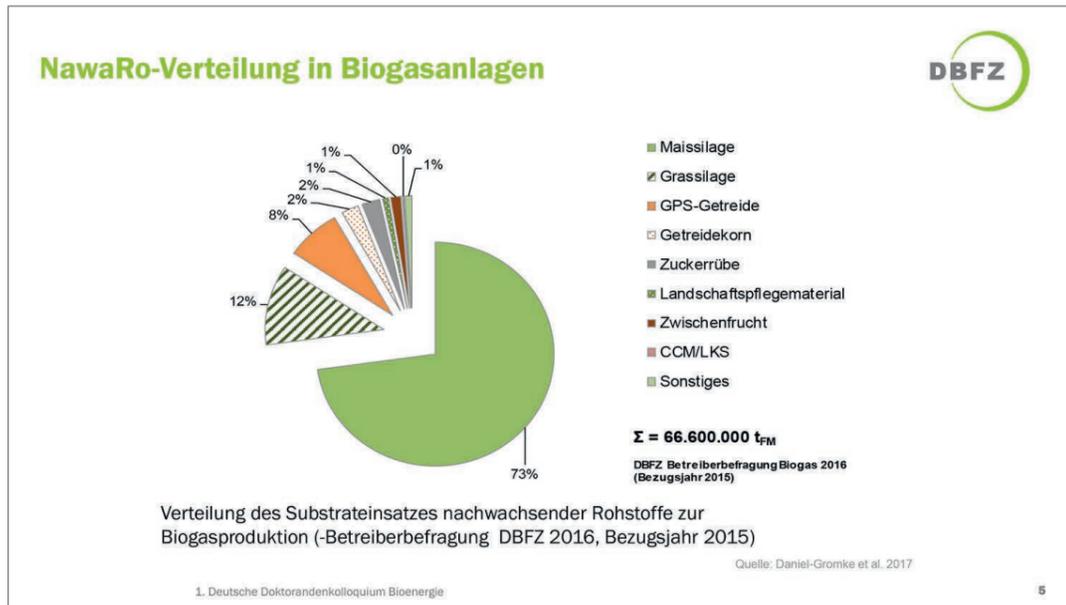
Substrateinsatz in Biogasanlagen

Masse- und energiebezogener Substrateinsatz in Biogasanlagen (DBFZ-Betreiberbefragung 2016, Bezugsjahr 2015)

n=484
© DBFZ 05/2016

Quelle: Daniel-Gromke et al. 2017

1. Deutsche Doktorandenkolloquium Bioenergie



Messdatenerfassung in der Praxis

Substratcharakterisierung (input)		Fermentercharakterisierung (output)	
• Beschickungsmenge	online	• Gasmenge / BHKW-Arbeit	on/offline
• TS / oTS	offline	• Gasqualität	on/offline
• Futtermittelanalyse	offline	• TS / oTS	offline
• Säurespektrum	offline	• Säurespektrum	offline
• FOS / TAC	offline	• FOS / TAC	offline
• pH-Wert	offline	• pH-Wert	on/offline
• Ammoniumstickstoff	offline	• Ammoniumstickstoff	offline

Adaptiert nach Weinrich/DBFZ; basierend auf: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 'Biogas-Messprogramm II - 61 Biogasanlagen im Vergleich', 2010.

1. Deutsche Doktorandenkolloquium Bioenergie 8

Abgeleitete wiss. Fragestellungen aus dem Stand der Technik und Wissenschaft



- Welche Möglichkeiten und Potenziale bietet die flexible Fütterung zur bedarfsgerechten Biogasproduktion?
- Welchen Einfluss haben diese Fütterungsstrategien auf die Prozessstabilität im kurzfristigen und längerfristigem Kontext?
- Wie ist ein robustes vorrausschauendes Regelungskonzept für eine flexible Prozessführung zu gestalten?

9

Material & Methoden Versuchsanlagen



Laborfermenter (DBFZ)

- 2 x 15 Liter ($V_{liq} = 10 \text{ Liter}$)
- 40 Liter ($V_{liq} = 35 \text{ Liter}$)



DBFZ- Forschungsbiogasanlage

- 207 m³ ($V_{liq} = 165 \text{ m}^3$)



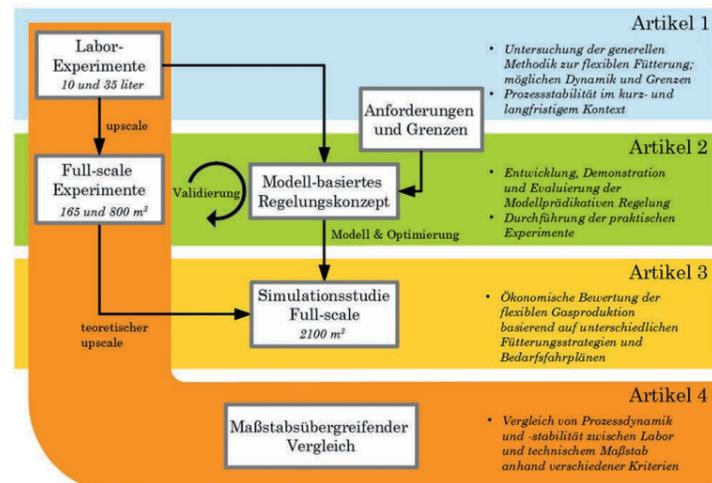
Forschungsbiogasanlage „Unterer Lindenhof“ (Uni Hohenheim)

- 923 m³ ($V_{liq} = 800 \text{ m}^3$)



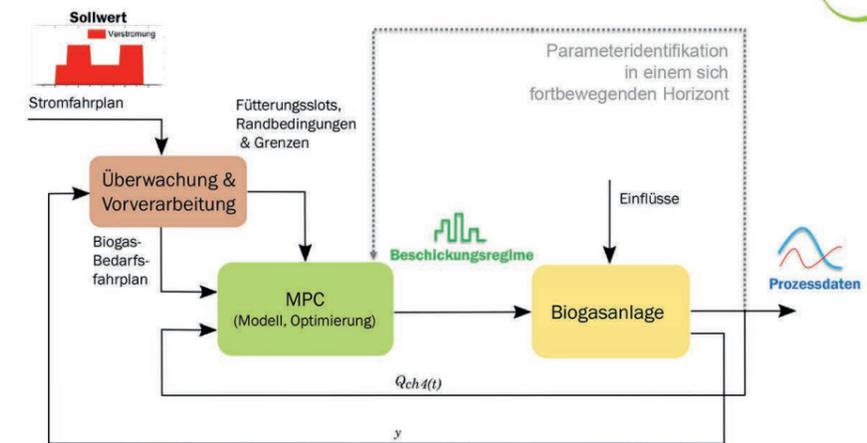
11

Struktur der Promotion und Versuchsplanung

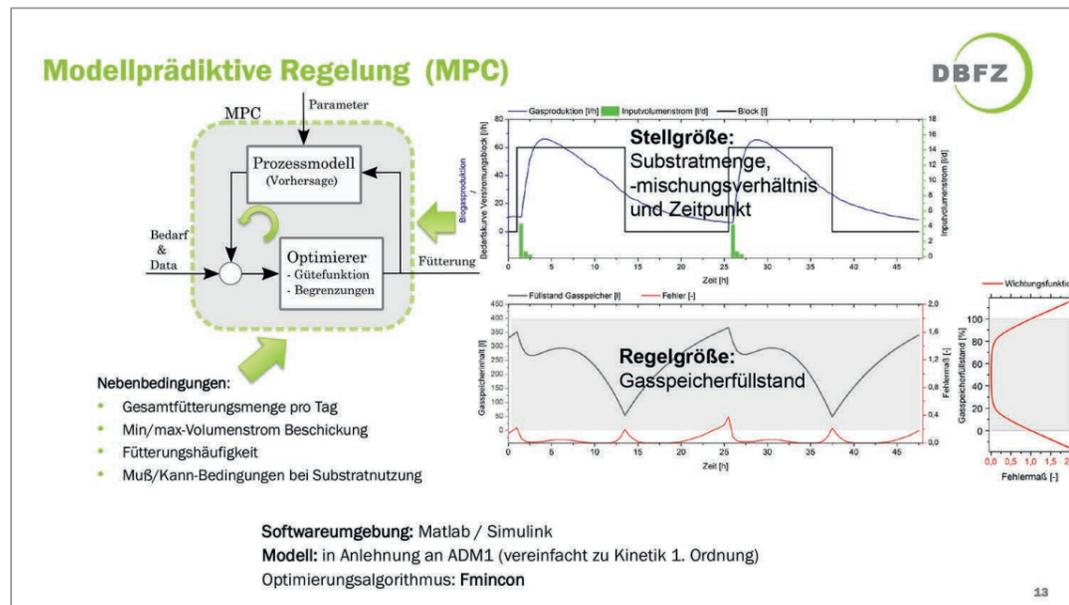


10

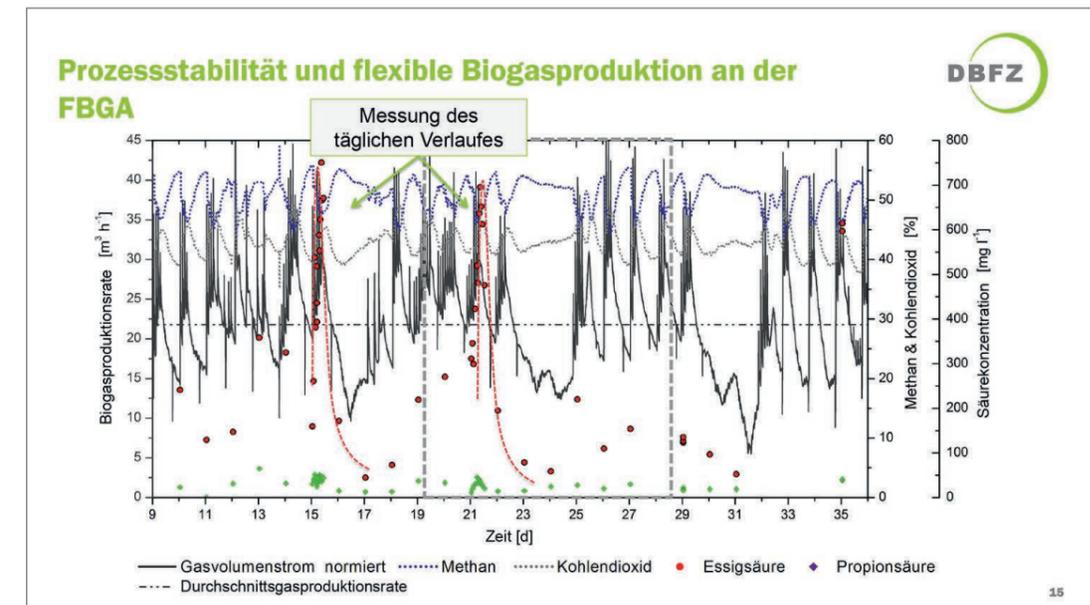
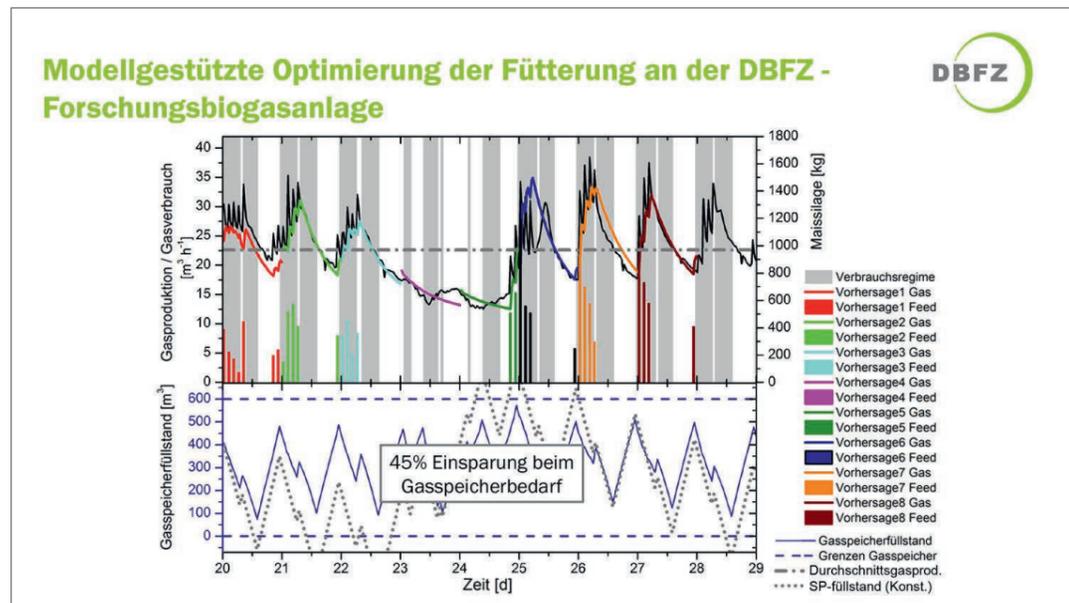
Modellprädiktive Regelung (MPC)



12



13



15

Zusammenfassung

- Der Biogasprozess kann flexibler betrieben werden, als momentan üblich
- Die Vorhersage der Biogasproduktion mit vereinfachten anaeroben Modellen gibt hinreichend verlässliche Ergebnisse
- Die modellprädiktive Regelung kann den Prozess anhand eines Bedarfsfahrplanes führen
- Einsparung des Gasspeicherbedarfs durch flexible Fütterung (45%)

Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

- Ganzheitliche Betrachtung: Einbeziehen weiterer Regelgrößen, Prozess und Substrate
- Höhere Raumbelastungen und zu Inhibierung neigende Prozesse
- Untersuchung verschiedener Modellkomplexitäten und Optimierungsmethoden

16

Deutsches Biomasseforschungszentrum **DBFZ**
gemeinnützige GmbH

Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft

Ansprechpartner
Prof. Dr. mont. Michael Nelles
Daniel Mayer
Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän
Dr.-Ing. Jan Liebetrau
Dr.-Ing. Volker Lenz
Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer
Dr.rer.nat. Ingo Hartmann

**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

Fotos: DBFZ, Jan Gutzeit, DREWAG, Peter Schubert (Teilnahme, rechts), Pixabay / CC0 Public Domain

Torsten Reinelt, Deutsches Biomasseforschungszentrum / TU Dresden

Vermeidung betriebsbedingter Methanemissionen aus Über-/Unterdrucksicherungen durch Maßnahmen des Biogasspeichermanagements

Torsten Reinelt

Deutsches Biomasseforschungszentrum / Technische Universität Dresden

Torgauer Str. 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0) 341 2434-374

E-Mail: Torsten.Reinelt@dbfz.de

Jeder gasdicht abgedeckte Behälter einer Biogasanlage muss als Sicherheitseinrichtung gegen mögliche Schäden durch unzulässige Druckbedingungen über mindestens eine Über-/Unterdrucksicherung – ÜUDS) verfügen. Allerdings soll eine ÜUDS unter normalen Prozessbedingungen nicht auslösen, da jedes Ansprechen bei Überdruck auch zur Emission von Rohbiogas bzw. Methan führt. Die Schwierigkeit in der Messung dieser Emissionsquelle ist ihr sehr zeitvariantes Verhalten sowie ihre Abhängigkeit von verschiedenen Einflüssen (z. B. Betriebsweise und Umgebungsbedingungen). Aber auch Wartungsfehler können im Einzelfall zu unerwünschten Methanemissionen führen (Reinelt et al. 2017). Auf Basis einer in (Reinelt et al. 2016) entwickelten Messmethodik wurden erstmals Dauermessungen (ein bis zwei Jahre) an ÜUDS von landwirtschaftlichen Biogasanlagen durchgeführt. Die Sensoren (Strömungs- und Temperatursensoren der Kategorie I) wurden in den Abblaserohren der ÜUDS der untersuchten Anlagen eingebaut und der Messaufbau durch einen Sachverständigen gemäß Betriebssicherheits- und Gefahrstoffverordnung abgenommen. Parallel zu den Dauermessungen wurden die Betriebszustände sowie die Betriebsweise der Anlagen dokumentiert, um die gemessenen Emissionen den dafür verantwortlichen Ursachen zuzuordnen. Die Messungen zeigen, dass ÜUDS bei Fehlern in der Betriebsweise (z. B. hohe Biogasfüllstände im Normalbetrieb) und durch saisonale Einflüsse bedingt (z. B. Temperatur, Sonneneinstrahlung) eine erhebliche Emissionsquelle sein können. Aus den Emissionsmessungen lassen sich wichtige Erkenntnisse und Maßnahmen

zur Vermeidung dieser Emissionen durch ein optimiertes Biogasspeichermanagement ableiten:

- **Konstruktiv:**
 - o Regelung der Stützluftgebläse bei pneumatisch vorgespannten Doppelmembranspeichern
 - o Messtechnische Erfassung des Biogasfüllstandes
 - o Auslegung der Biogasleitungsperipherie
 - o Automatisch zündende Fackel geregelt nach dem Biogasfüllstand
- **Betriebsweise der Gasspeicher:**
 - o Berücksichtigung saisonaler Effekte (Lufttemperatur, Intensität der Sonneneinstrahlung)
 - o Vorhalten von Pufferkapazitäten im Gasspeicher bei Normalbetrieb
 - o Betriebsmanagement (z. B. Anpassungen bei der Substratzufuhr)

Vor dem Hinblick der zunehmenden Flexibilisierung des Anlagenbestandes und der damit ansteigenden Anforderungen erhält das Biogasspeichermanagement zur Vermeidung von Emissionen aus ÜUDS zunehmende Bedeutung, sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht.

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH



Vermeidung betriebsbedingter Methanemissionen aus Über-/ Unterdrucksicherungen (ÜUDS) durch Maßnahmen des Biogasspeichermanagements

Torsten Reinelt





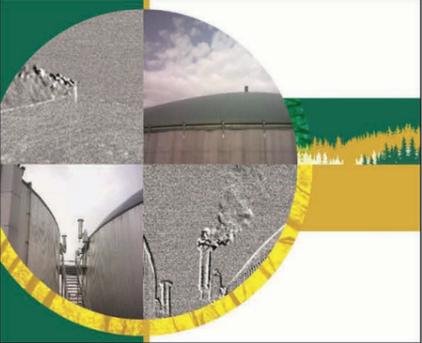


Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig 20./21.09.2018
Das vorgestellte Thema ist Teil eines laufenden Promotionsvorhabens an der Technischen Universität Dresden.

Agenda

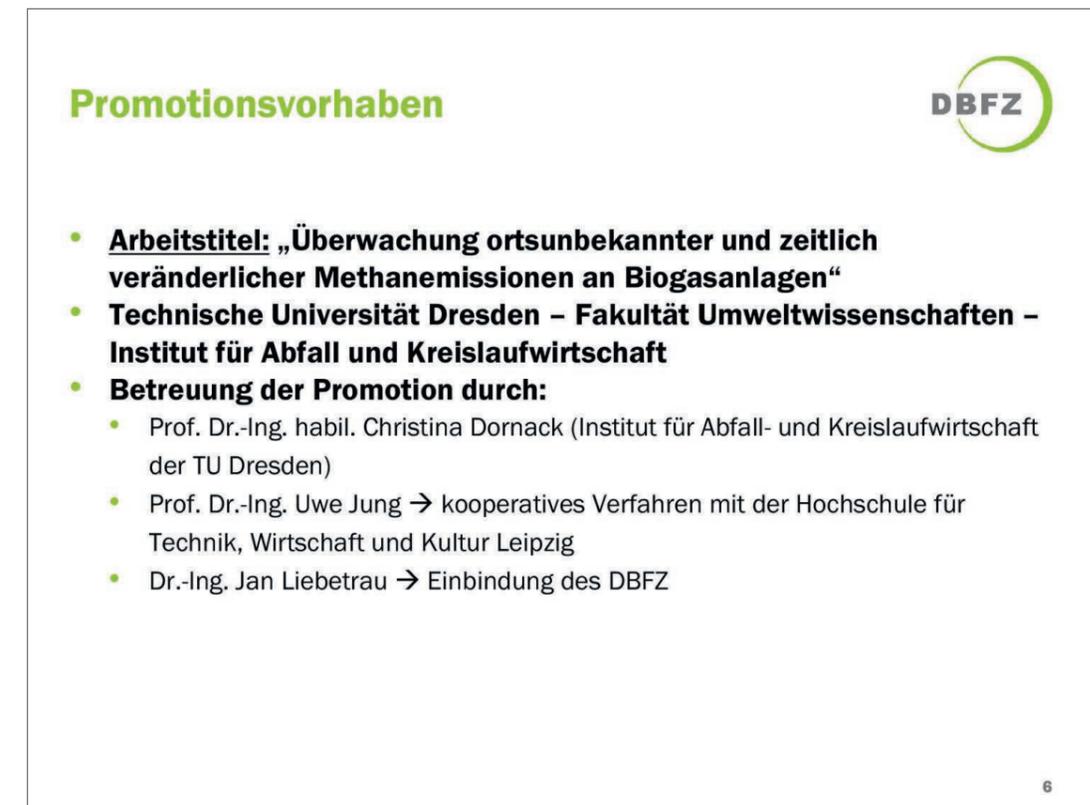
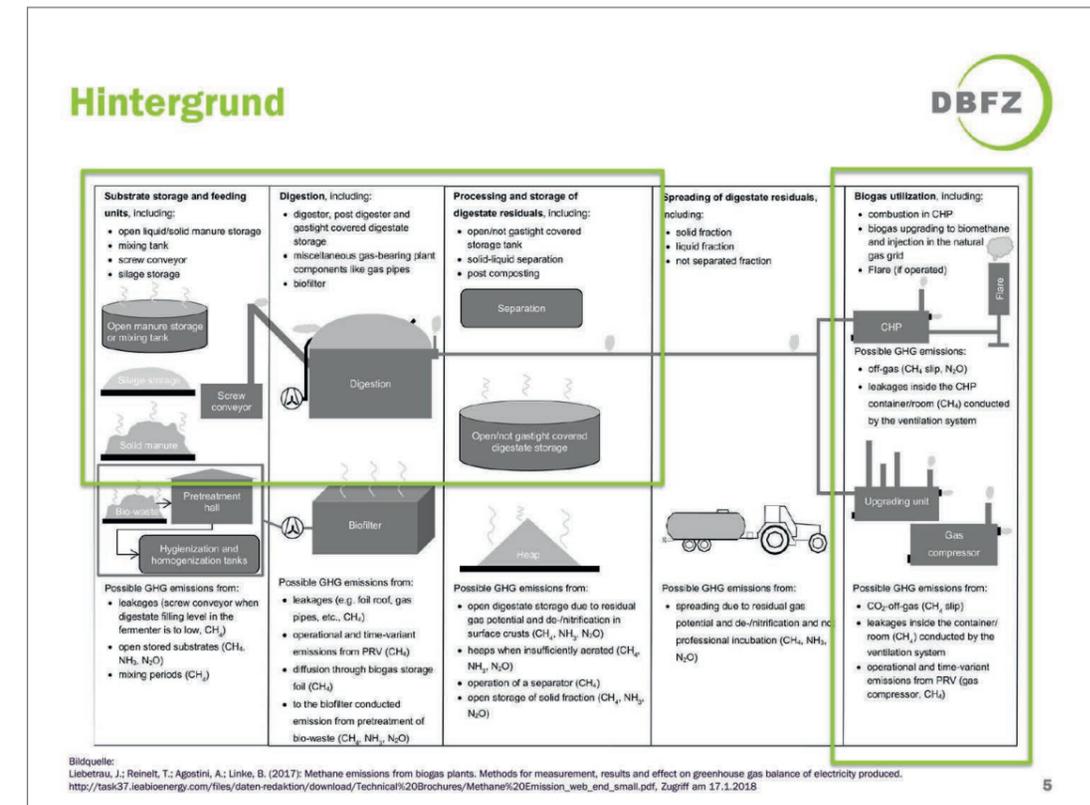
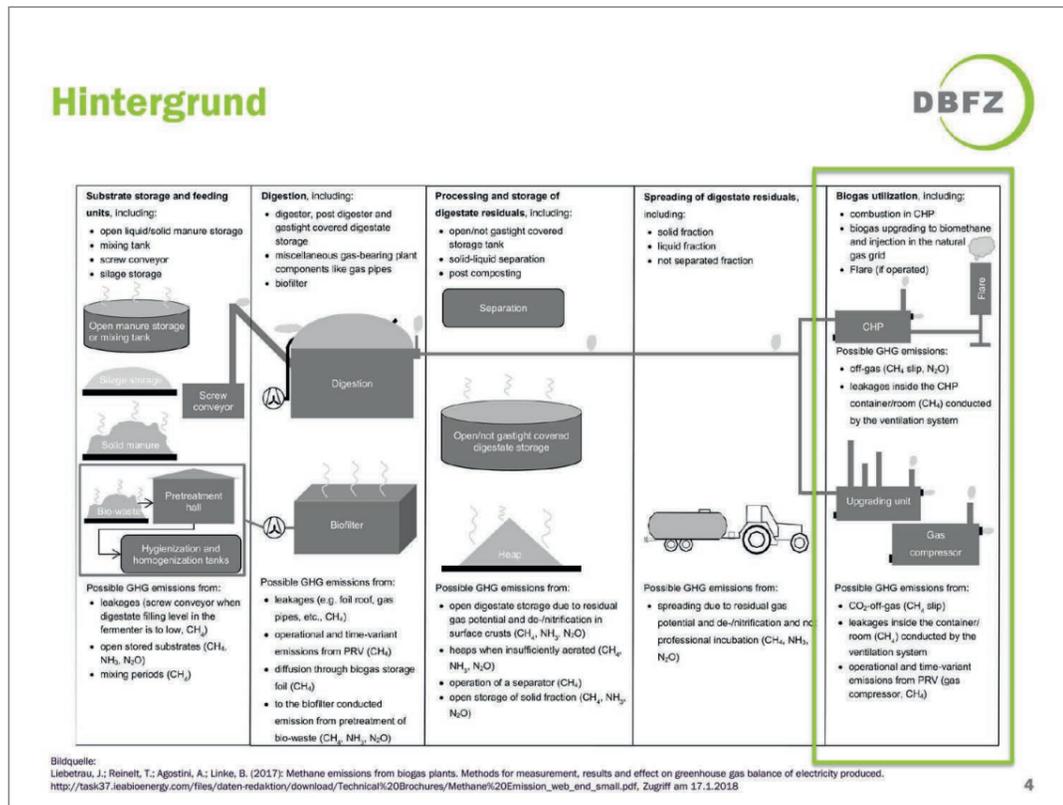
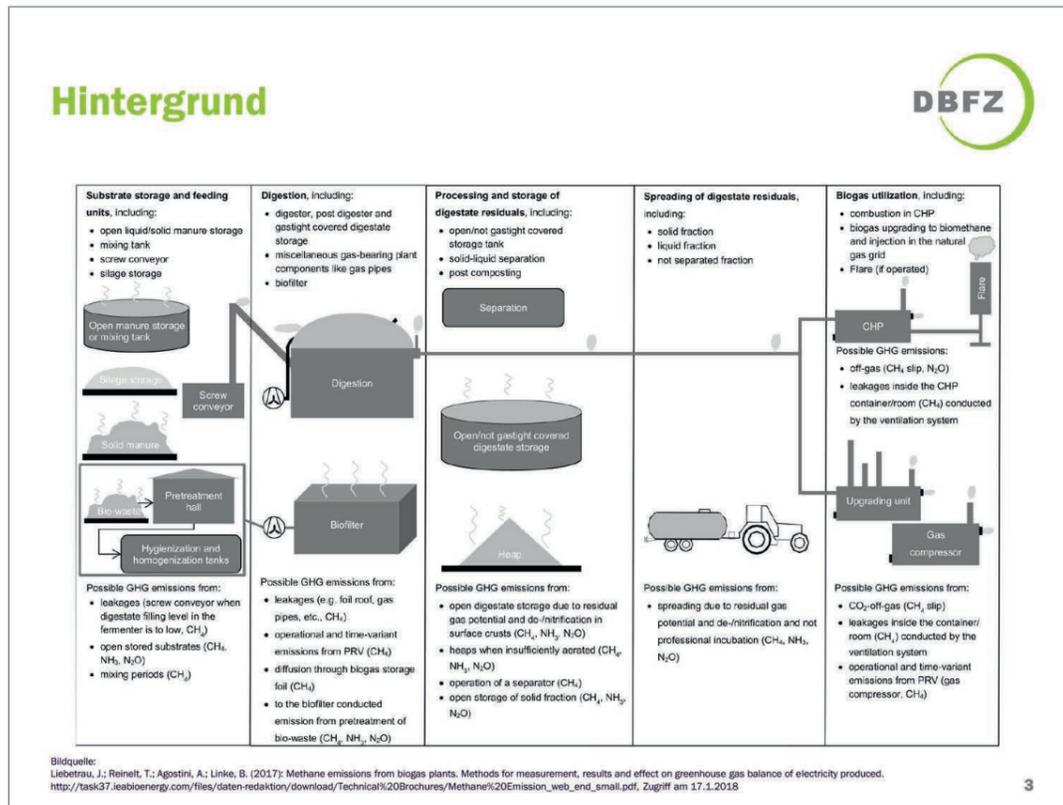


- Hintergrund
- Promotionsvorhaben
- Forschungsvorhaben
- Überwachung von Überdrucksicherungen
- Ergebnisse aus Praxismessungen
 - Biogasanlagen
 - Emissionsfaktoren
 - Einflüsse auf das Emissionsverhalten
- Emissionsarmer Anlagenbetrieb
- Zusammenfassung



Bildquelle:
Liebetrau, J.; Reinelt, T.; Agostini, A.; Linke, B. (2017): Methane emissions from biogas plants. Methods for measurement, results and effect on greenhouse gas balance of electricity produced.
http://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/Methane%20Emission_web_end_small.pdf, Zugriff am 17.1.2018.

2



Promotionsvorhaben

- **Kumulative Dissertation**
 - 1. Paper: Methodenharmonisierung – Darstellung und Diskussion von vergleichenden Emissionsmessungen mit dem On-Site Ansatz (Einzelquellenanalyse) → Ergebnisvergleich von 3 Messteams an 2 Biogasanlagen
 - 2. Paper: Langzeitmessungen – Darstellung und Diskussion einer Zwei-Jahres-Langzeitmessung an den Überdrucksicherungen einer Biogasanlage mit durchgeführten Emissionsminderungsmaßnahmen
 - 3. Paper: Langzeitmessungen – Darstellung und Diskussion der Emissionsmessungen an den Überdrucksicherungen von 7 landwirtschaftlichen Biogasanlagen und der Einflüsse auf das Emissionsverhalten
- **Zeitlicher Ablauf**
 - 01.10.2018 – 31.08.2020
 - Bis Januar/Februar 2019 Einreichung Paper 1
 - Forschungsaufenthalt in Australien an der University of Southern Queensland im Herbst 2019

7

Forschungsvorhaben

- **Projekttitel:** „BetEmBGA – Betriebsbedingte Emissionen von Biogasanlagen“
- **Projektdauer:** 01.02.2015 – 31.10.2018
- **Förderhinweis:** Das Projekt wurde gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft vertreten durch den Projektträger Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. unter dem Förderkennzeichen 22020313.
- **Projekthalt:** Langzeituntersuchung von 7 Biogasanlagen (jeweils angestrebter Messzeitraum 1 Jahr, 1 Anlage mit 2 Jahren Messzeitraum)

Gefördert durch:


Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages


Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

8

Überwachung von Überdrucksicherungen

Herausforderungen:

- VDI 4285 Blatt 1 → Geführte oder diffuse Quelle?
- Sehr stark zeitveränderliches Emissionsverhalten abhängig von
 - den atmosphärischen Umgebungsbedingungen
 - Betriebsweise
 - Betriebszustand
- Überwachung/Nachrüstung mit Messtechnik
 - Beachtung der Explosionsschutzkategorie
 - Keine Beeinträchtigung der Funktion von ÜUDS (Anlagensicherheit) durch die Messtechnik
 - Änderungen bedürfen der Prüfung durch einen Sachverständigen gemäß Betriebssicherheitsverordnung und Gefahrstoffverordnung

9

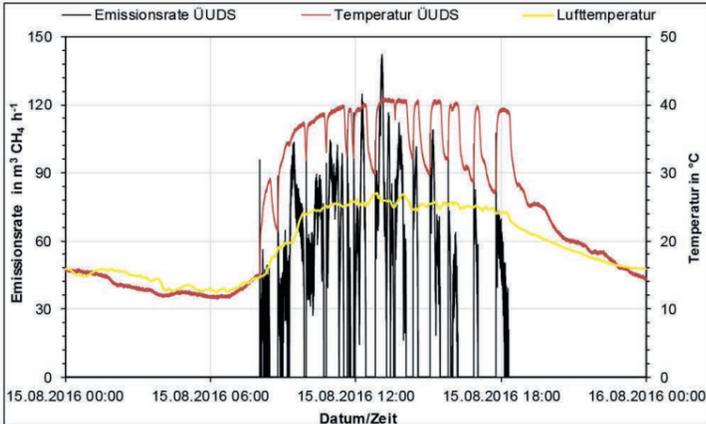
Überwachung von Überdrucksicherungen

Messprinzip

- **Strömungsmessung:**
 - Strömungsgeschwindigkeit im Abblaserohr und Bezug auf die innere Querschnittsfläche des Rohres
 - Messung des Methangehaltes im Gasspeicher über die ÜUDS
 - Bestimmung des abgeblasenen Biogasvolumenstromes
- **Temperaturmessung:**
 - Temperaturunterschied zwischen Umgebungs- und Biogastemperatur
 - Bei Ansprechen der ÜUDS ansteigende Temperaturflanke
 - Nach Ende des Ansprechens der ÜUDS fallende Temperaturflanke

10

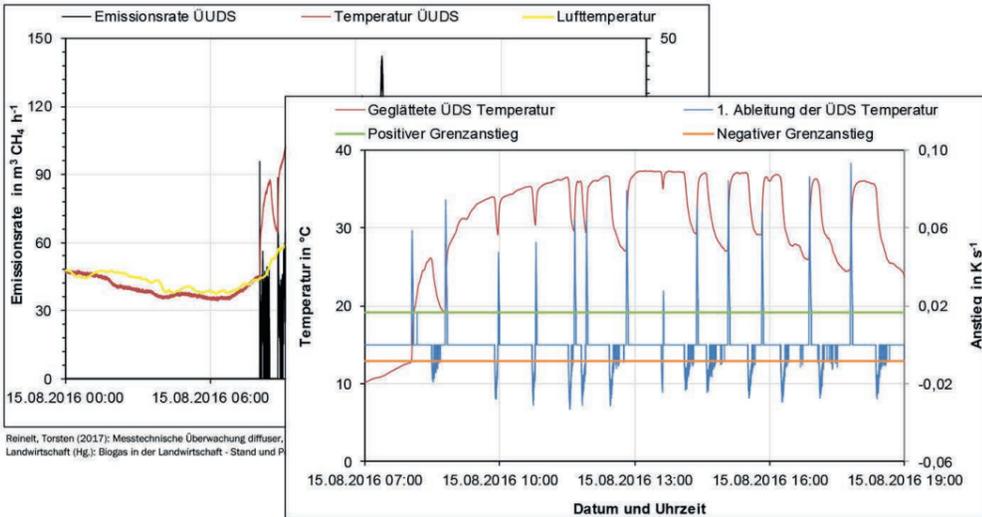
Überwachung von Überdrucksicherungen Messprinzip

Reinelt, Torsten (2017): Messtechnische Überwachung diffuser, betriebsbedingter und/oder zeitlich variabler Methanemissionen aus Biogasanlagen. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hg.): Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven. FNR/KTBL-Kongress vom 26. bis 27. September 2017 in Bayreuth (KTBL-Schrift, 512), S. 237-249.

11

Überwachung von Überdrucksicherungen Messprinzip

Reinelt, Torsten (2017): Messtechnische Überwachung diffuser, Landwirtschaft (Hg.): Biogas in der Landwirtschaft - Stand und P

12

Überwachung von Überdrucksicherungen Beispielhafter Messaufbau



- **Messaufbau der BGA 1:**
- Am Hauptfermenter eine ÜUDS → Nachrüstung mit Strömungs- und Temperatursensor
- Am Gärrestlager zwei ÜUDS → Nachrüstung mit Temperatursensoren



Bild: DBFZ

13

Ergebnisse aus Praxismessungen Landwirtschaftliche Biogasanlagen



- **Nassfermentation, Substratmix aus Wirtschaftsdüngern und NawaRo, Tragluftgasspeicher, hydraulisch gewichtsbelastete ÜUDS**

	BGA 1	BGA 2	BGA 3
Installierte BHKW-Leistung in kW	252 + 190 (ab Juni 2017 350 + 190)	350 + 180	526, (ab Oktober 2016 526 + 901)
Bemessungsleistung in kW	442	530	511
Sekundäre Gasverbrauchseinrichtung	Manuelle Fackel	Manuelle Fackel	Gasbrenner (autom. zündend bei BHKW-Ausfall)
Behälter (Anzahl ÜUDS/Anzahl überwachter ÜUDS)	Fermenter (1/1), Gärrestlager (2/2)	Fermenter (1/1), Nachgärer (1/1), Gärrestlager 1 (1/0), Gärrestlager 2 (1/0)	Fermenter (1/1), Nachgärer (1/1), Gärrestlager 1 (1/0), Gärrestlager 2 (2/0)

14

Ergebnisse aus Praxismessungen

Emissionsfaktoren



	BGA 1	BGA 2	BGA 3
Messzeitraum in Tagen	732	311	237
Emissionsfaktor in % CH ₄ aller gemessenen ÜUDS der BGA	Jahr 1: 1,8 Jahr 2: 0,6 Gesamt: 1,2	1,1	0,4
Emissionsfaktor in % CH ₄ des Fermenters	Jahr 1: 0,9 Jahr 2: 0,2	1,1	0,3
Emissionsfaktor in % CH ₄ des Nachgärers/Gärrest-lagers	Jahr 1: 0,9 Jahr 2: 0,4	0,0	0,1
Bemerkungen:	BGA 1: Umsetzung von Emissionsminderungsmaßnahmen BGA 2: Datenverlust in April/Mai 2016 BGA 3: Datenverlust in Mai 2016 und Dezember/Januar 2017		

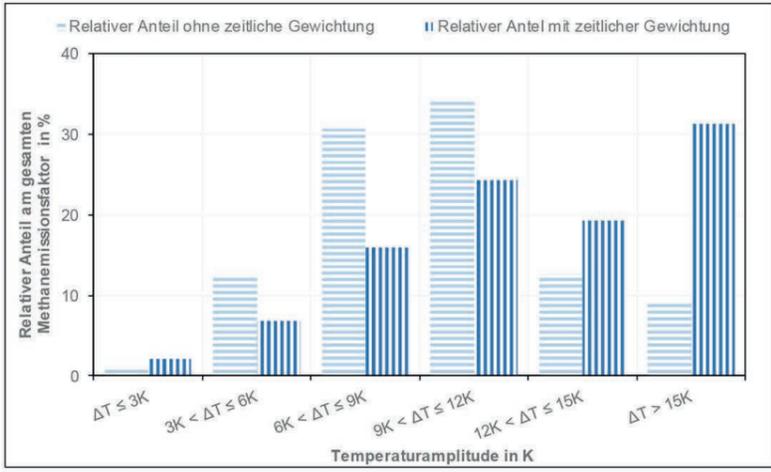
15

Ergebnisse aus Praxismessungen

Einflüsse auf das Emissionsverhalten – Temperatur



- **Temperaturamplitude (Differenz aus Tagesmaximum und –minimum) – BGA 1 (732 d Messzeitraum)**



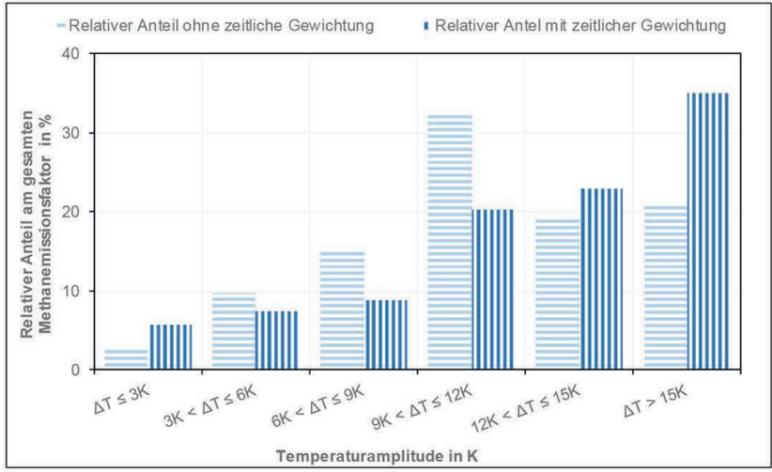
16

Ergebnisse aus Praxismessungen

Einflüsse auf das Emissionsverhalten – Temperatur



- **Temperaturamplitude (Differenz aus Tagesmaximum und –minimum) – BGA 2 (311 d Messzeitraum)**



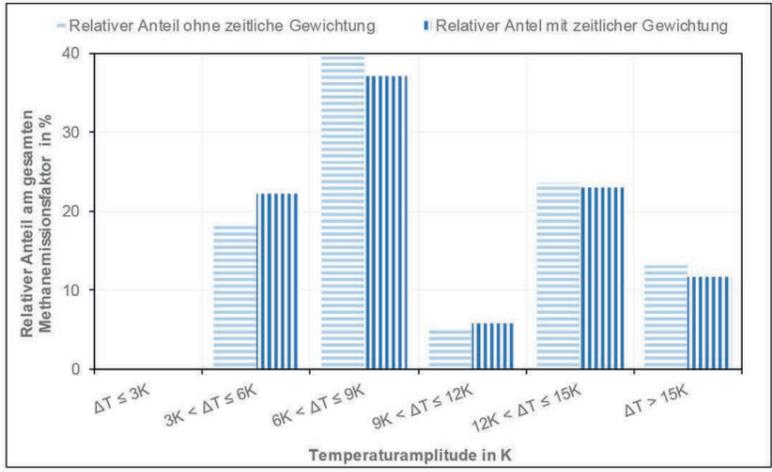
17

Ergebnisse aus Praxismessungen

Einflüsse auf das Emissionsverhalten – Temperatur



- **Temperaturamplitude (Differenz aus Tagesmaximum und –minimum) – BGA 3 (237 d Messzeitraum)**



18

Ergebnisse aus Praxismessungen

Einflüsse auf das Emissionsverhalten – Betriebszustand



- **Welcher Parameter definiert den Betriebszustand? Was ist Normalbetrieb?**
 - **Verwendung des BHKW-Auslastungszustandes (P_{Ausl}) als Bewertungsparameter:**
 - i. d. R. verfügbarer und durch Anlagenbetreiber dokumentierter Wert
 - Betriebszustände wirken sich i. d. R. auf die Verfügbarkeit des BHKWs aus
- Bewertungsmaßstäbe für Normalbetrieb/Betriebsstörung:
- $P_{\text{Ausl}} \leq 75\%$: Betriebsstörung
 - $75\% < P_{\text{Ausl}} \leq 95\%$: Abweichung vom Normalbetrieb
 - $95\% < P_{\text{Ausl}} \leq 105\%$: Normalbetrieb
 - $P_{\text{Ausl}} > 105\%$: Normalbetrieb mit erhöhter Biogasproduktion

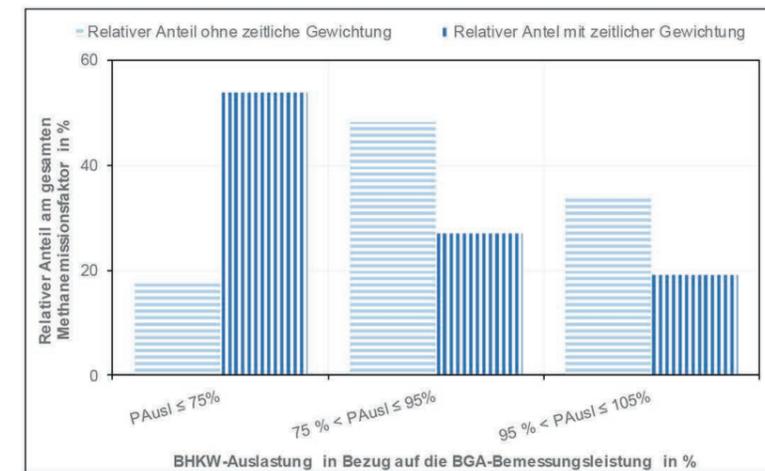
19

Ergebnisse aus Praxismessungen

Einflüsse auf das Emissionsverhalten – Betriebszustand



- **BHKW-Auslastung – BGA 2 (311 d Messzeitraum)**



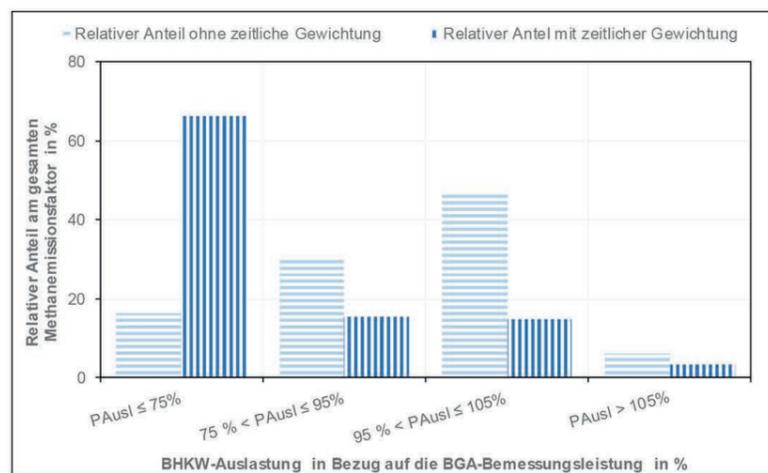
21

Ergebnisse aus Praxismessungen

Einflüsse auf das Emissionsverhalten – Betriebszustand



- **BHKW-Auslastung – BGA 1 (732 d Messzeitraum)**



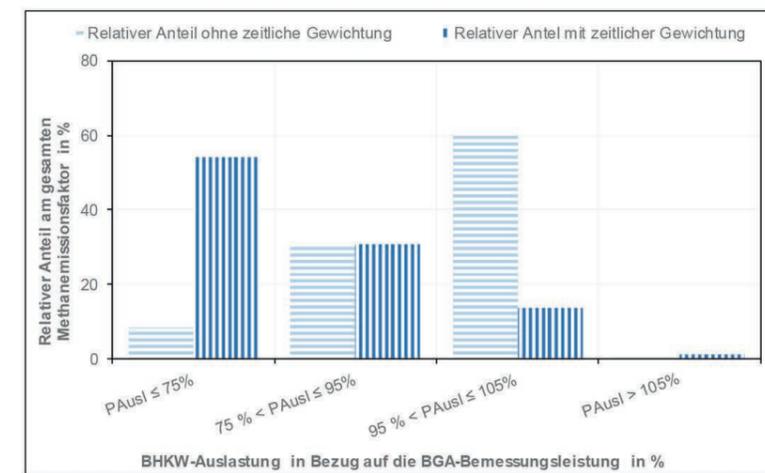
20

Ergebnisse aus Praxismessungen

Einflüsse auf das Emissionsverhalten – Betriebszustand



- **BHKW-Auslastung – BGA 3 (237 d Messzeitraum)**



22

Emissionsarmer Anlagenbetrieb



- **ÜUDS-Emissionen durch temperaturbedingte Gasausdehnung**
 - Vermeidung zu hoher Gasfüllstände → Vorhalten von Pufferkapazitäten in den Gasspeichern im Normalbetrieb (Füllstände zwischen 30 – 60 %)

23

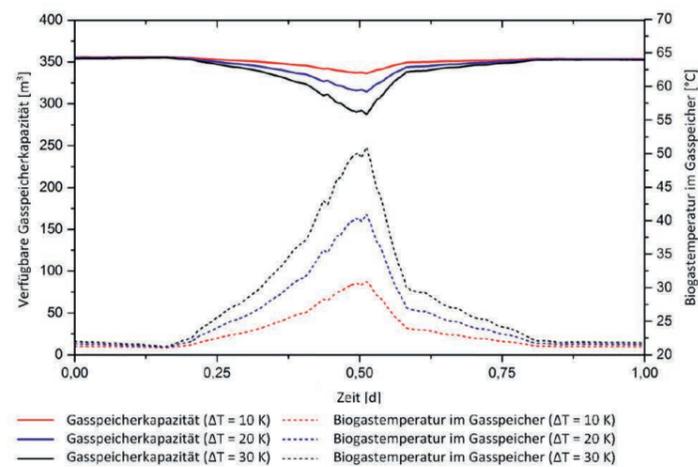
Emissionsarmer Anlagenbetrieb



- **ÜUDS-Emissionen durch temperaturbedingte Gasausdehnung**
 - Präzise Füllstandmessung → Genauigkeit der verfügbaren Systeme abhängig von Ausführung und Gasspeicherfüllstand
 - Bei Flex-Betrieb (Ausblick) → Gasspeicherprognose unter Einbeziehung der Biogas-/Umgebungstemperaturen

25

Emissionsarmer Anlagenbetrieb



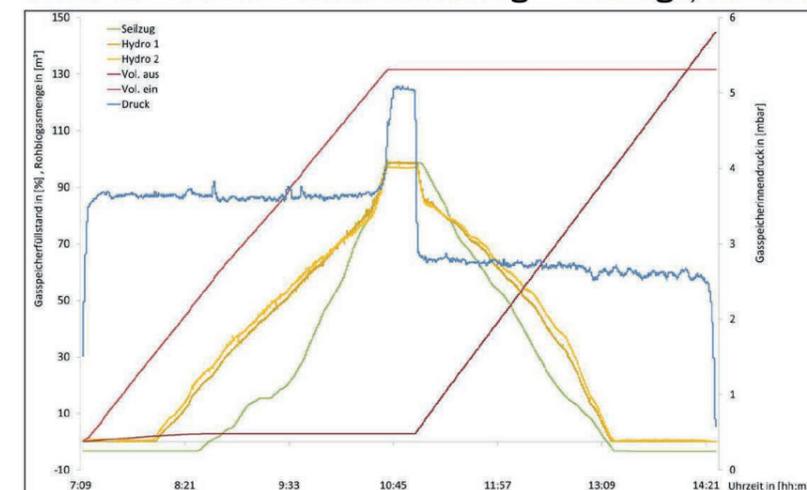
Quelle: Angepasst von Liebetrau, J.; Reinelt, T.; Agostini, A.; Linke, B. (2017): Methane emissions from biogas plants. Methods for measurement, results and effect on greenhouse gas balance of electricity produced. http://task37.ieaenergy.org/files/daten-redaktion/download/Technical%20Briefs/Methane%20Emission_web_end_small.pdf, Zugriff am 17.1.2018.

24

Emissionsarmer Anlagenbetrieb



- **Stand der Technik Füllstandmessung → Seilzüge, Schlauchwaagen**



Quelle: Star, Mathias; Krebs, Christian; Mauky, Eric; Dehmichen, Katja; Barchmann, Timo; Murnietner, Ernst (2017): ManBio - Entwicklung von technischen Maßnahmen zur Verbesserung des Gasmanagements von Biogasanlagen. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig. Online verfügbar unter https://www.energetische-biomassennutzung.de/fileadmin/Steckbriefe/dokumente/03KB094AB_Schlussbericht_ManBio_4.pdf, zuletzt geprüft am 13.04.2018.

26

Emissionsarmer Anlagenbetrieb



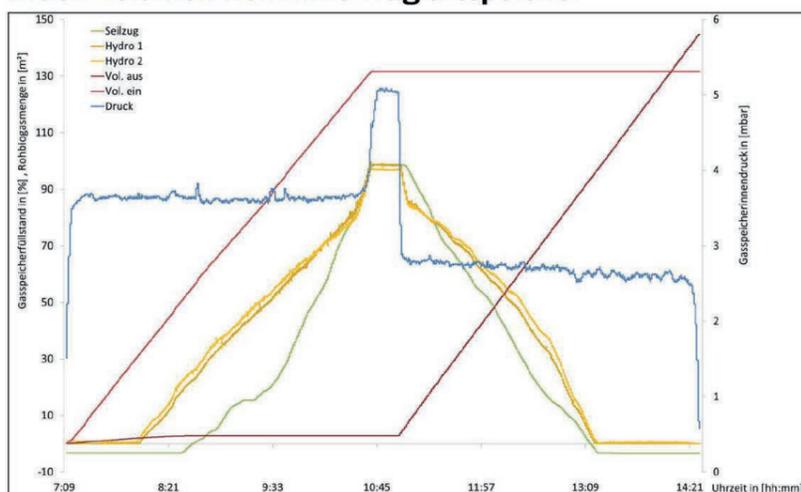
- **ÜUDS-Emissionen durch fehlende Gasabnahme (BHKW-Ausfall)**
 - Automatisch geregelte Fackel (optimal nach Füllstand)
 - Bei geplanten Wartungen (z. B. BHKW) Anpassung der Substratzugabe
 - Dimensionierung der Biogasleitungen, Einstellung der Stützluftgebläse bei Tragluftgasspeichern (Druckkaskade) → Achtung: Bei Tragluftdächern ist der Betriebsdruck nahezu unabhängig vom Füllstand!

27

Emissionsarmer Anlagenbetrieb



- **Druck-Volumen Kennlinie Tragluftspeicher**



Quelle: Stur, Matthias; Krebs, Christian; Mauky, Eric; Oehmichen, Kaija; Berchmann, Tino; Mummelner, Ernst (2017): ManBio - Entwicklung von technischen Maßnahmen zur Verbesserung des Gasmanagements von Biogasanlagen. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig. Online verfügbar unter https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/Steckbriefe/dokumente/03KB09448_Schluss/C3%9Fbericht_ManBio_4.pdf, zuletzt geprüft am 13.04.2018.

28

Zusammenfassung



- **Entwicklung einer Messmethodik für die Überwachung von ÜUDS**
- **Erstmalige Durchführung von Langzeituntersuchungen mit Quantifizierung von Emissionsfaktoren der ÜUDS**
- **Maßgebliche Einflussfaktoren auf die Emissionen**
 - Temperatur-(änderungen), Betriebsweise Gasspeicher
 - Betriebszustand (Gasverwertung)
 - Stand der Technik (sekundäre Gasverbrauchseinrichtung, Füllstandmessung, Anlagensteuerung)
- **Emissionen aus ÜUDS lassen sich durch geeignetes Biogasspeicher-management vermeiden bzw. mindern**

29

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH



Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft

Ansprechpartner

Prof. Dr. mont. Michael Nelles
Daniel Mayer
Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän
Dr.-Ing. Jan Liebetrau
Dr.-Ing. Volker Lenz
Dr.-Ing. Franziska Müller-Langer
Dr.rer.nat. Ingo Hartmann

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

Fotos: DBFZ, Jan Gutzeit, DREWAG/Peter Schubert (Teufels, rechts), Pixabay / CC0 Public Domain

Edward Antwi, Rostock University

The effect of hydrothermal pre-treatment on the biogas yield of cocoa pods

Edward Antwi, Dr. Andrea Schüch, Dr. Nils Engler, Prof. Dr. Michael Nelles
Rostock University
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock
Tel.: +49 (0)381 49 83 414
E-Mail: edward.antwi@uni-rostock.de

Cocoa is one of the major and most important cash crops in the world. Total annual production of cocoa beans in 2014 was about 4.03 million tons according to the Food and Agriculture Organization (FAO) (FAOstat, 2017). This was expected to increase at the rate of 2% per annum in the coming years. The cultivation, harvesting and processing of cocoa beans leads to the generation of two major residues; Cocoa pods which is generated during harvesting of the beans and cocoa husks which is generated during the processing of the beans. Cocoa pods residues have long been seen as a potential bioenergy feedstock in countries where cocoa is cultivated (Duku et al., 2011a, 2011b; Ogunjobi and Lajide, 2016; Redgwell et al., 2003; Sadiq et al., 2015; V et al., 1987). However, the energetic utilization of the pods have been limited, largely due to limited research on harnessing its potential. The availability of the residues in Ghana have not been in doubt as a number of studies have attempted to estimate the resource potential of cocoa pods and other agricultural residues. What has been in doubt is the most effective pathway to energetically valorise the residues. Previous studies conducted by (Thomsen et al., 2014) and (Kemausuor et al., 2014) established the theoretical methane potential of cocoa pods residues using the widely acclaimed Buswell and the COD equations. However, limited research has been done to determine the actual biomethane potential, kinetics of the process and effect of pretreatment on the biogas yield. This research sought to establish the biomethane potential of cocoa pods and study the kinetics of the anaerobic process. Further test were conducted to study the effect of hydrothermal pretreatment on the biogas yield. The BMP experi-

ments were conducted in a 500 ml Ankom bottles equipped with a pressure sensor to measure the pressure of the biogas released. Data from the BMP experiment was used to model the kinetics of the anaerobic process using the 2 pool 2 step model. The effect of hydrothermal process pretreatment on the biogas yield was conducted in a 1 litre Parr Instrument hydrothermal carbonisation unit. Two process parameter: Temperature and residence time, were studied within the ranges of 150 – 220 oC and 5 – 15 minutes respectively using a central composite experimental design. Results of the study showed that anaerobic digestion of cocoa pods is possible with a specific biogas yield of 357 l(N)/kgVS. The kinetic model with the 2 pool 2 step model showed that the model was in agreement with the experimental data with an R² of 0.998. Further, a large fraction (60%) of the residues was determined to constitute the slow degrading portion of the residues. Fibre analytic results after pretreatment showed increased hydrolysis of the residues at higher severity. However, there was no corresponding increase in biogas yield, rather the different treatments resulted in marginal increases in biogas yield.

Thomas Trabold, Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg (FAU)

Direct Biological Methanation of the Synthesis Gas of an Allothermal Wood Gasifier

Thomas Trabold, Prof. Dr. Jürgen Karl
Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg (FAU)
Fürther Str. 244f
90429 Nuremberg
Tel.: +49 (0)911 5302 9027
E-Mail: thomas.trabold@fau.de

Methanogenic archaea are able to substitute natural gas, i.e. CH_4 , by metabolization of H_2 and CO_2 or CO , respectively. The presented project Ash-to-Gas aims at using syngas from thermochemically gasified biomass as the main feedstock instead of the common feed biogas and hydrogen produced by the electrolysis, leading to a broader applicability of biological methanisation.

Main research questions under evaluation are the archaeas' ability of converting CO and tars as major output of the gasification. Furthermore, the investigation focuses on the applicability of char and ash as a nutrient for the microorganisms.

This contribution will present the experimental results obtained in a continuously stirred tank methanation reactor (CSTR) at the Chair of Energy Process Engineering. The effects of CO and tars (e.g. toluene, naphthalene and acenaphtene) on the microorganisms and their convertibility will be discussed as well as the nutritional effects of fly ash of the biomass gasifier.

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

FAU FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG TECHNISCHE FAKULTÄT

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie

Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung

20. September 2018

Thomas Trabold M.Sc.
Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CB) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

FAU FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG TECHNISCHE FAKULTÄT

BMW Projekt 03KB097

Ash-to-Gas

Mikrobielle Biomethan-Erzeugung mit Wasserstoff aus der thermischen Vergasung von Biomasse mit Nährstoffen aus Vergasungsrückständen

Laufzeit 12/2015-05/2018

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

PTJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

Energetische Biomassenutzung

- Projekt adressiert die Erdgassubstitution: Biologische Methanisierung von Holzgas
- Projektziel: Proof-of-Concept für eine Kopplung zwischen Holzvergasung und biologischer Methanisierung; Verwendung der Vergasungsrückstände als Nährmittel
- Methoden: Aufbau eines Fermenters zur biologischen Methanisierung, experimentelle Untersuchungen, Mikroskopische Vitalitätsprüfung

Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CB) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Archaen und ihre Stoffwechselgleichungen

Quelle: Institute of Microbiology and Archaea Centre, University of Regensburg

Stoffwechselfad CO₂:

$$CO_2 + 4 H_2 \rightarrow CH_4 + 2 H_2O$$

Stöchiometrie: H₂/CO₂-Verhältnis 4:1

Methane production rate (MPR):

$$MPR = \frac{\text{erzeugtes Methan bei Normbed.}}{\text{Fermentervolumen} \cdot \text{Zeit}}$$

Stoffwechselfad CO:

direkt: $CO + 3 H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$

indirekt: $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$
 $4 H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2 H_2O$
 $4 CO + 2 H_2O \rightarrow CH_4 + 3 CO_2$

Folie 3
 Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
 www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Biochemie der biologischen Methanation

Quelle: Cypionka, H. (2010), Grundlagen der Mikrobiologie (4th ed.), Springer, pp. 210-211

Methanisierung

Co-factor F420

Fluoreszenz sichtbar

Aktivität der Archaen kann immer durch Fluoreszenzmikroskopie bei 420nm sichtbar gemacht werden.

Folie 4
 Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
 www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Continuously stirred tank reactor (CSTR)

Parameter:

- Volumen: 6,8 l
- Druck: bis zu 3,6 bar(a)
- Temperatur: 30 bis 80°C
- Rührgeschw.: bis zu 3000rpm
- Betriebsmodus: kontinuierlich oder batch
- Edukte: H₂, CO₂, CO
- Gasstrom: 50 bis 300 NmL/min
- Rührer: Begasungsrührer Ø 72 mm
- Stahl: 1.4307, 1.4404

Folie 5
 Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
 www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

CSTR: Einzelne Komponenten

Magnetkupplung

Stromstörer

Fermenterbrühe

Heizpatronen

Begasungsrührer

- Hermetische Abriegelung
- Regelbare Temperatur und Druck
- Verbesserter Gas-Flüssig-Übergang

Folie 6
 Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
 www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Experimentelles Vorgehen

Grundlagen
Anlagenaufbau
Experimente
Ergebnisse
Zusammenfassung

- Ausgangspunkt:**
 - Stoichiometrisches Feedgas mit $H_2:CO_2=4:1$
- Vorgehen:**
 - Zugabe synthetischer Komponenten, zur Annäherung an reales Synthesegas
 - Zugegebene Komponenten:**
 - CO
 - Vergaserasche
 - Teere (Toluol, Methylnaphtalin, Acenaphten)
 - Zudosierung realen Synthesegases

Folie 7
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Parameter der Experimente: Synthetische Zusätze

Grundlagen
Anlagenaufbau
Experimente
Ergebnisse
Zusammenfassung

- CO:**
 - Zugabe von 20 vol.-% zum stöchiometrischen Verhältnis von $H_2:CO_2$
 - Wechsel zur erwarteten Zusammensetzung des Vergasergases ($H_2 = 40$, $CO_2 = 24$, $CO = 18$ und N_2 (enthält den Anteil an CH_4 , da CH_4 als inert angenommen wird) = 18 vol.-%)
- Vergaserasche:**
 - Unter definierten Parameter produziert
 - Dosierung: 0.043 g/d
 - Annahmen: $MPR = 10$ NL/(L-d), Holzpellets als Brennstoff mit einem Aschegehalt von 0.5%-weight, Syngas enthält den gesamten Ascheanteil
- Teere:**
 - 150h Dauerversuch pro Teerkomponente
 - Dosierung: 6.3 g/d für Toluol und Methylnaphtalin, Annahmen wie bei der Vergaserasche, plus Feedgas-Strom enthält 20 g/Nm³ der jeweiligen Komponente
 - Dosierung Acenaphten: einmalig 2 g

Folie 8
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Parameter der Experimente: Reales Synthesegas

Grundlagen
Anlagenaufbau
Experimente
Ergebnisse
Zusammenfassung

Drucksenkung im Fermenter:
Vergaser bietet einen Vordruck von 1,6 bar. Deshalb Adaption der Kultur von 3,6 bar auf 1,6 bar in zwei Schritten.

Kopplung zwischen Fermenter und Vergaser:

- Quasi-kontinuierliche Zufuhr (periodisch in ca. 15s)
- Kopplungsdauer durchschnittlich 3h
- Volumenstrom: ca. 100ml/min

Vergasungsparameter	
Brennstoff	Holzpellets
Brennstoffleistung	0,7 kW
Brennstoffmassenstrom	0,14 kg/h
Vergasungsmittel	Wasserdampf
Dampfmassenstrom	0,35 kg/h
Wasserdampfüberschuss Sigma	13
Vergaserdruck	0,6 bar
Variation der Vergasungstemperatur	750°C, 775°C, 800°C, 830°C

Folie 9
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Ergebnisse der CO-Zugabe

Grundlagen
Anlagenaufbau
Experimente
Ergebnisse
Zusammenfassung

methane building rate in $CH_4/l_{fermenter/d}$
pH
Time in h

- Schwankungen der MPR ist im üblichen Umfang, der in allen CSTR-Messungen zu finden ist. Ursachen der Schwankungen sind bisher noch nicht geklärt. Mögliche Auslöser: Eingelöste Stahlbestandteile, Inhibition durch Nebenprodukte
- Lag-Phasen der MPR sind unter CO-Einfluss länger
- MPR bleibt auf dem üblichen Level
- Gasanalyse zeigt: CO wird verstoffwechselt

CO ist unkritisch und kann sogar zu CH_4 umgesetzt werden

Folie 10
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Ergebnisse der Aschezugabe

- Schwankungen der MPR ist im üblichen Umfang
- Aschezugabe in einem parallel aufgebauten Rieselbettreaktor führte zum Absterben
- Aschezugabe im CSTR hat keinen sichtbaren Einfluss
- Möglicher Grund: Sub-optimale Lebensbedingungen führen zu unvollständiger Zellwandbildung. Hohe Scherkräfte des Rührers verhindern ein Zusammenkleben.

Aschezugabe hat keinen sichtbaren Effekt im CSTR

Folie 11
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Ergebnisse der Teerzugabe

- Toluol und Methylnaphtalin (tägl. Zugabe):
 - Ähnlicher Effekt
 - Keine hohen MPR-peaks mehr; stabile MPR auf niedrigem, aber:
 - Kein Absterben der Kultur
- Acenaphten (Einmaldosierung):
 - Einbruch der MPR binnen Stunden
 - MPR stabilisiert sich auf sehr geringem Niveau

Teere sind DIE Herausforderung der biolog. Methanisierung von realem Synthesegas

Folie 12
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Ergebnisse der Zugabe realen Synthesegases

Adaption an niedrigeren Druck:

- Die MPR-Schwankungen sind im üblichen Ausmaß
- Kein Zellsterben
- Zellzahl folgt den MPR-Schwankungen
- MPR-Peaks sind bei niedrigem Druck nicht mehr so hoch

Druckabsenkung wird von den Archaeen toleriert

Folie 13
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Ergebnisse der Zugabe realen Synthesegases

Versuchszusammenfassung:

Kultur überlebt; Aktivität schwach, aber vorhanden

Folie 14
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Ergebnisse der Zugabe realen Synthesegases

Gaszusammensetzungen Versuch 6:

Vergaser:

Fermenter:

- Anfangs im Fermenter erzeugtes CH_4 : ca. 3%
- Methanerzeugung nimmt über die Versuchszeit kontinuierlich ab
- Peak der MPR war schon erreicht. Langsames Absinken ist zu erwarten.
- Sollte Synthesegaszufuhr zu direkter Inaktivität führen, muss der Einbruch abrupt sein; s. Zugabe von synthetischem Acenaphthen.

Teerzufuhr führt nicht zu direkter Inaktivität
Kultur ist erfolgreich an Teerzufuhr adaptiert

Folie 15
Department Chemie- und Biogenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Ergebnisse der Zugabe realen Synthesegases

Entwicklung der MPR-Peaks:

- MPR-Peaks sind flacher als vor Zugabe des Synthesegases
- Peaks durchschnittlich weiter auseinander

Aktivität der Kultur ist durch Synthesegas eingeschränkt

Folie 17
Department Chemie- und Biogenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Ergebnisse der Zugabe realen Synthesegases

Abbau der Vergasungsteere:

- Teere sind polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
- Je nach Größe des Moleküls zeigen sie bei unterschiedlichen Wellenlängen Fluoreszenz
- So können sie unter dem Mikroskop leicht erkannt werden
- Es zeigt sich nach den Versuchen jeweils ein Abbau über die Folgetage

Kultur ist in der Lage Teere abzubauen?

Folie 18
Department Chemie- und Biogenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie - Biologische Direkt-Methanisierung von Synthesegas aus der allothermen Holzvergasung - Trabold

Zusammenfassung

- Es werden Versuche mit methanogenen Archaeen in einem CSTR durchgeführt
- Dem synthetischen Feedgas werden Bestandteile und Verunreinigungen hinzugefügt:
 - CO ist unkritisch und wird sogar zu CH_4 verstoffwechselt
 - Vergasungsasche zeigt keinen sichtbaren Effekt im CSTR, ist in anderen Fermenterarten jedoch problematisch
 - Teere stellen die zentrale Herausforderung der biologischen Methanisierung dar:
 - Verschiedene Substanzen führen zu unterschiedlichen Effekten
 - Die Kultur muss entweder adaptiert, oder die Teere abgetrennt werden
- Versuche mit realem Synthesegas zeigen:
 - Eine Adaption der Archaeen ist möglich
 - Teere können sogar abgebaut werden
 - Die Aktivität der Kultur sinkt jedoch
- Ausblick:
 - Zugabe von realem, ungefiltertem Synthesegas (Aschegehalt)
 - Quantifizierung des Teerabbaus

Folie 19
Department Chemie- und Biogenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
www.evt.tf.fau.de

Lukas Schenke, RWTH Aachen

Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets in Kleinfeuerungsanlagen

Lukas Schenke, Thomas Horst, Prof. Dr. Peter Quicker
RWTH Aachen
Templergraben 55
52062 Aachen
Tel.: +49 (0)241 80 90714
E-Mail: schenke@teer.rwth-aachen.de

Als erneuerbare Energiequelle stellt das Erntenebenprodukt Stroh für die Wärmenutzung ein hohes Potenzial dar. Als Brennstoff weist Stroh im Vergleich zu Holz problematische Eigenschaften auf. Hohe Chlor- und Stickstoffgehalte resultieren in höheren Schadstoffemissionen sowie Anlagenkorrosion. Strohasche ist reich an Natrium, Kalium und Silizium, welche die Ascheschmelztemperatur verringern und somit in Verbindung mit hohen Aschegehalten des Strohs zu Verschlackungen führen. Während zur Bewältigung der beschriebenen Ascheschmelzproblematik bereits robuste industrielle Verbrennungssysteme für den Leistungsbereich > 40 kW entwickelt worden sind, müssen für die Nutzbarmachung in Kleinfeuerungen < 40 kW einfache und kostengünstige Konzepte entwickelt werden, um die thermische Nutzung von Stroh technisch und wirtschaftlich für Kleinfeuerungsanlagen zu ermöglichen. Brennstoffseitig kann durch Laugung und Additivierung von Stroh die Ascheerweichungstemperaturen deutlich erhöht werden. Somit lassen sich Verschlackungen während der Verbrennung von Strohpellets vermeiden. Trotz der resultierenden höheren Erweichungstemperatur der konfektionierten Strohpellets können bei der Verbrennung Ascheversinterungen nicht gänzlich verhindert werden, weshalb die Pellets in ihrer ursprünglichen Form als leicht zerstörbares „Ascheskelett“ bestehen bleiben.

Die vorgestellten Forschungsarbeiten fokussieren die Entwicklung von Rostsystemen, mithilfe derer durch einfachere Schür bzw. Brennbettbewegungen ein dauerhafter Anlagenbetrieb ermöglicht werden soll. Dieser Forschungsansatz wird im Rahmen des AiF-Vorhabens „Kleinfeuerungen für Strohpellets“ verfolgt. Dazu werden Rostkonzepte entwickelt, wel-

che die Versinterungen aufbrechen bzw. verhindern sollen. Diese werden in eine Fallschachtfeuerung des TEER eingebaut und getestet. Zudem soll die Brennbetttemperatur – primär ursächlich für die Verschlackung – durch die entwickelten Rostkonzepte in Kombination mit einer Rauchgasrückführung kontrolliert werden. Die experimentellen Untersuchungen des TEER werden durch Simulationsrechnungen des Lehrstuhls für Energieanlagen und Energieprozesstechnik (LEAT) der Ruhr-Universität Bochum begleitet. Anhand der Simulationen wird der Einfluss der Schürung bewertet und örtliche Temperaturspitzen im Brennbett identifiziert. Die konzipierten Rostsysteme wurden konstruktiv umgesetzt und in Kaltversuchen in einem separaten Versuchsstand hinsichtlich des Bewegungs- und Zerkleinerungsverhaltens untersucht. Der Aufbau basiert auf einem rührerähnlichen System, in dem Keramik- oder Stahlkugeln als ca. vier Zentimeter hohe Bettschüttung durch einen langsam drehenden Rotor (0,67 Umdrehungen/Minute) auf dem starren Rost (Topfbrenner) bewegt werden. Die verbrennenden Pellets sollen die Kugelschüttung langsam passieren, wodurch die Pelletasche zermahlen und aus dem Brennraum durch den Rost ausgetragen wird. Der durch die bewegten Stahl- bzw. Keramikugeln versuchte Zerkleinerungseffekt auf unverbrannte Strohpellets (100 g) wird anhand der Pelletlängenverteilung vor und nach 15 Rotorumdrehungen bestimmt. Dazu werden Kugeln in drei unterschiedlichen Durchmessergrößen gewählt.

Die Stahlkugeldurchmesser betragen 14 mm, 20 mm und 30 mm und die Keramikkugeldurchmesser 15 mm, 19 mm und 25 mm. Durch Einfärbung der Pellets und videogestützter Dokumentation

(Pixelzählung) lässt sich die Pelletbewegung durch die Kugelschüttungen ermitteln. Dazu werden Pellets in gleichen Anteilen mit einer Länge von 1,5 mm, 2,5 mm und 3,5 mm unterschiedlich eingefärbt. Für die Versuche werden die drei Keramikugelfraktionen mit unterschiedlichen Durchmessern verwendet. In den Kaltversuchen mit Stahlkugeln wurden mit steigendem Kugeldurchmesser stärkere Zerkleinerungseffekte gemessen. Der Feingutanteil < 6 mm beträgt bei den Kugeldurchmessern von 14 mm, 20 mm und 30 mm nach 15 Rotorumdrehungen Null Prozent, zehn Prozent und 21 Prozent. Zudem ist die Zerkleinerungswirkung der Stahlkugeln deutlich größer als die der Keramikugeln, welche eine deutlich geringere Dichte aufweisen. Auf die Pelletbewegung durch die Kugelschüttungen haben der Kugeldurchmesser und die Versuchsdauer bei konstanter Rotorumdrehung einen großen Einfluss. Pellets mit einer Länge von 15 mm durchlaufen die Kugelschüttungen von 15 mm, 19 mm bzw. 25 mm Kugeldurchmesser nach neun, drei bzw. einer Rotorumdrehung nahezu vollständig. Pellets mit 25 bis 35 mm Länge durchlaufen die Kugelschüttung von 15 mm Kugeldurchmesser nach neun Rotorumdrehungen nur mit ca. 20 Prozent der Pellets. Für die Kugelschüttungen mit 19 mm und 25 mm Kugeldurchmesser durchlaufen die Pellets (25 mm bis 35 mm Länge) nach vier bzw. zwei Rotorumdrehungen nahezu vollständig die Schüttung. Nach den erfolgten Kaltversuchen wird derzeit das beschriebene Rostsystem in die bestehende Fallschachtfeuerung des TEER implementiert und im Rahmen von Verbrennungsversuchen unter realen Bedingungen getestet.



Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets in Kleinf Feuerungsanlagen

Lukas Schenke

Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe
RWTH Aachen University

1. Doktorandenkolloquium Bioenergie
Leipzig
20.09.2018



Gliederung

1. Einleitung und Problemstellung
2. Entwicklung des Rostsystems
 1. Funktionsprinzip
 2. Ziele und Methodik der Kaltversuche
 3. Ergebnisse der Kaltversuche
 4. Schlussfolgerungen
3. Fazit

2 Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig



Einleitung und Problemstellung



Einleitung und Problemstellung



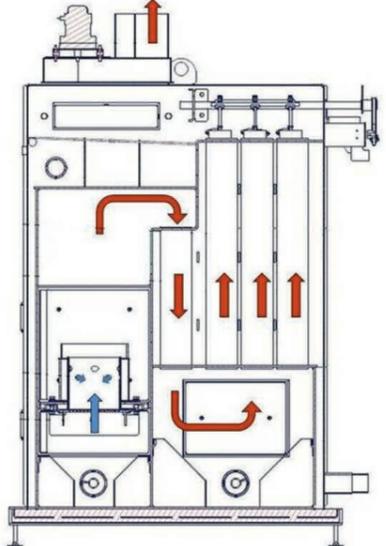
4 Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig



Einleitung und Problemstellung

Fallschachtfeuerung

Biotech PZ65RL
65 kW Nennwärmeleistung
96 % Wirkungsgrad


Quelle: Biotech

5 Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig



Einleitung und Problemstellung

Feuerraum nach Verbrennungsversuch mit Strohpellets (LSP+)




6 Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig



Einleitung und Problemstellung

AiF-Forschungsvorhaben

- Thema: Kleinfeuerungen für Strohpellets: Analyse und Modellierung der erforderlichen feuerungstechnischen Maßnahmen
- Energetische Nutzung von Stroh als Pellets in Kleinfeuerungsanlagen (15-40 kW)
- Problematik: Sinterung der Asche im Brenner verhindert konti. Verbrennung
- Projektziel: Entwicklung eines geeigneten Rostsystems zur Bewältigung der Aschesinterungsproblematik

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

Projektpartner:
 Lehrstuhl für Energieanlagen und Energieprozesstechnik
 Ruhr-Universität Bochum
 Universitätsstraße 150, IC 2/93
 D-44780 Bochum

 ALLIANZ INDUSTRIE FORSCHUNG

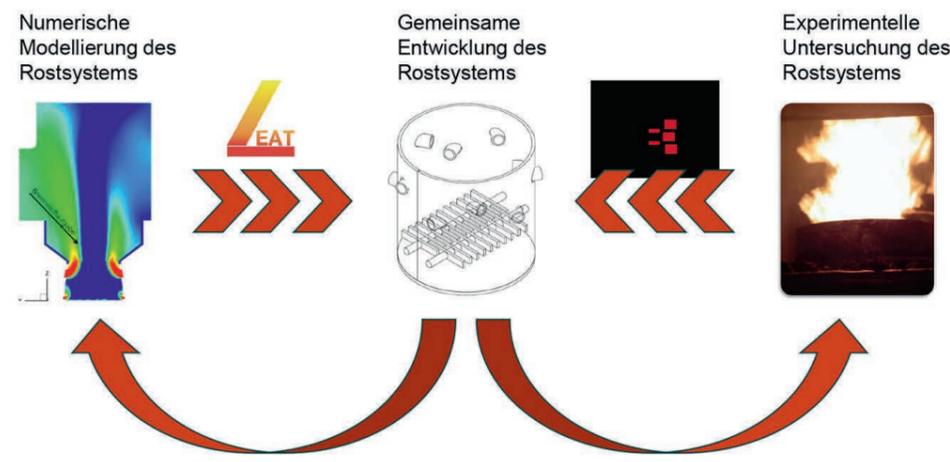
 Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe
 RWTH Aachen
 Wüllnerstraße 2
 52062 Aachen

7 Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig



Einleitung und Problemstellung

Vorhabenskonzept



8 Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig



Entwicklung des Rostsystems

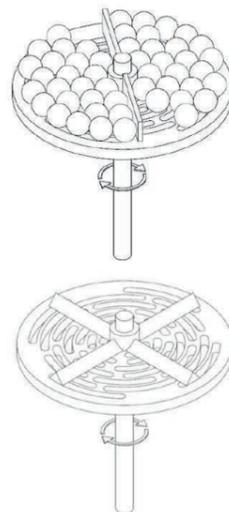
Funktionsprinzip



Funktionsprinzip

Prinzip des Rostsystems:

- Rotierender Propeller über Rostplatte
- Bewegung einer Kugelschüttung
- Brennbett wird bewegt und verbrennende Pellets bzw. Asche werden langsam durch Rostplatte abtransportiert



Anpassungsmöglichkeiten des Rostsystems:

- Propellergeometrie
- Propellerdrehzahl
- Kugelwerkstoff
- Kugeldurchmesser
- Höhe der Kugelschüttung

10

Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig



Entwicklung des Rostsystems

Ziele und Methodik der Kaltversuche



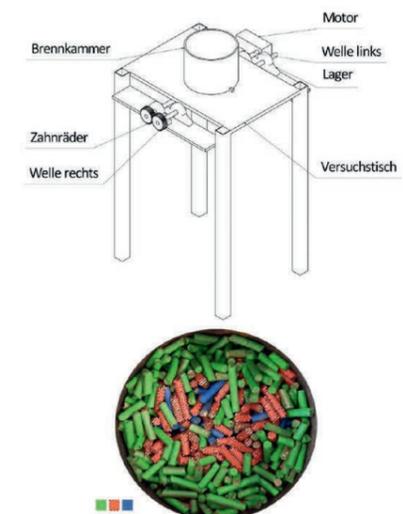
Ziele und Methodik der Kaltversuche

Ziele:

- Identifizieren der Bewegungscharakteristik
- Identifizieren von möglichen Totzonen
- Quantifizieren von Zerkleinerungseffekten auf Strohpellets

Methodik:

- Markieren der Pellets in den Farben grün, rot, gelb und blau
- Video- und bildgestützte Dokumentation
- Auswertung durch Pixelzählung
- Validierung mit DEM-Simulationsergebnissen von LEAT



12

Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig



Entwicklung des Rostsystems

Ergebnisse der Kaltversuche



Ergebnisse der Kaltversuche

Exemplarische Darstellung eines Kaltversuchs

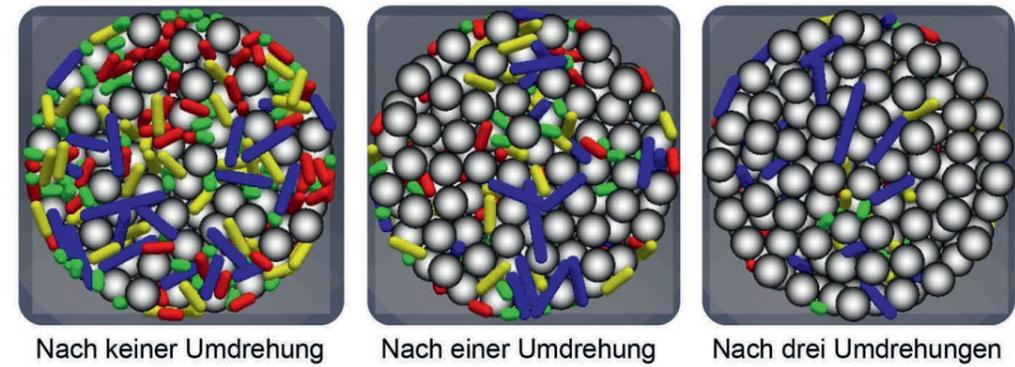


14 Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig



Ergebnisse der Kaltversuche

Exemplarische Darstellung einer DEM-Simulation (LEAT)

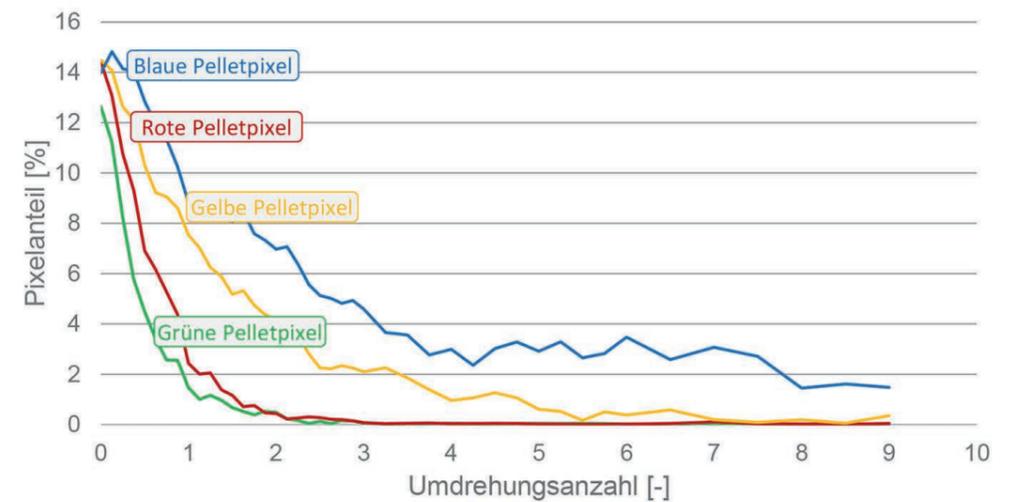


15 Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig



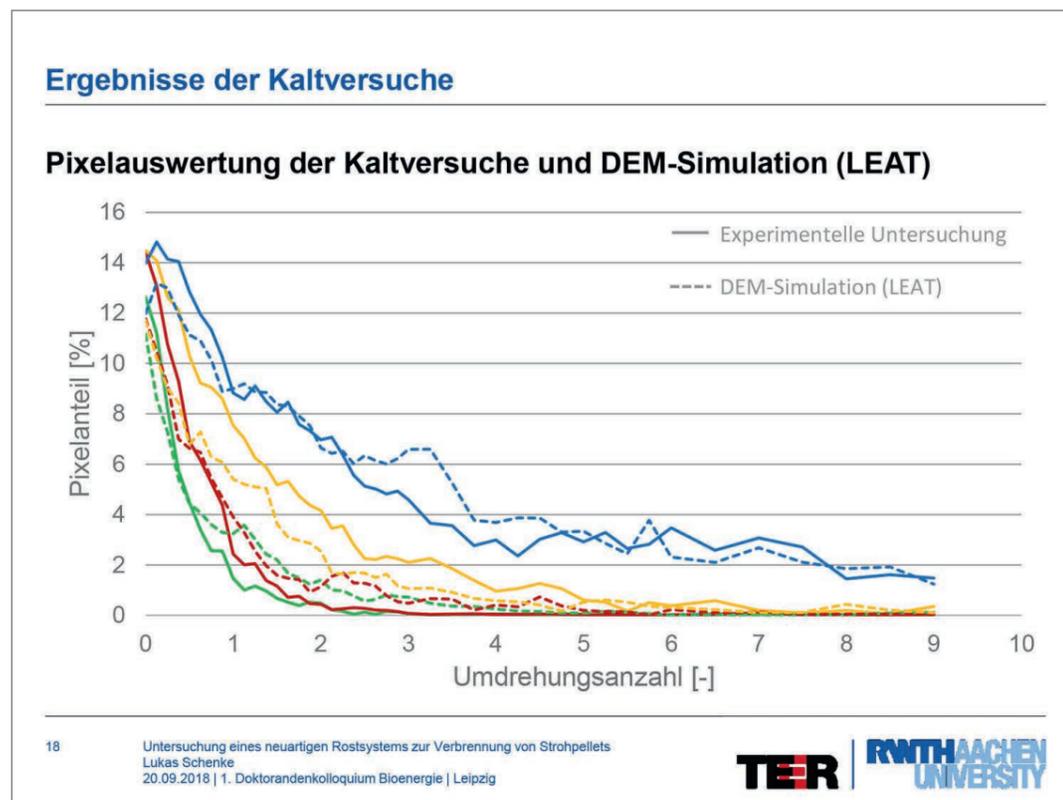
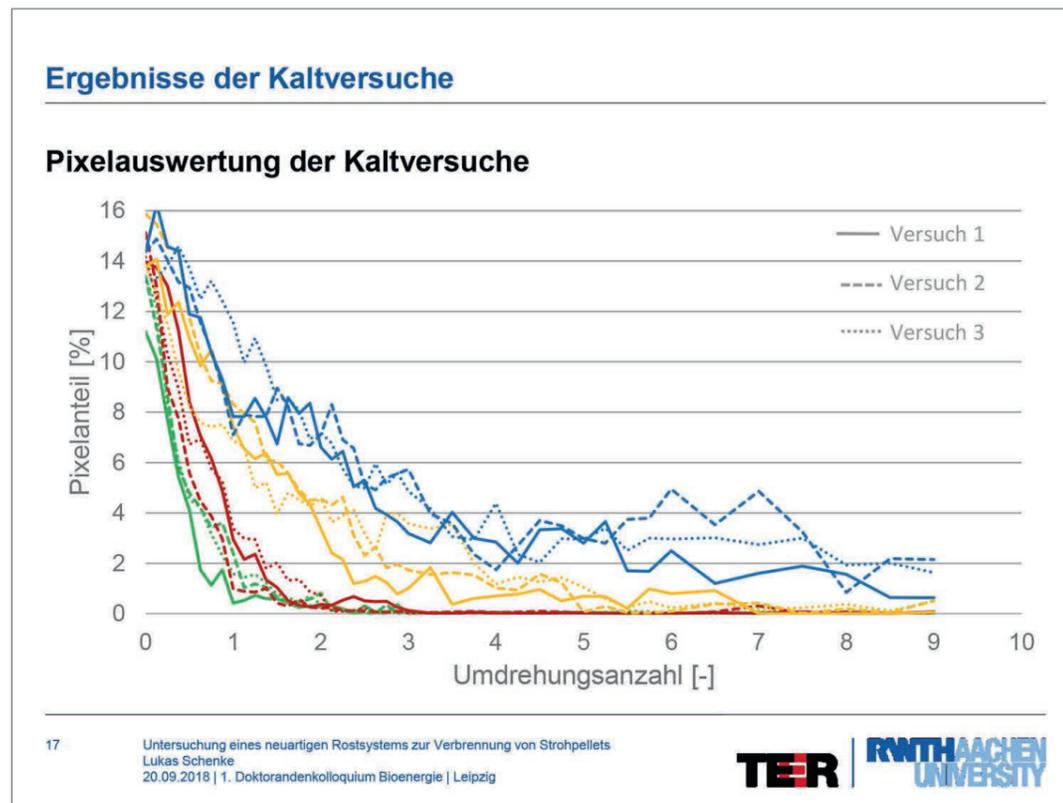
Ergebnisse der Kaltversuche

Pixelauswertung der Kaltversuche (gemittelte Kurven)



16 Untersuchung eines neuartigen Rostsystems zur Verbrennung von Strohpellets
Lukas Schenke
20.09.2018 | 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie | Leipzig





Entwicklung des Rostsystems

Schlussfolgerungen

Schlussfolgerungen

Vorteile/Nachteile des entwickelten Rostsystems

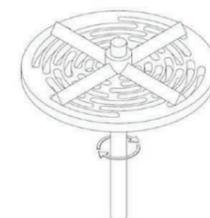
Mögliche Vorteile:

- Moderate Brennbettbewegung
- Kaum Zerkleinerungswirkung auf Pellets
- Verringerte Temperaturbelastung der bewegten Anlagenteile durch Kugelschüttung



Mögliche Nachteile:

- Zu geringe Brennbettbewegung
- Zu geringe Zerkleinerungswirkung auf Asche
- Beeinträchtigung der bewegten Anlagenteile durch Temperatur und Asche
- Druckverlust durch Kugelschüttung
- Ascheanhaftungen an Kugeln



Fazit

Fazit

- Durch Vorbehandlung des Stroh (Laugung und Additivierung) kann das Sintern der Asche nicht verhindert werden
- Bewegung des Brennbetts ist Voraussetzung für eine konti. Verbrennung
- Entwicklung eines Rostsystems mit durch Propeller bewegter Kugelschüttung
- Erste Untersuchungen des Rostsystems in Kaltversuchen erfolgt
- Pelletbewegung durch die Kugelschüttung über Pixelzählung erfasst
- Validierung der DEM-Simulation mit Kaltversuchen erfolgreich
- Nächster Arbeitsschritt: Durchführung von Verbrennungsversuchen mit entwickeltem Rostsystem

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Lukas Schenke

RWTH Aachen University
52062 Aachen
schenke@teer.rwth-aachen.de
www.teer.rwth-aachen.de

Thermo-chemische Konversion

Thomas Zeng, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Dedicated mechanical fuel pre-treatment of low quality woody and non-woody residue fuels in order to optimize their emission and combustion behavior in small scale appliances

Thomas Zeng

Deutsches Biomasseforschungszentrum

Torgauer Str. 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-542

E-Mail: Thomas.Zeng@dbfz.de

In contrast to other renewable energy sources like solar and wind energy, solid biomass fuels can be easily stored and employed for flexible, demand oriented energy production. They will consequently play a crucial role in the future energy system and for achieving the projected climate protection targets in Germany. However, the intended decarbonization and the evolving biomass based economy will bind a large share of high quality wood assortment that are currently the predominant solid biofuels. Potentially, they can be replaced by low quality woody biomass such as agricultural and forestal side products as well as biogenic residues and waste streams will have to be mobilized while appropriate fuel pretreatment will be crucial to facilitate their utilization for energy products. Low quality biomass fuels are commonly characterized by elevated nitrogen, sulfur and chlorine contents and high levels of alkaline metals especially potassium and sodium. During combustion these elements are partly released to the gas phase and cause gaseous HCl, NO_x and SO_x emissions as well as formation of particulate matter emission. Based on the formation of low melting potassium compounds e.g. sulfates and phosphates, elevated alkaline metal content also contributes to an increased slagging risk. Several pre-treatment processes can be applied to mitigate ash related problems and reduce emission levels during combustion. Beside additive utilization which is critical considering sustainable aspects and further increases the elevated ash contents of low quality biomass fuels and the rather complex and elaborate leaching approaches, mechanical fuel pre-treatment provides a viable alter-

native to tackle challenging fuel compositions. Thus, the potential of different mechanical fuel pre-treatment strategies for the mitigation of ash related problems and the reduction of gaseous and particulate emissions during combustion of low quality fuels in small scale appliances were investigated. Specifically, blending cereal straw and miscanthus with woody biomass (sawdust without bark) being characterized by less critical chemical composition were employed. Furthermore, soil and other extraneous impurities were removed from forest residue wood chips with elevated concentrations of critical fuel compounds by different drying and sieving steps.

The potential of mechanical fuel pre-treatment was investigated by analysing the fuel parameters according to the international standards for solid biofuels. With the produced fuels, full load combustion tests (incl. Measurement of emissions and fuel bed temperatures) were performed in a small scale combustion appliance with a moving grate and nominal heat capacity of 30 kW. For comparison, additional combustion tests with ENplus A1 pellets were performed as reference. These measurement were supplemented by bottom ash analysis.

Formation of agglomerates in the bottom was not observed in the fuel bed during of forest residue wood chips. However, pretreatment of wood chips resulted in a increase of the softening-melting range up to 230K indicating a lower slagging risk in the bottom ash. It was also found that potassium is less efficiently retained in the bottom ash with lower Si content in the fuel. Lower moisture contents in the wood chips typically resulted in lower CO emissions

and higher boiler efficiencies for he investigated range of moisture content. The sieving of the untreated wood chips reduced NO_x emission levels up to 28%. However, pretreatment of the wood chips did not necessarily reduce the level of particulate matter emissions.

It was further demonstrated that the emission of NO_x, SO₂, HCl and total particulate matter can be reduced by blending herbaceous raw materials with woody biomass though substantial reduction potential was only observed for blends with at least 50 wt% wood. The combustion experiments confirmed logarithmic correlation between nitrogen content in the fuel and NO_x emissions. A clear correlation of the K content in the fuel with the emissions of TPM in the flue gas was also verified. The SO₂ and HCl emissions correlate with the S and Cl content in the fuel. The blending of miscanthus with wood seemed to be more effective compared to the blending of wheat straw with wood. Significant reduction of the slagging risk in the bottom ash during combustion of herbaceous biofuels can only be achieved for very high blending ratios with more than 70 wt% wood. This is well indicated if the ash composition of the fuels is plotted in ternary diagrams containing information on ash melting temperatures.

René Bindig, DBFZ/Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Verfahren zur Entwicklung von Katalysatoren für die Emissionsminderung an Verbrennungsanlagen – Vom Labor in die Praxis

René Bindig

Deutsches Biomasseforschungszentrum/Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Torgauer Straße 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-746

E-Mail: Rene.Bindig@dbfz.de

Für das Betreiben von Verbrennungsanlagen zur Energieerzeugung ist die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten für verschiedene Luftschadstoffe gesetzlich vorgeschrieben. Eine wichtige Emissionsminderungsmaßnahme stellt dabei die katalytische Nachverbrennung dar. Entsprechend hoch ist das Interesse an der Entwicklung von Katalysatoren für diese Anwendung.

Große Probleme und Unsicherheiten ergeben sich während einer Katalysatorentwicklung während des finalen Schrittes, d.h. bei der Übertragung in den realen Maßstab (Scale-Up). Dabei erfolgt im finalen Schritt der Einbau einer Katalysatorprobe im Realmaßstab in die entsprechende Verbrennungsanlage. Entsprechen die Testergebnisse dann nicht den Erwartungen, ist u.a. eine Wiederholung dieses aufwendigen Schrittes erforderlich. Eine zuverlässigere Abschätzung des Verhaltens in der realen Anwendung anhand von im Labormaßstab erhaltenen Testergebnissen würde das Risiko minimieren, diesen Schritt wiederholen zu müssen, so dass die Entwicklungskosten deutlich vermindert werden können.

Weiterhin ist im Labormaßstab unter sonst identischen Bedingungen eine exaktere Erfassung der Temperatur bzw. Temperaturverteilung über den Katalysator möglich. Damit verbunden ist eine genauere Abschätzung der Alterungsursachen, da Temperaturspitzen, welche maßgeblichen Einfluss auf die Alterung von Katalysatoren haben, ausgeschlossen oder erkannt werden können.

Das Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines mehrstufigen Verfahrens, mit welchem das Verhalten eines maßstabsgetreuen neuentwickelten Katalysators in der realen Anwendung zuverlässig abgeschätzt werden kann. Das Verfahren basiert hierbei

auf der Generierung experimenteller Daten, welche (ausschließlich) an Katalysatorproben erhalten werden, die von der chemischen Zusammensetzung und Herstellungsrouten identisch mit den großtechnischen Systemen sind, jedoch wesentlich kleiner dimensioniert sind. Diese Daten fließen in ein mathematisches Modell ein, welches das Umsatz-Temperatur-Verhalten des maßstabsgetreuen Katalysators unter den Bedingungen in der realen Verbrennungsanlage beschreibt.

Die für das Verfahren erforderlichen Versuchsstände wurden konzipiert und aufgebaut. Mittels experimenteller Daten, welche mit diesen Versuchsständen für einen bereits entwickelten Katalysator erhalten wurden, soll das mathematische Modell abgeleitet werden und die Übereinstimmung der Modelldaten mit experimentellen Daten der realen Anwendung sowie die Tauglichkeit der zu entwickelnden Versuchsstände nachgewiesen werden.

Die erhaltenen Daten vom Pulver bis hin zum praxisnahen monolithischen Katalysator werden vorgestellt und diskutiert und Lösungskonzepte zur Modellentwicklung vorgestellt.

Deutsches Biomasseforschungszentrum **DBFZ**
gemeinnützige GmbH

Verfahren zur Entwicklung von Katalysatoren für die Emissionsminderung an Verbrennungsanlagen – Vom Labor in die Praxis

René Bindig

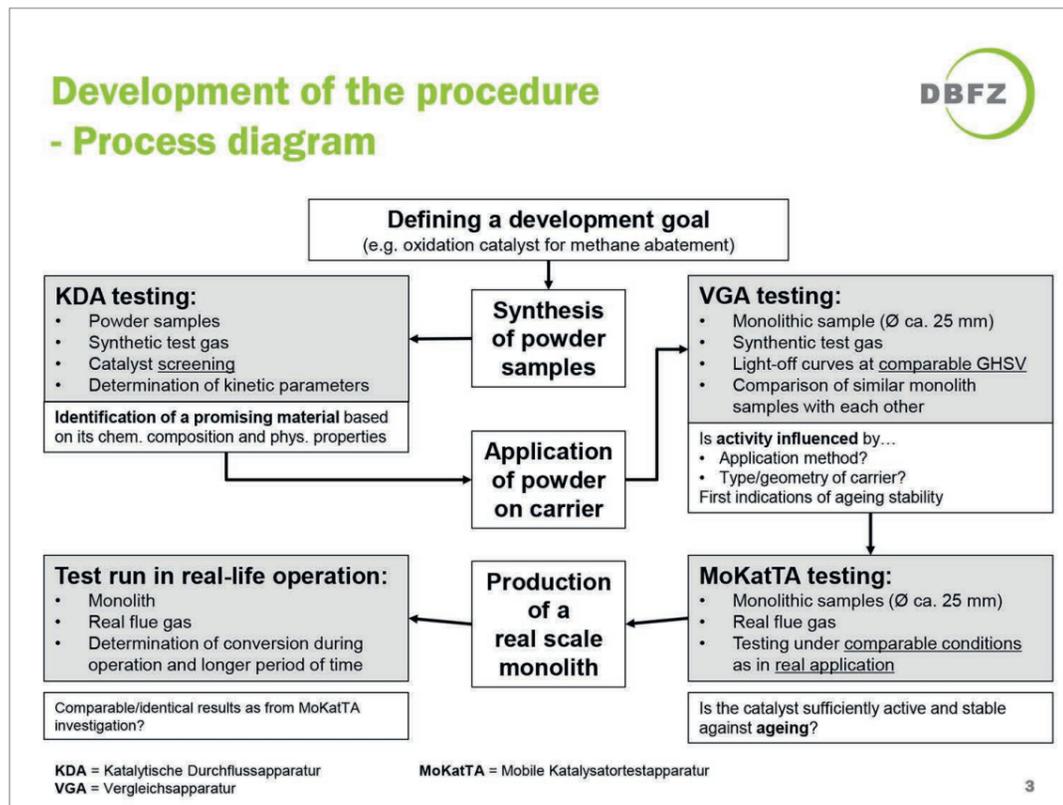


1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie |
20./21. September 2018 | Leipzig.

Aim of the PhD-Thesis



- **Development of a procedure** with which the **behavior of a full-scale catalyst** in real application can be reliably estimated **on the basis of catalyst samples on a laboratory scale**
- **Development and construction** of the required **test rigs**
- **Proof of the suitability** of the test rigs
- Derivation of a **mathematical model**
- **Verification of the model** on the basis of experimental data



Experiments

Tests with the catalyst in a stove

- **Results:**

	Averages in [Vol.-%]			Averages in mg/m³ (i.N.) at 13 Vol.-% O ₂ , dry basis					
	O ₂	H ₂ O	CO ₂	CO	Org. C	CH ₄	C ₂ H ₂	SumArom	NO _x
Dummy									
1. burn cycle	14,0	6,4	6,5	2170	36	22	1	2	129
2. burn cycle	14,0	5,6	6,5	2705	15	8	0	1	123
3. burn cycle	13,3	6,7	6,9	3632	56	39	5	7	122
4. burn cycle	14,2	6,1	6,0	3414	98	70	3	12	120
	13,9	6,2	6,5	2980	51	34	2	6	124
Catalyst									
1. burn cycle	14,0	6,1	6,6	743	18	18	0	0	139
2. burn cycle	13,8	6,3	6,7	684	16	14	0	0	131
3. burn cycle	13,7	6,3	6,8	1058	41	33	1	4	126
4. burn cycle	13,5	6,2	7,0	818	7	4	0	0	129
	13,8	6,2	6,8	826	21	17	0	1	131
Conversion in %									
	CO	Org. C	CH ₄	C ₂ H ₂	SumArom	NO _x			
	72,3	59,8	50,4	84,7	79,2	-6,3			

Experiments

- **Proof of suitability of the test rigs** by means of a **catalyst for wood log stoves** (market available)
 - Developing steps carried out in reverse order

- 1) Tests with the catalyst in a stove (done)
- 2) Monolithic samples in MoKatTA (done)
- 3) Monolithic samples in VGA (in progress)
- 4) Powder samples in KDA (in progress)

Experiments

MoKatTA Testing

MoKatTA **mobFTIR** **stove** **controller unit** **FTIR2**

Experiments
MoKatTA Testing

DBFZ

Set-up:

7

Experiments
MoKatTA Testing

DBFZ

Results: Course of raw gas composition

→ Derivation of the test gas composition for KDA/VGA

- Calculation of average concentrations of pollutants over complete burning cycles

8

Experiments
MoKatTA Testing

DBFZ

Definition of test gas composition for KDA/VGA:

		dry	wet
O ₂	[Vol.%]	14,0	14,0
CO ₂	[Vol.%]	7,0	7,0
H ₂ O	[Vol.%]	0,0	5,5
CO	[ppm]	1200	1200
C ₃ H ₈	[ppm]	500	500
NO	[ppm]	100	100
EtOH	[ppm]	0	100
NO ₂	[ppm]	0	0
SO ₂	[ppm]	0	0
N ₂		balance	balance

9

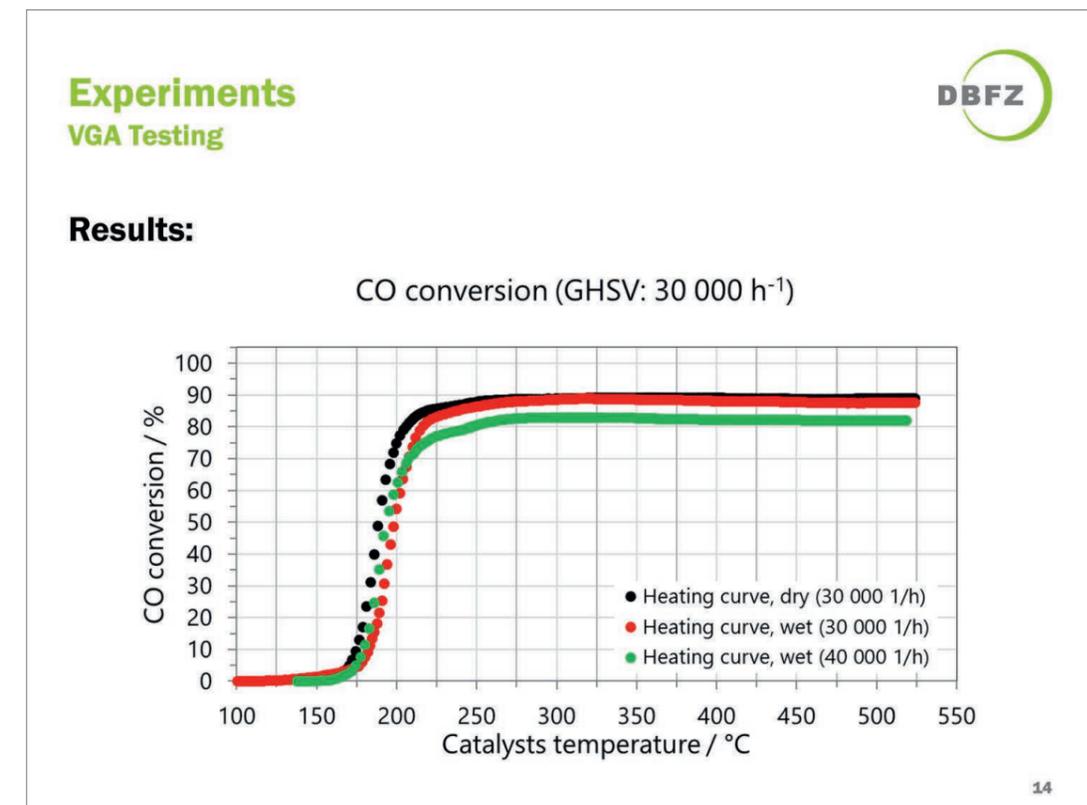
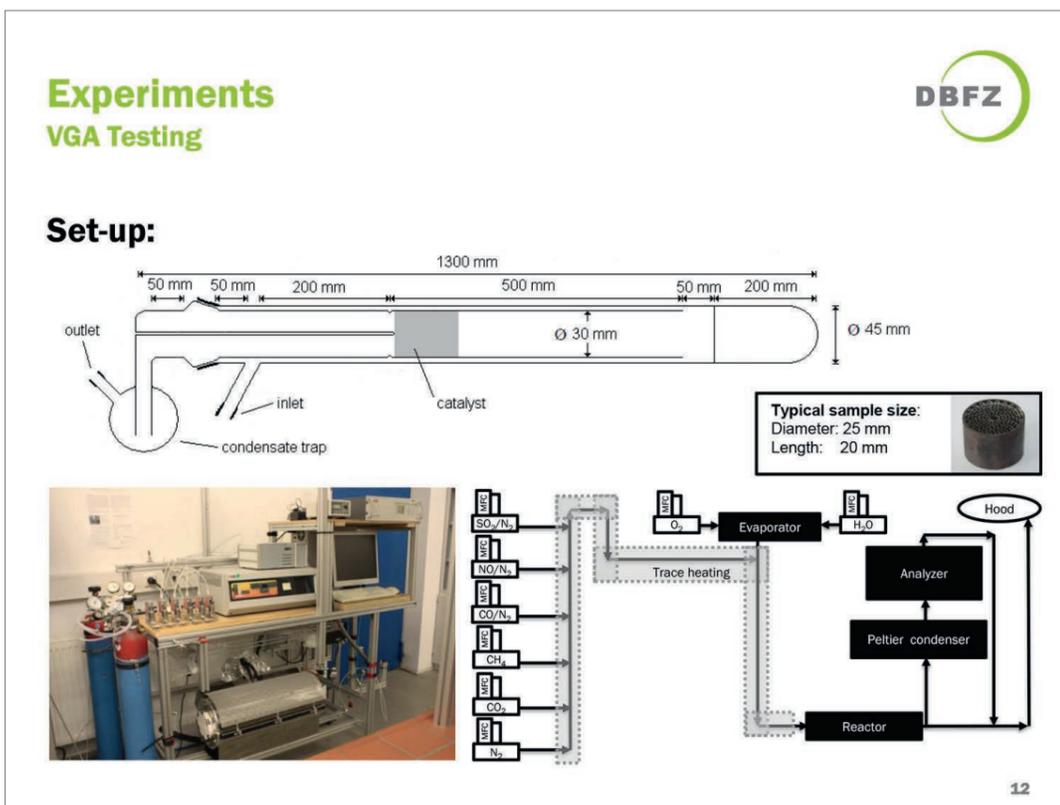
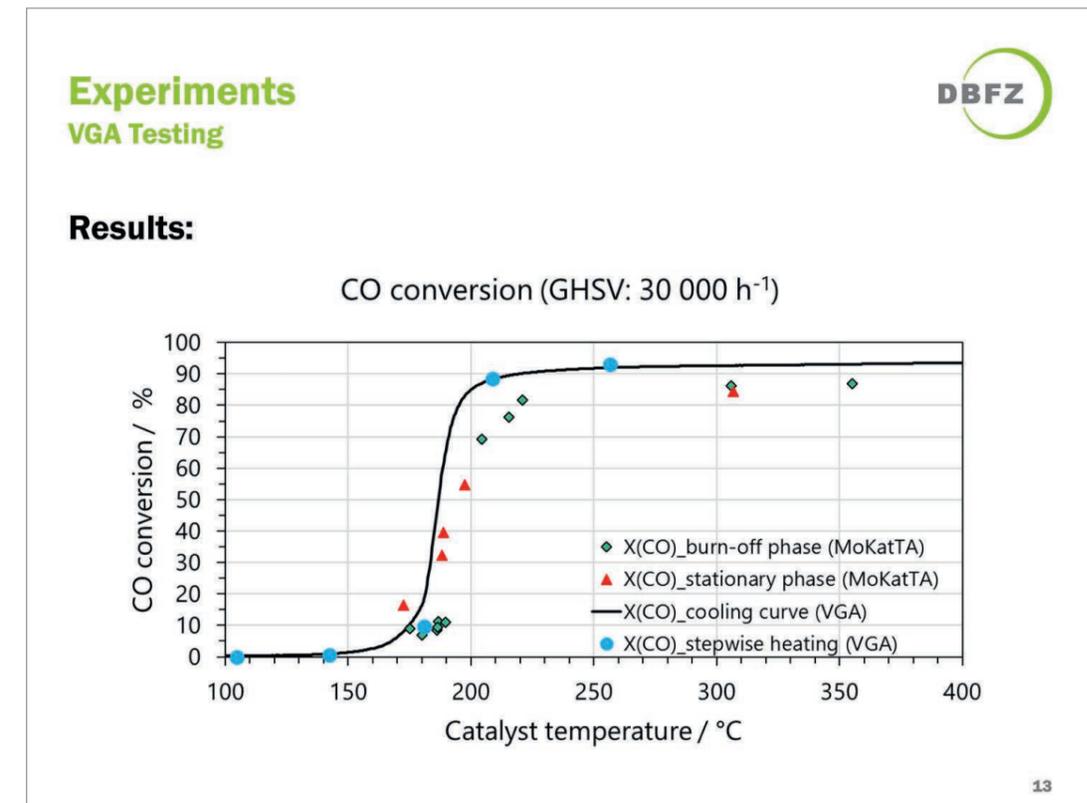
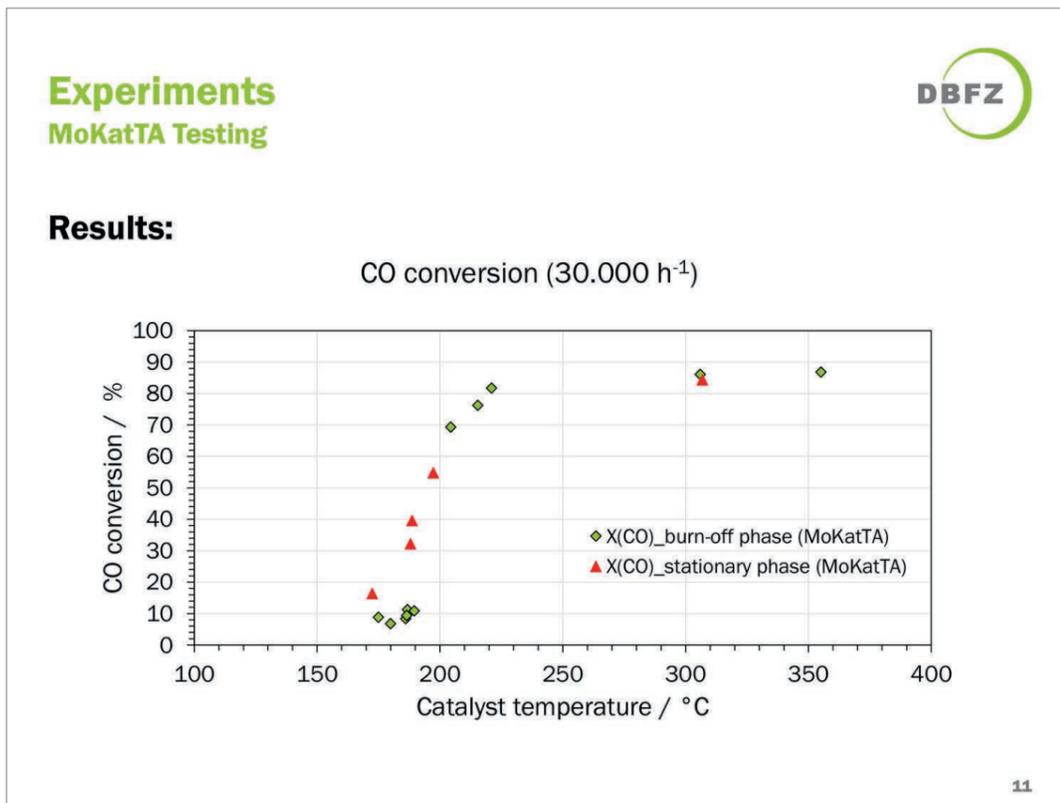
Experiments
MoKatTA Testing

DBFZ

Range of parameters:

GHSV / h ⁻¹	Catalyst temperature / °C							
	150	175	185	200	210	220	300	350
20 000		✓	✓	✓	✓			
30 000	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
40 000	✓		✓	✓				

10



Experiments
KDA Testing

Set-up:

ca. 1300 mm

Ø 10 mm

Ø 6 mm

outlet Ø 6 mm

catalyst

fused quartz wool

standard taper joint

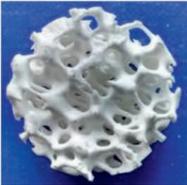
inlet Ø 6 mm

DBFZ

15

Experiments
KDA Testing

Range of parameters:

- Mortared support: 
- Mortared catalyst: 
- Mortared washcoat...

DBFZ

16

Experiments
KDA Testing

Mortared washcoat:

Drying for at 115 ° C

Heating-up to 450 ° C

Mortar

DBFZ

17

Experiments
KDA Testing

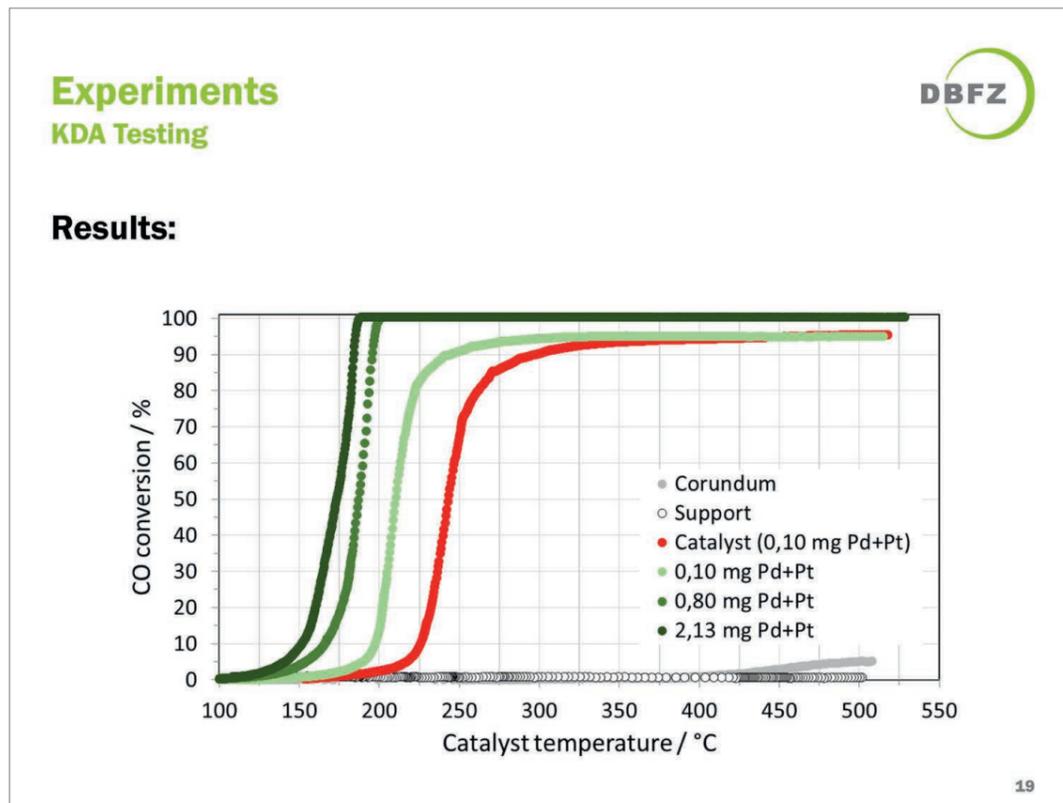
Samples:

Table 2: Sample discription

Label	Pd + Pt content	Remarks
Corundum	0,00 mg	Pure corundum (dilution material)
Support	0,00 mg	
Catalyst	0,10 mg (theor.)	Standard sample quantity for transition metal oxides
0,10 mg Pd+Pt	0,10 mg	Expected m(Pd+Pt) in 150 mg catalyst (mortared)
0,80 mg Pd+Pt	0,80 mg	$m(WC)_{KDA}/V_{KDA} = m(WC)_{VGA}/V_{VGA}$
2,13 mg Pd+Pt	2,13 mg	Standard sample quantity for transition metal oxides

DBFZ

18



Outlook/Next Tasks

- Detailed data evaluation
→ Calculation of kinetic parameters
- Developing a mathematical model for VGA/MoKatTA
- Flow simulations

Thanks for your attention!

20

Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ
gemeinnützige GmbH

Smart Bioenergy – innovations for a sustainable future
Come and join us!

Contact

M. Sc. René Bindig
Forschungsschwerpunkt:
Katalytische Emissionsminderung
Bereich: Thermo-chemische Konversion
Arbeitsgruppe: Kleinanlagentechnik
E-Mail: Rene.Bindig@dbfz.de
Tel.: +49 341 2434 746

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

Peter Treiber, Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg (FAU)

Allothermal gasification and integrated syngas cleaning by hot K_2CO_3 scrubbing for decentralized SNG production

Peter Treiber, Prof. Dr. Jürgen Karl
Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg (FAU)
Fürther Str. 244f, 90429 Nuremberg
E-Mail: Peter.Treiber@fau.de

1 Introduction

Due to rising gas prices and the increasing dependency on natural gas imports the production of substitute natural gas SNG is becoming a relevant option within the European Union. For the generation of SNG from biomass or lignite similar process steps are required. Especially steam gasification is favorable for synthesis processes since it produces a nitrogen free and hydrogen rich syngas which is preferable for synthesis processes. For decentralized applications a process line with low complexity is mandatory. The Heatpipe Reformer HPR technology offers such a process [1]. At the chair of energy process engineering at the University of Erlangen Nuremberg a lab scale 5 kW coal to SNG process chain was erected and tested which is based on the Heatpipe Reformer technology.

2 Allothermal gasification

The lab scale gasifier produces a hydrogen rich pressurized syngas which is nearly N_2 free. Due to fluidized bed gasification at approx $830^\circ C$ the syngas still contains a high concentration of tar components and traces of sulfur species. German lignite and woody biomass was tested as fuel. Apart from the different C/H/O ratio of these two fuel types it showed that lignite was mixed very well with the fluidized bed material. The normed biomass pellets however formed a layer of lighter coke pellets on top of the fluidized bed. Thus the heat transfer from the heated bed material to the biomass pellets was not comparable to the gasification of lignite particles. Figure 3 shows the measured tar components for lignite and biomass derived syngas.

3 Integrated syngas cleaning

As proposed by Benson and Field, sulfur gas components can be removed from the syngas stream at moderate temperatures with a relatively low energy

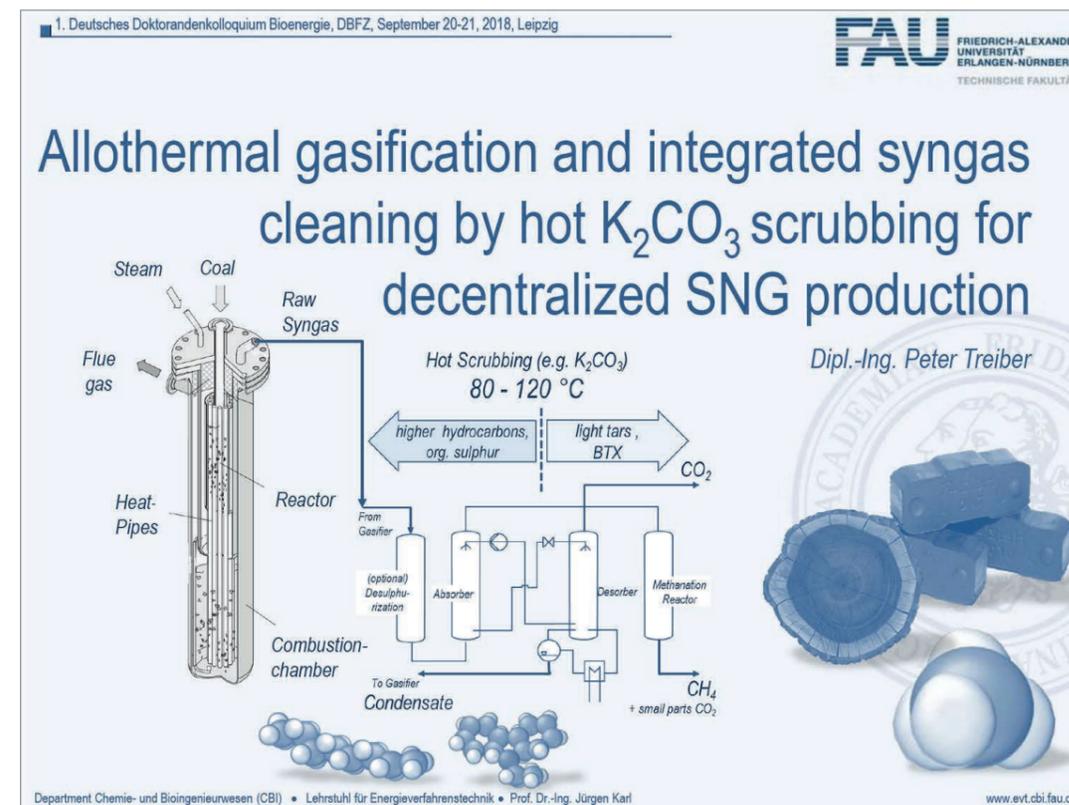
demand [2] [3]. Using a 30 wt % K_2CO_3 solution for the scrubbing process, CO_2 and H_2S are removed from the raw syngas in the absorber column at 5 bara in the bench scale. The loaded solvent is let down in the desorber column. Steam from the reboiler enhances the desorption of the sour gases. However, light tar components like BTX are hardly removed. While only reaching about 65% removal efficiency with the lab scale tests, the removal efficiency for H_2S and CS_2 exceeded the expected efficiencies. While more than 90% removal efficiency for H_2S could be measured, thiophene was not affected by the scrubbing process. For an application for synthesis processes with sulfur sensitive catalysts, guard beds for the removal of organic sulfur components are necessary. Off-gas treatment for the capture of H_2S is primarily important for the application with lignite or other high sulfur solid fuel types.

4 Conclusions

With further adaptations the Benfield process promises to be a suitable syngas cleaning process for small to medium scale applications. It represents a valid process for bulk sour gas removal with the capability of removing heavier tar components simultaneously. In combination with guard beds for further desulfurization, it could be applied for decentralized SNG production.

6 References

[1] J. Karl "Biomass heat pipe reformer—design and performance of an indirectly heated steam gasifier" Biomass Convers Biorefinery vol 4 no 1 pp 1–14 Oct 2013
[2] H. E. Benson, J. H. Field and R. M. Jameson "CO₂ absorption: Employing hot potassium carbonate solutions" Chem Eng Prog; United States vol 50:7 Jul 1954
[3] H. E. Benson and J. H. Field "Method for separating CO₂ and H₂S from gas mixtures" US Patent 2 886 405 1956



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, DBFZ, September 20-21, 2018, Leipzig

FAU FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG TECHNISCHE FAKULTÄT

Agenda

Motivation
Gasification
Syngas Cleaning
Test stands
Results
Conclusion

- Motivation:**
 - CO₂freeSNG2.0 – Coal-to-SNG with integrated syngas cleaning
- Coal/Biomass-to-SNG**
 - Allothermal gasification and carbonate syngas scrubbing
- EVT lab-scale test stands**
 - 5 kW gasifier and Benfield scrubber
- Results Gasification**
 - Gasification
 - Syngas cleaning
- Conclusion**

Folie 2

Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CB) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl

www.evt.cbi.fau.de

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, DBFZ, September 20-21, 2018, Leipzig

Motivation - CO₂freeSNG2.0

FAU FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG TECHNISCHE FAKULTÄT

CO₂free SNG 2.0

Project goals

- Integrated **process optimization** and economic feasibility study of medium-scale SNG plants based on process **simulations**
- Extensive lab- and **bench-scale testing** of lignite gasification with integrated CO₂ removal and catalytic methanation (5 kW Process chain)
- Demonstration** of the complete process chain with integrated technologies:
 - 100 kW EVT-Heatpipe Reformer
 - Scrubbing unit based on Benfield process
 - Methanation with conventional and new developed catalyst systems

Research Fund for Coal & Steel The research project CO₂freeSNG2.0 (RFCR-CT-2013-00008) is funded by the Research Fund for Coal and Steel of the European Commission.

Folie 3
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl www.evt.cbi.fau.de

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, DBFZ, September 20-21, 2018, Leipzig

EVT – Heatpipe Reformer

FAU FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG TECHNISCHE FAKULTÄT

- Allothermal steam gasification
- Dual fluidized bed reactor:
 - Atmospheric combustion
 - Pressurized gasification
 - Heat transfer by Heatpipes

800 °C

Evaporation zone
Heat source

Adiabatic zone

Heat sink
Condensation zone

Vapor flow
Liquid flow
Mesh structure

Heat-Pipes

Reactor

Combustion-chamber

Flue gas

Coal

Raw Syngas

Folie 4
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl www.evt.cbi.fau.de

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, DBFZ, September 20-21, 2018, Leipzig

EVT – Heatpipe Reformer

FAU FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG TECHNISCHE FAKULTÄT

Heatpipe reformer

Flue gas

Primary air

Gasification reactor

Gasification fuel

Secondary air

Combustor

Heatpipes

Raw syngas

Water

Ash, char

Combustion fuel

RME

Clean syngas

RME, tar, condensate

Water

Folie 5
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl www.evt.cbi.fau.de

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, DBFZ, September 20-21, 2018, Leipzig

Integrated Syngas Cleaning

FAU FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG TECHNISCHE FAKULTÄT

Motivation

- Utilization of light hydrocarbons and tars (BTX) for methanation
- Removal of heavy tars** to prevent coke formation
- Bulk **sulfur removal** necessary for catalyst life time
- Adjustment of the C/H/O-ratio by partial **CO₂ removal**

Approach

- Scrubbing at elevated temperature based on Benfield process
 - Condensation of heavier tars ✓
 - Bulk removal of sulfur components ✓
 - Removal of surplus CO₂ ✓

Application

- Bulk syngas cleaning for decentralized SNG production in small and mid scale plants

Folie 6
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl www.evt.cbi.fau.de

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, DBFZ, September 20-21, 2018, Leipzig

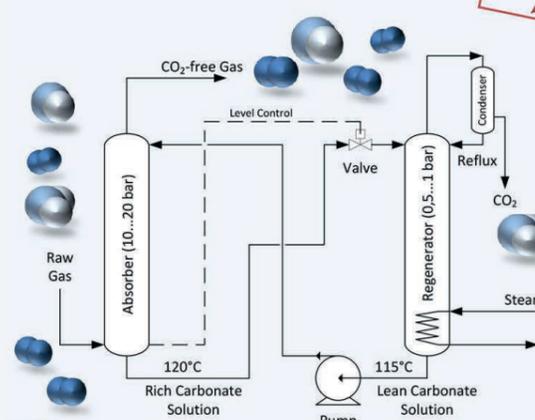
Carbonate Scrubbing – Benfield Process



Homer E. Benson **Joseph H. Field**

United States Patent Office
2,886,405
METHOD FOR SEPARATING CO₂ AND H₂S FROM GAS MIXTURES
Homer Edwin Benson and Joseph H. Field, Pittsburgh, Pa., assignors to the United States of America as represented by the Secretary of the Interior
Application February 24, 1956, Serial No. 567,692
18 Claims. (Cl. 23-3)
This invention is concerned with an improved method for removing carbon dioxide and hydrogen sulfide from gas mixtures containing either or both of these slightly acidic gases.

INVENTORS
Homer E. Benson
Joseph H. Field
BY *Donald S. Hoff*
ATTORNEY



Basic data Carbonate scrubbing

- Increased solvent temperature
- No additional solvent cooling before absorber inlet
- Low reboiler duty (steam) necessary
- Stable and non-toxic solvent

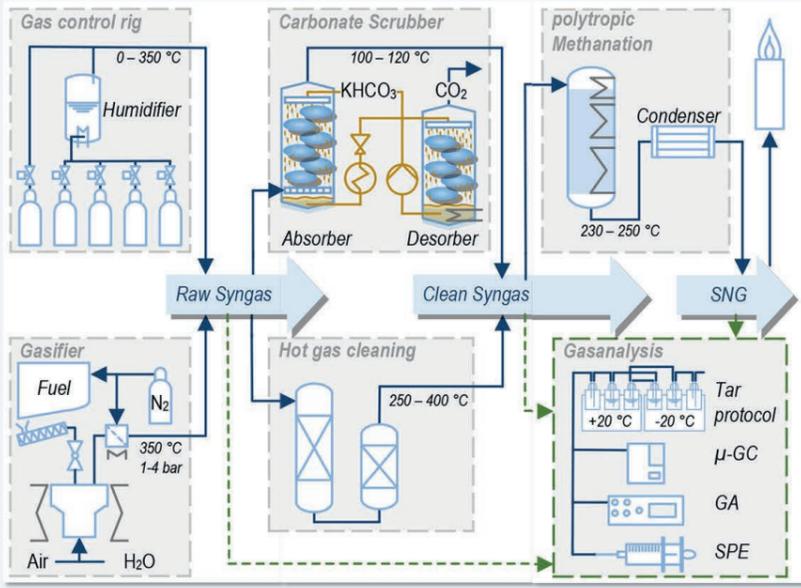
$$K_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2 KHCO_3$$

$$K_2CO_3 + H_2S \rightleftharpoons KHS + KHCO_3$$

Folie 7
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl www.evt.cbi.fau.de

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, DBFZ, September 20-21, 2018, Leipzig

SNG-Production – process chain 5 kW

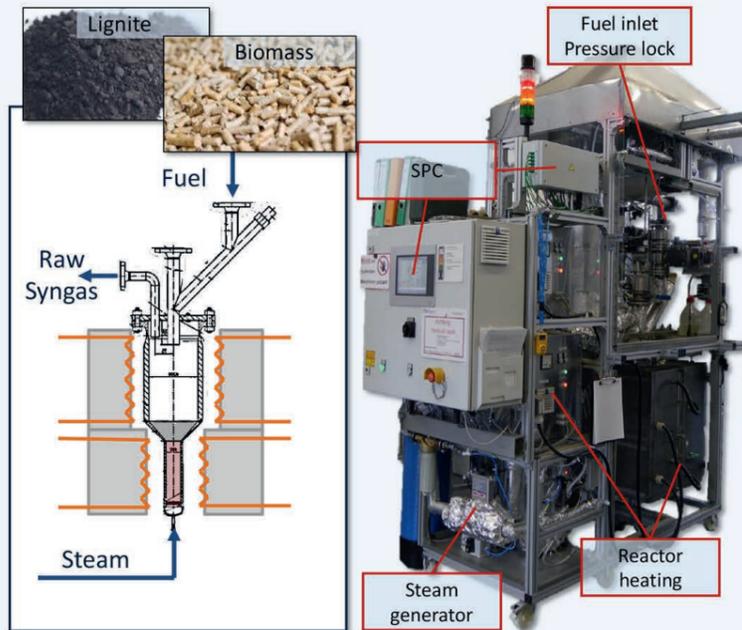


Motivation
Gasification
Syngas Cleaning
Test stands
Results
Conclusion

Folie 8
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl www.evt.cbi.fau.de

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, DBFZ, September 20-21, 2018, Leipzig

SNG-Production – 5 kW Gasifier



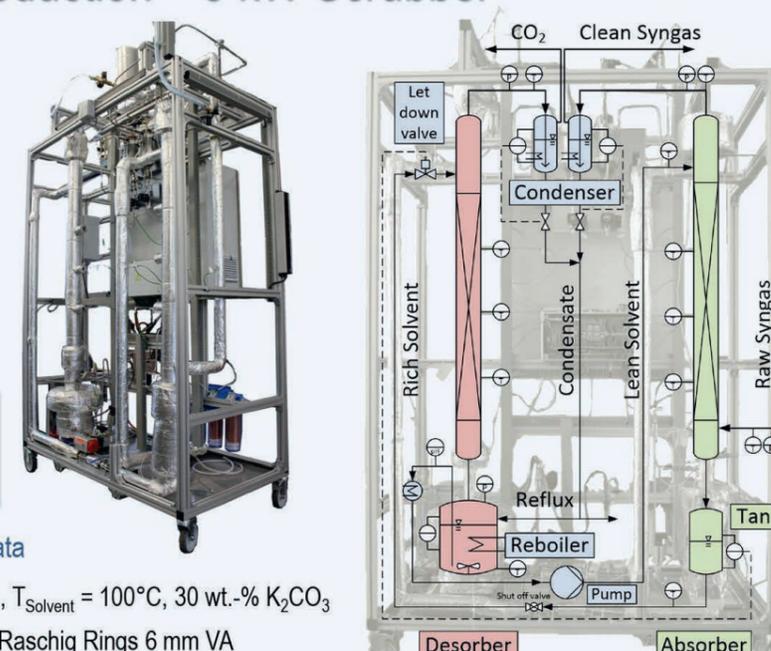
Technical Data

- Stationary fluidized bed
- Electrical reactor heating
- Allothermal steam gasification
- Pressure: up to 6 bar_a
- Gasification temperature: 800 – 900 °C
- Hot gas filter
- Inspection glass

Folie 9
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl www.evt.cbi.fau.de

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, DBFZ, September 20-21, 2018, Leipzig

SNG-Production – 5 kW Scrubber

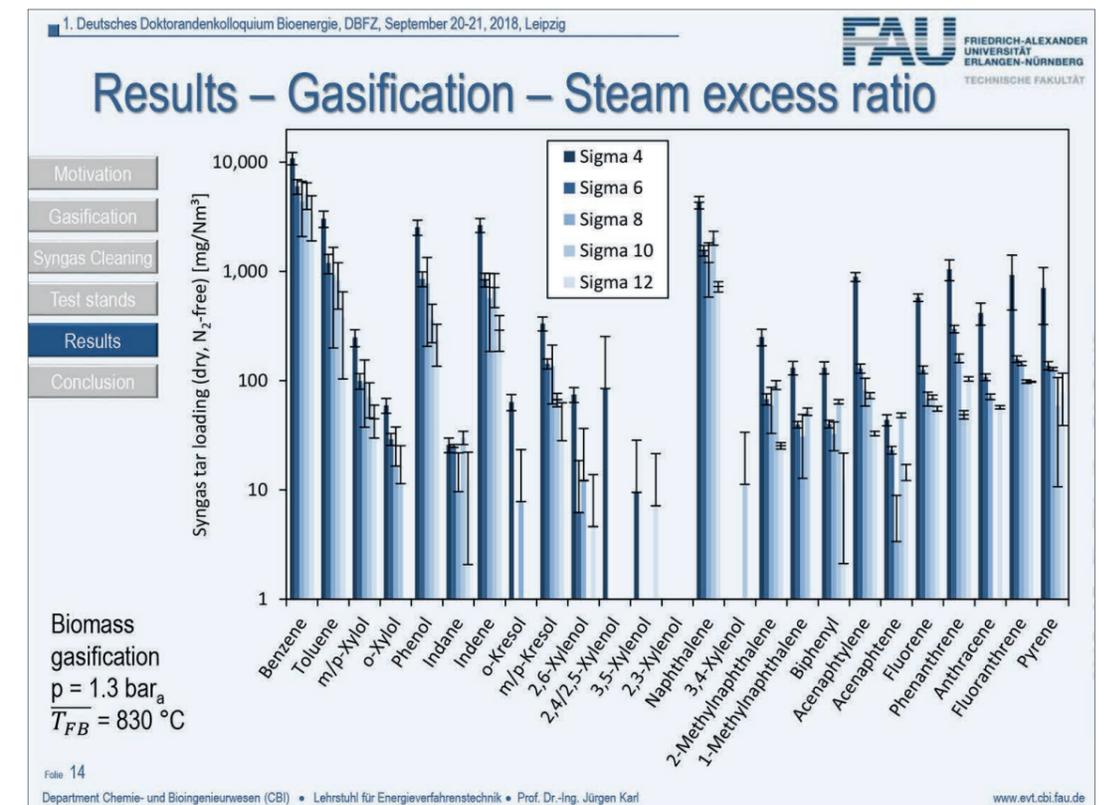
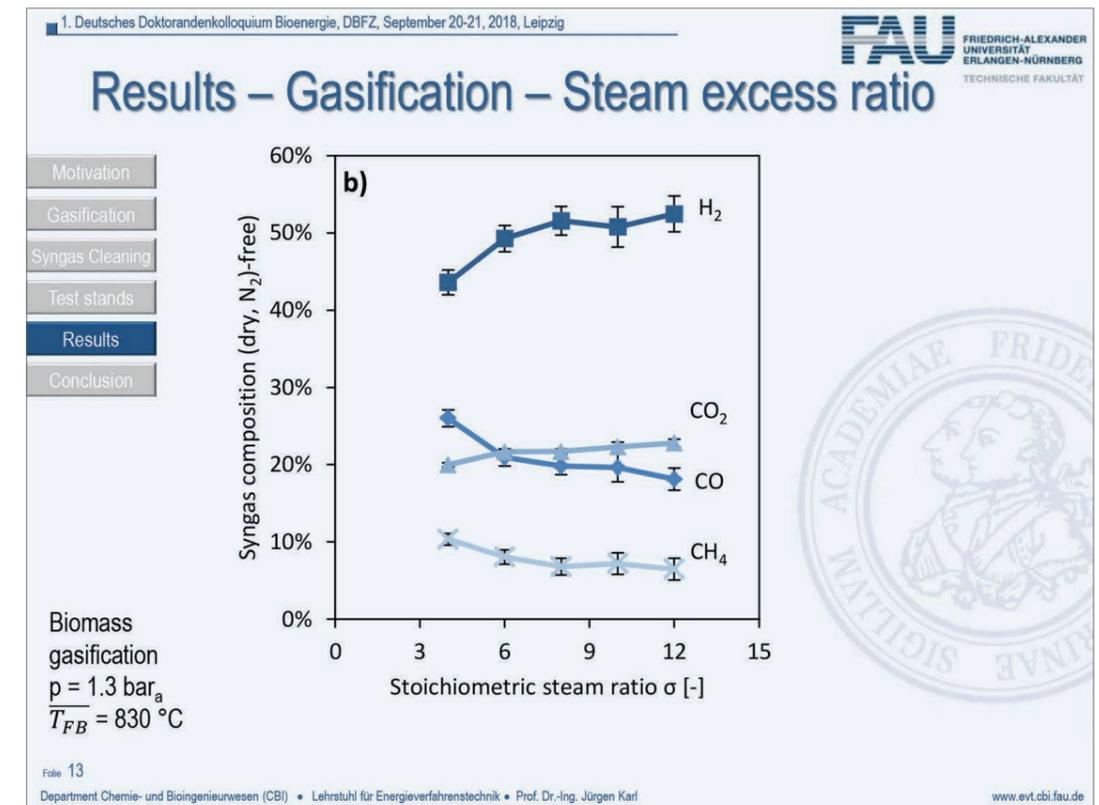
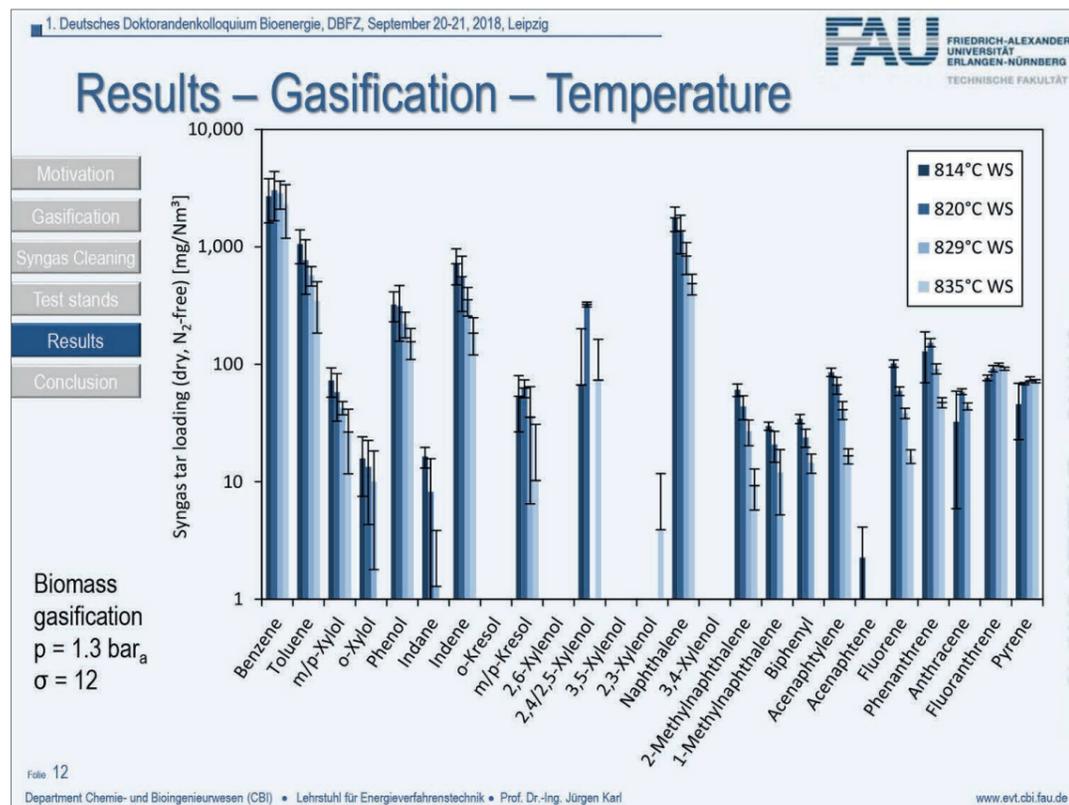
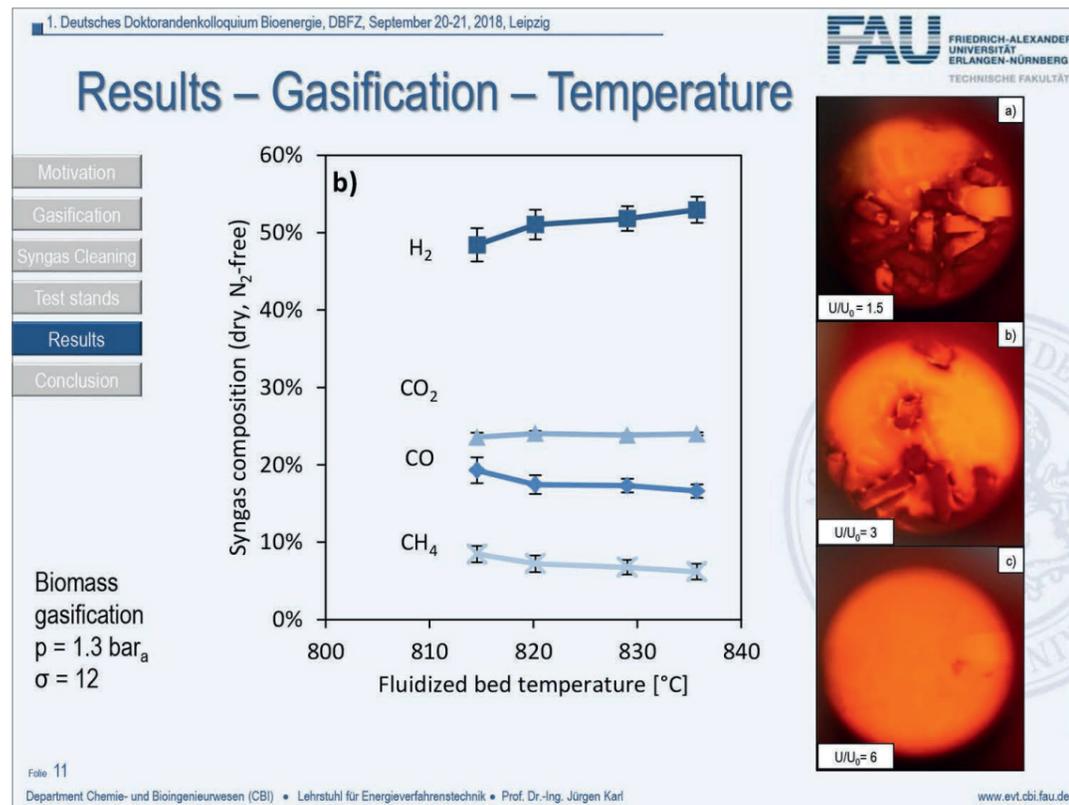


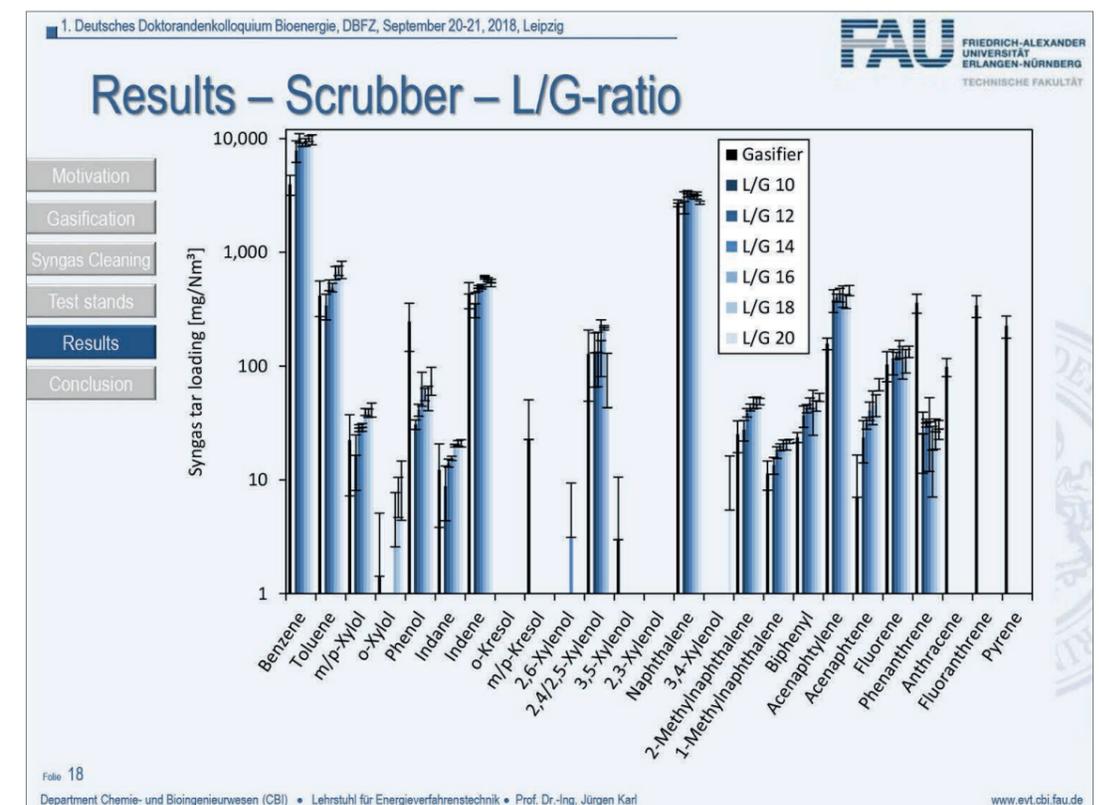
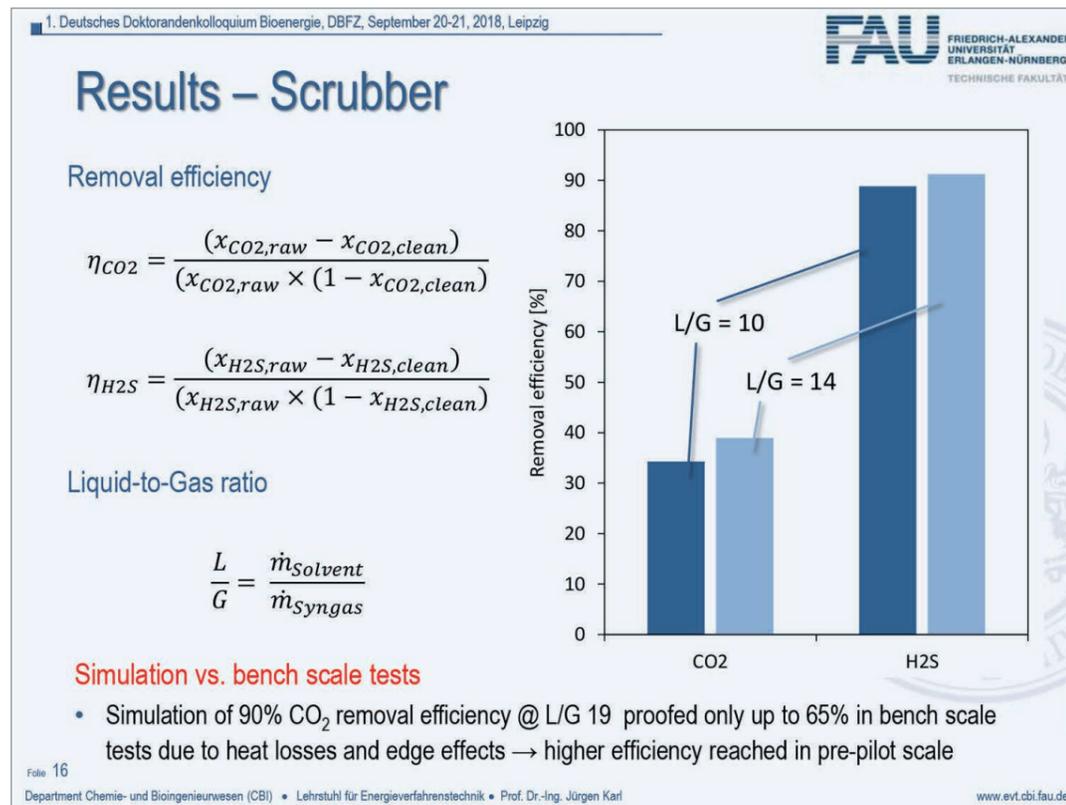
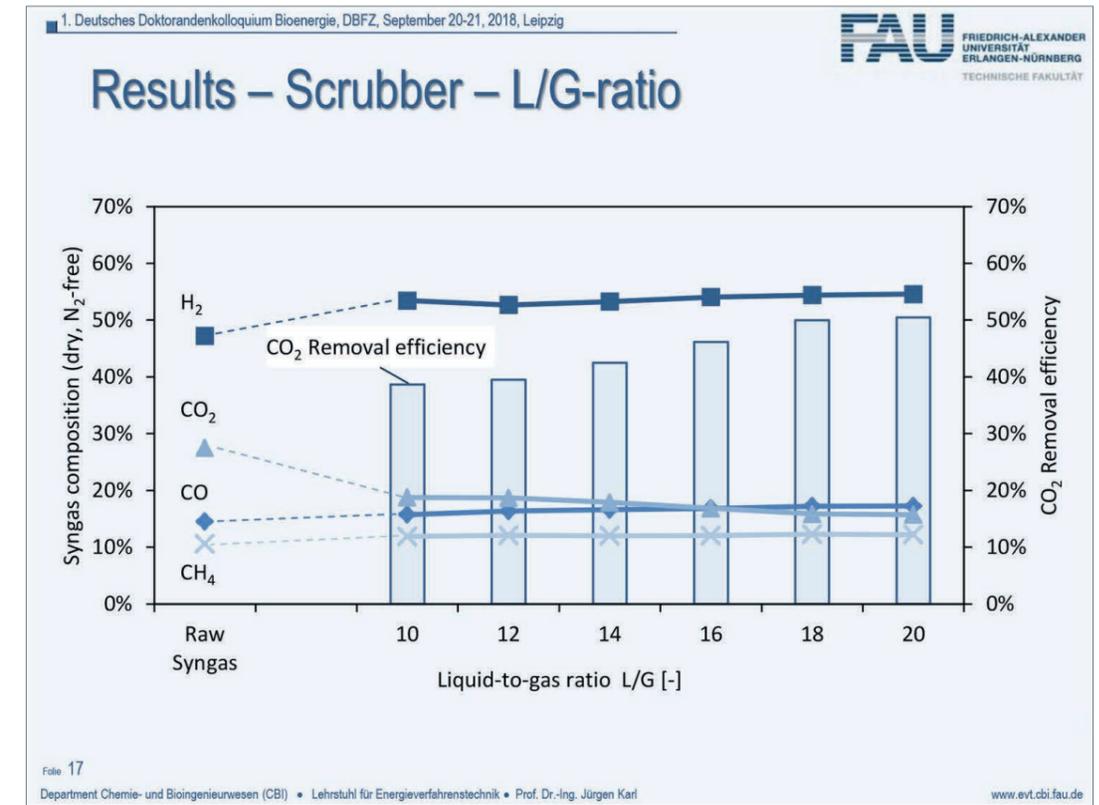
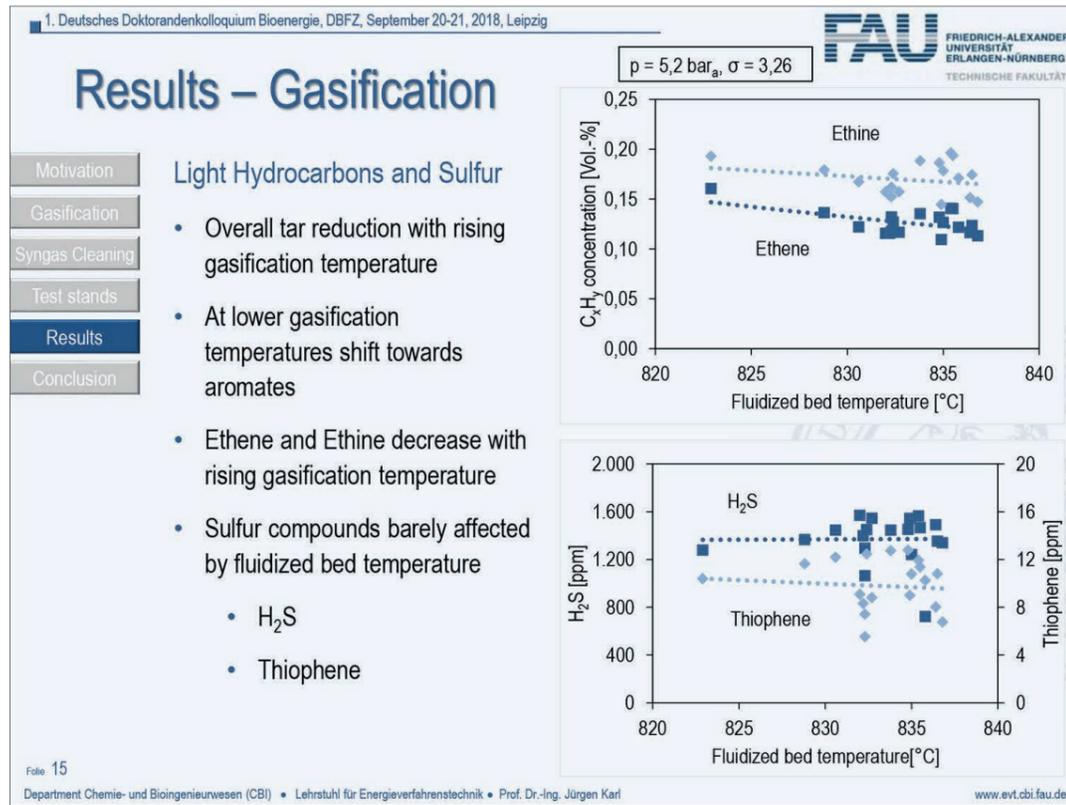
Technical Data

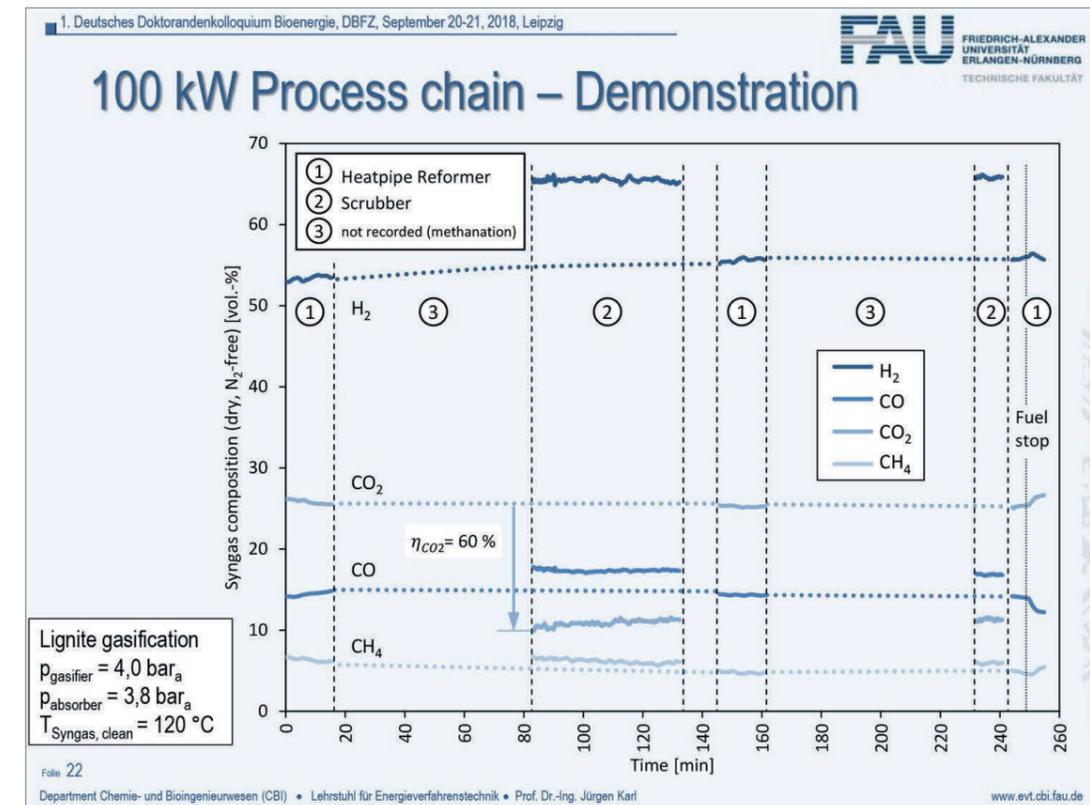
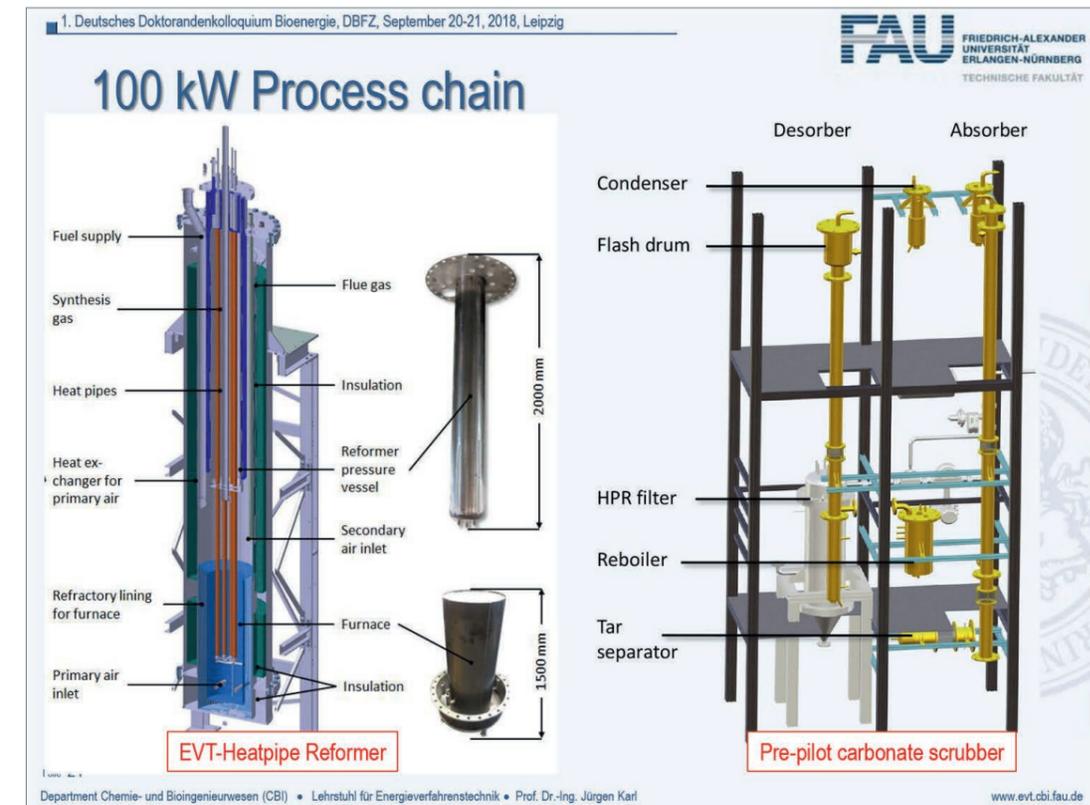
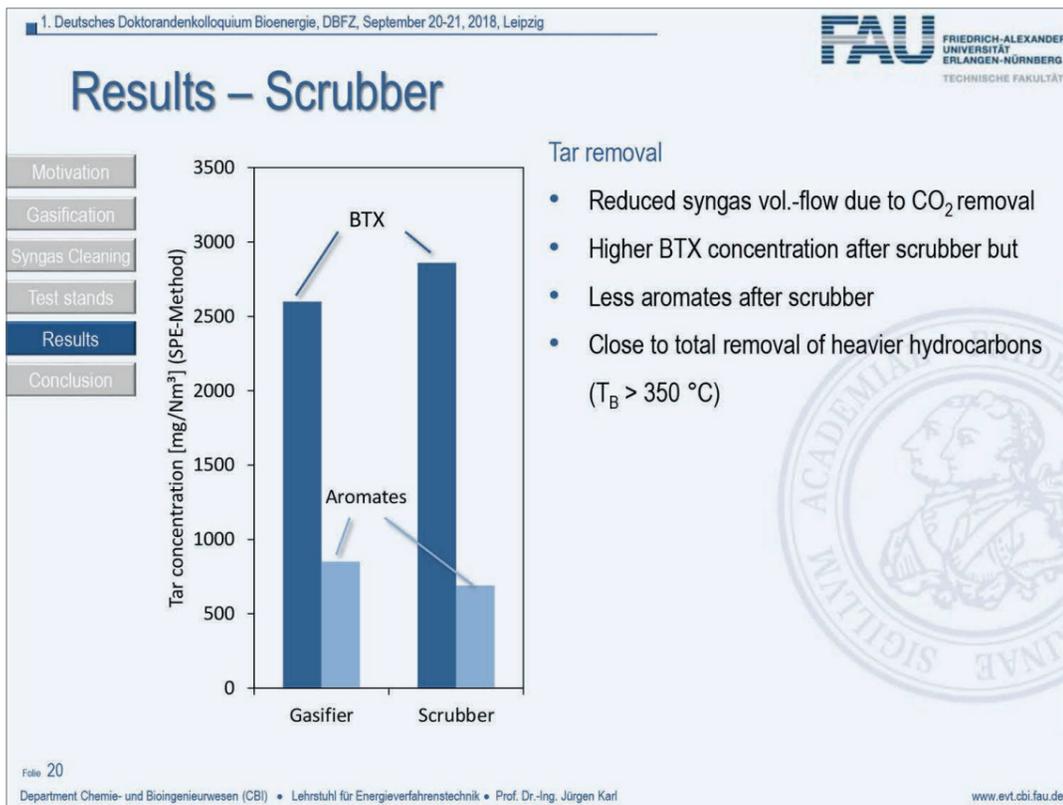
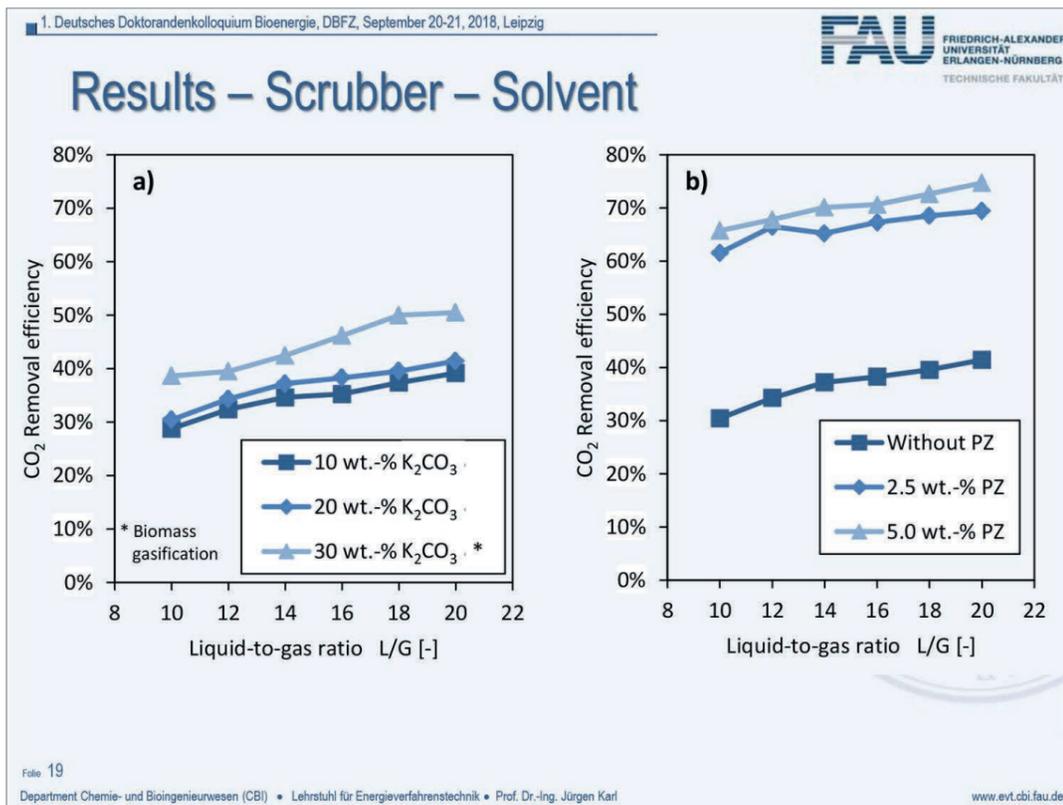
- P = 5 bar_a, T_{Solvent} = 100°C, 30 wt.-% K₂CO₃
- Packings: Raschig Rings 6 mm VA

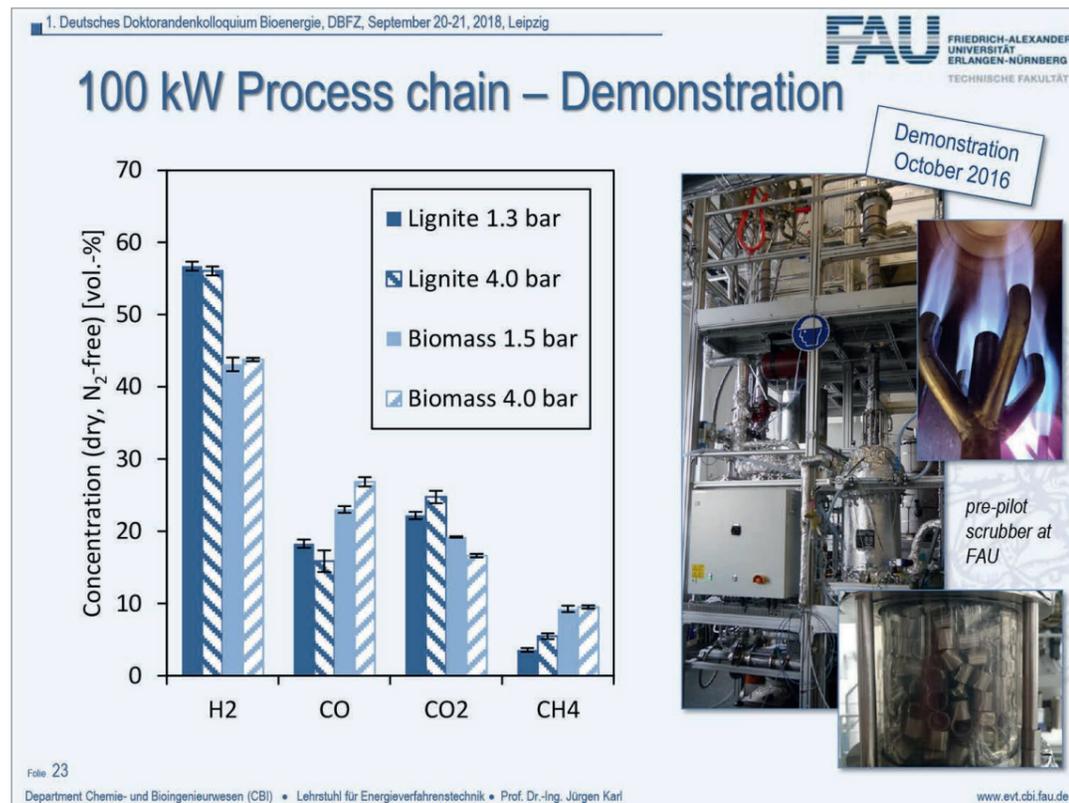
Motivation
Gasification
Syngas Cleaning
Test stands
Results
Conclusion

Folie 10
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl www.evt.cbi.fau.de









1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, DBFZ, September 20-21, 2018, Leipzig

Conclusion

FAU FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG TECHNISCHE FAKULTÄT

Motivation

Gasification

Syngas Cleaning

Test stands

Results

Conclusion

CO₂freeSNG2.0

- **Decentralized** SNG-Production from coal or biomass with integrated syngas cleaning and CO₂-removal
- Bench scale testing: Gasifier, Scrubber, Methanation (5 kW)
- Demonstration of the pre-pilot scale process chain
 - Heatpipe Reformer(100 kW) + Scrubber

Allothermal steam gasification

- Steam surplus variation to support methanation
- Tar load and composition in focus of investigation

Integrated Syngas Cleaning

- Syngas scrubbing at elevated temperatures based on the Benfield process as **bulk cleaning process**
 - Heavy tar components (Condensation)
 - Surplus CO₂ und sulfur compounds removal
- Utilization of light hydrocarbons in **Methanation**

Thank you!

Folie 24
Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI) • Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik • Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
Research Fund for Coal & Steel
www.evt.cbi.fau.de

Bioraffinerien/Biokraftstoffe

Edoardo Miliotti, Università di Firenze

Experimental experience on batch subcritical hydrothermal processing of lignin-rich stillage from 2nd generation ethanol process

Edoardo Miliotti, Prof. David Chiaramonti, Dr. Andrea Maria Rizzo, Giulia Lotti, Stefano dell'orco

Università di Firenze/RE-CORD, Italy

Viale Morgagni 40

50134 Firenze

Tel.: +39 (0)55 2758 690

E-Mail: edoardo.miliotti@unifi.it

Since advanced lignocellulosic ethanol demonstration plants has attained industrial relevance globally, the valorization of lignin-rich stillage (LRS), a stream mainly consisting of lignin (> 40 wt. % d.b.) and almost S-free structural carbohydrates, has attracted large attention from the scientific community. The current management practice of this co-product, which is being produced in comparable amount to the main one, is combustion for heat and power, but due to the high water content of this stream, hydrothermal processing (HTP) can be a more viable solution to obtain added-value chemicals and precursors for both solid and liquid biofuels or bioproducts.

To the authors' knowledge, the reported experiences of lignin in HTP have been carried out on lignin from pulp and paper processes or high-purity model compounds, both of them structurally differing from LRS from 2nd generation ethanol processes. The present work aims at partly filling this gap by preliminary assessing the viability of converting this promising feedstock in batch, subcritical hydrothermal conditions and providing a comprehensive characterization of products.

The experimental experience of HTP was developed at RE-CORD thanks to a custom-made micro-reactor test bench (MRTB), where batch reactors of 27-41 ml were used for hydrothermal experiments up to 400 °C and 300 bar. LRS was converted by means of hydrothermal carbonization (HTC) and hydrothermal liquefaction (HTL). In the HTC experiments, the reaction conditions were 200-300 °C, 120-240 min, 30 wt% dry biomass-to-water ratio. The produced hydrochar was used as a precursor for activated carbon production by means of physical (CO₂) and

chemical (KOH) activation. The obtained activated carbon were characterized with N₂ adsorption at 77 K in terms of BET surface area, microporosity and pore size distribution. Results showed that the higher the HTC severity the lower the activated carbon quality. Regarding HTL, some exploratory experiments with reaction medium made of water-ethanol and water-glycerol mixture were performed; but a more in-depth investigation of operating parameters' influence on products, biocrude collection procedure and products characterization was carried out with HTL of LRS in pure water. In this latter case, the reaction conditions ranges were 300-350 °C, 5-10 min, 10-20 wt% of dry biomass-to-water ratio. A two-step extraction procedure was developed in order to obtain a light and a heavy fraction of the biocrude and an analytical protocol was settled for biocrude quantitative characterization with GC-MS and water-soluble organics characterization with GC-MS and HPLC. Results showed that oxygenated aromatics were the most abundant class identified in the light biocrude (e.g. phenols, syringols, guaiacols as well as aromatic cyclic ketones and aromatic aldehydes), while the process-water contained also high amount of organic acids.


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES
DOC2018 | DOKTORANDENKOLLOQUIUM
 BIOENERGIE

Experimental experience on batch subcritical hydrothermal processing of lignin-rich stillage from 2nd generation ethanol process

Edoardo Miliotti^{1,2}, Giulia Lotti¹, Stefano dell'Orco^{1,2}, Alberto Bini¹, Andrea Maria Rizzo¹, David Chiaramonti^{1,2}

1 Renewable Energy Consortium for R&D (RE-CORD), Viale Morgagni 40/44, I-50134 Florence (Italy)
 2 University of Florence, Department of Industrial Engineering, Via S. Marta 3, I-50139 Florence (Italy)

A.M. Rizzo, PhD (on behalf of Edoardo Miliotti) 

BIORAFFINERIE / BIOKRAFTSTOFFE
 Friday, September 21 - 09:00

SUMMARY

BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES
DOC2018 | DOKTORANDENKOLLOQUIUM
BIOENERGIE

- Introduction
- Feedstock characterization
- Experimental apparatus & HTP process conditions
- Procedures for products collection
- Hydrothermal carbonization + activation
- Hydrothermal liquefaction
- Conclusion



FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGY
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG



INTRODUCTION

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE
DOC2018

➤ Advanced lignocellulosic ethanol demonstration plants → Global industrial relevance

Ethanol — **Lignin-rich stillage (LRS)**

Hydrothermal processing → Biofuels, bioproducts

Combustion → Heat & Power

RECORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE | SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE | 2

FEEDSTOCK: LIGNIN-RICH RESIDUE

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE
DOC2018

➤ From lignocellulosic ethanol demo plant

- Original biomass: **Poplar**
- Lignin content (dry basis) ≈ **57 % w/w**
 - NREL procedure TP-510-42618

Moisture	Volatile matter	Ash	Fixed carbon	Bulk density	HHV	LHV	C	H	N	S	O*	pH
% w/w (wb)	% w/w (db)	% w/w (db)	% w/w (db)	kg m ⁻³	MJ kg ⁻¹	MJ kg ⁻¹	% w/w (db)	-				
69.7	69.2	3.0	27.3	520	22.9	21.7	55.1	5.9	1.2	0.2	34.6	5

RECORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE | SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

MICRO-REACTOR TEST BENCH & OPERATING CONDITIONS

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE
DOC2018

- Custom-made modular test-bench;
- Single/double batch reactor: ≈ 44 ml
- P and T sensors;
- Fluidized sand bath (max power = 4 kW);
- Fast water bath cooling

	HTC	HTL
Pretreatment	Drying, milling (4 mm)	Drying, milling (0.25 mm)
Temperature	200 – 270 °C	300 – 370 °C
Time	2 – 4 h	5 – 10 min
Biomass (db) / water mass ratio	30 %	10 – 20 %

Average heating rate up to 45.5 °C min⁻¹

Example of pressure-temperature diagram of a HTC experiment.

RECORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE | SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

PROCEDURE FOR PRODUCT COLLECTION

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE
DOC2018

➤ Hydrothermal carbonization

Simple collection procedure. The use of solvent was avoided in order to not affect the hydrochar

RECORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE | SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

PROCEDURE FOR PRODUCT COLLECTION

BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE
DOC2018

➤ Hydrothermal Liquefaction

- Procedure 1

DEE: diethyl ether; DMK: dimethyl ketone (acetone);
WSO: water soluble organics; BC1: light biocrude;
BC2: heavy biocrude

- **PROS:** Rapid
- **CONS:** Underestimation of WSO, overestimation of BC1
- **Time w/o drying:** 3-4 h

RE-CORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

PROCEDURE FOR PRODUCT COLLECTION

BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE
DOC2018

➤ Hydrothermal Liquefaction

- Procedure 2

DEE: diethyl ether; DMK: dimethyl ketone (acetone);
WSO: water soluble organics; BC1: light biocrude;
BC2: heavy biocrude

- **PROS:** Correct estimation of BC1 and WSO
- **CONS:** Longer procedure
- **Time w/o drying:** 3.5-4.5 h

RE-CORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

PROCEDURE FOR PRODUCT COLLECTION

BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE
DOC2018

➤ Hydrothermal Liquefaction

- Procedure 3

DEE: diethyl ether; DMK: dimethyl ketone (acetone);
WSO: water soluble organics; BC1: light biocrude;
BC2: heavy biocrude

- **PROS:** Correct estimation of BC1 and WSO
- **CONS:** Very long procedure; Difficult BC1 collection
- **Time w/o drying:** ≈ 8 h

RE-CORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

PROCEDURE FOR PRODUCT COLLECTION

BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE
DOC2018

➤ Hydrothermal Liquefaction

- Products

SOLIDS | AQUEOUS PHASE | LIGHT BIOCRUDE (BC1) | HEAVY BIOCRUDE (BC2)

RE-CORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES
DOKTORANDENKOLLOQUIUM
BIOENERGIE
DOC2018

RESULTS



FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG



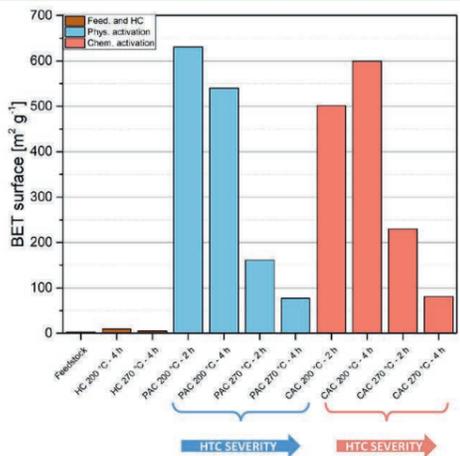
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES
DOKTORANDENKOLLOQUIUM
BIOENERGIE
DOC2018

RESULTS

➤ HTC + hydrochar activation

- Physical activated carbon (PAC):
 - Activating agent CO₂
 - Temperature 700 °C
 - Time 2 h
- Chemical activated carbon (CAC):
 - Activating agent KOH (1:1 w/w, db)
 - Temperature 600 °C
 - Time 1 h



Drastic BET decrease when
HTC T = 270 °C (both for PAC and CAC)
➔
Lower "carbonization" in HTC is better



FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG



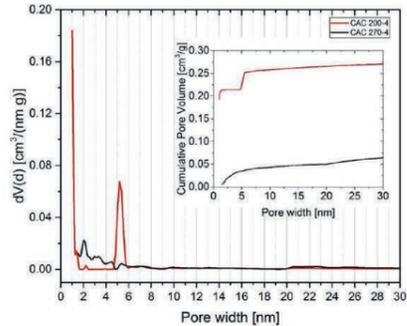
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES
DOKTORANDENKOLLOQUIUM
BIOENERGIE
DOC2018

RESULTS

➤ HTC + hydrochar activation

- Pore size distribution with DFT (density function theory, slit/cylinder pores)



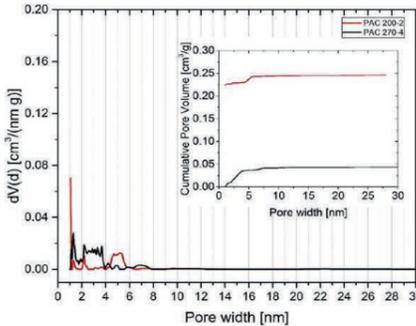
CAC 200 °C-4 h vs CAC 270 °C-4 h

CAC 200 °C-4 h:

- High microporosity;
- Mesoporosity concentrated near 5.5 nm

CAC 270 °C-4 h:

- Low microporosity;
- More extended mesoporosity (also > 20 nm)



PAC 200 °C-2 h vs PAC 270 °C-4 h

PAC 200 °C-2 h:

- High microporosity;
- Mesoporosity < 6 nm (mainly near 5.5 nm)

PAC 270 °C-4 h:

- Low microporosity;
- Mesoporosity from 2 to 8 nm



FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

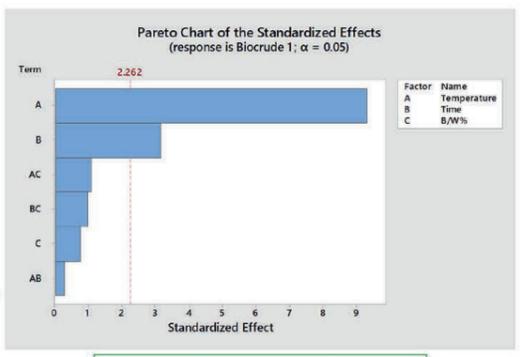
BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES
DOKTORANDENKOLLOQUIUM
BIOENERGIE
DOC2018

RESULTS

➤ Hydrothermal liquefaction (procedure 1)

- Experimental plan: 2³ Full factorial design → 3 factors, 2 levels

Factor	1 st level	2 nd level
Temperature [°C]	300	350
Time [min]	5	10
Biomass/Water % w/w db	10	20



Considering BC1 yield, T is the most affecting parameter
No significant effect due to B/W ratio

Same trend also neglecting interactions

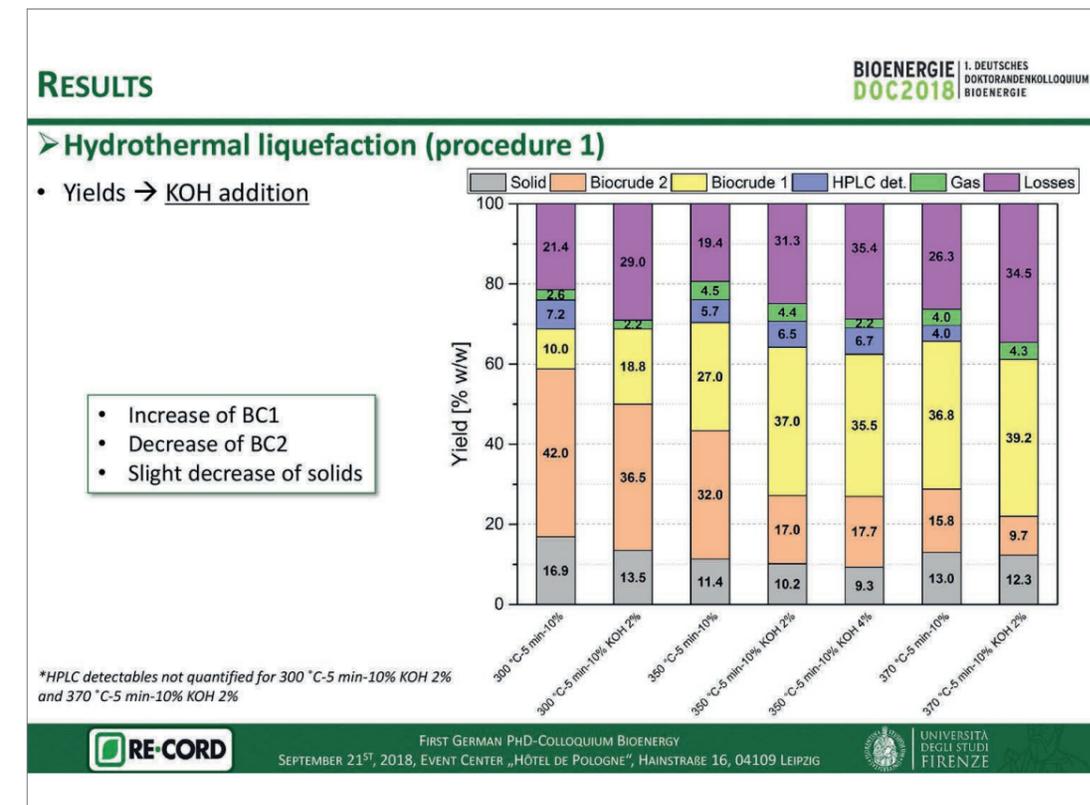
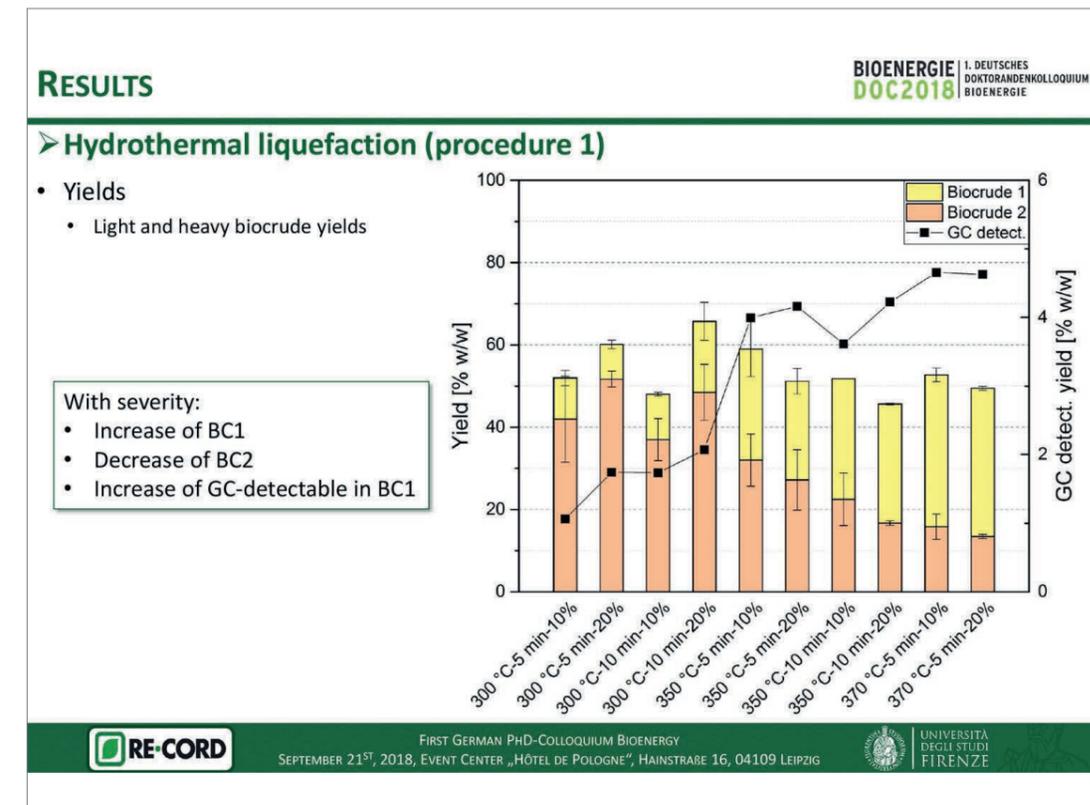
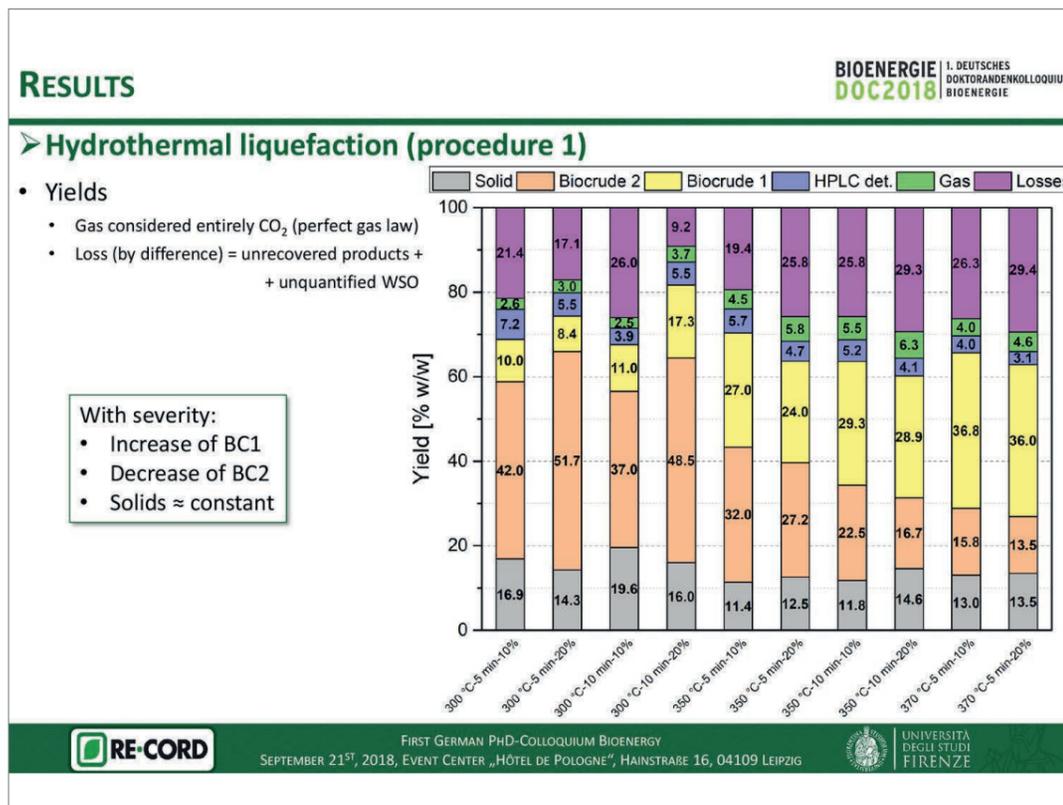
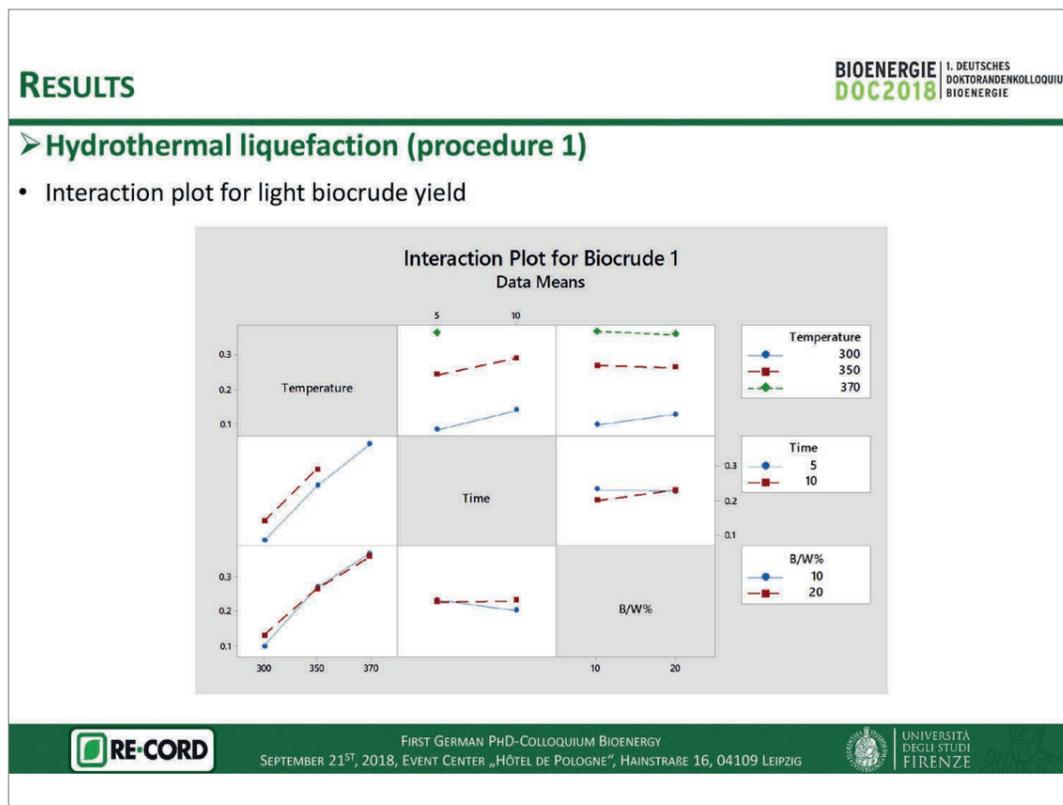
- Investigated also
 - Higher temperature: **370 °C**
 - KOH addition** (2 – 4 % w/w, with respect to the dry feedstock)



FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HÔTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE

RESULTS

Hydrothermal liquefaction (procedure 1)

- Carbon balance
 - Gas considered entirely CO₂
 - C of solids, BC1 and BC2 evaluated by CHN
 - C of water soluble organics evaluated by TOC

C contribution from DEE in the aqueous phase was evaluated by considering TOC, HPLC and comparison with results from procedure 2 (w/o DEE)

HPLC detectables/ HPLC undetectables ratio was assumed constant among the operating conditions

Condition	Solid	Biocrude 2	Biocrude 1	Water solubles	Gas
300 °C-5 min-10%	23.6	40.9	14.5	11.3	1.0
300 °C-5 min-20%	14.8	62.3	8.7	6.1	1.1
300 °C-10 min-10%	21.1	41.1	12.7	1.7	9.8
300 °C-10 min-20%	19.4	54.0	23.6	9.4	1.3
350 °C-5 min-10%	13.0	45.4	24.0	10.2	2.6
350 °C-5 min-20%	15.6	41.2	25.7	10.2	2.8
350 °C-10 min-10%	14.9	34.4	34.7	8.5	3.3
350 °C-10 min-20%	18.1	21.5	33.3	7.1	3.1
370 °C-5 min-10%	17.3	22.6	37.6	6.5	2.0
370 °C-5 min-20%	18.3	16.2	42.2	4.6	2.2

- C in solids ≈ constant
- C in BC2 decreases with severity
- C in BC1 increases with severity

FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HOTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG

UNIVERSITA DEGLI STUDI FIRENZE

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE

RESULTS

Hydrothermal liquefaction (procedure 1)

- GC-MS of light biocrude + HPLC of aqueous phase
 - Example of lignin conversion according to Barbier et al.

Feedstock is different: Lignin VS LRS (57% of lignin)

GC-MS		HPLC	
Vanillin	Aromatic aldehydes	Guaiacol	Guaiaacols
Syringaldehyde	Aromatic aldehydes	Syringol	Syringols
Acetosyringone	Aromatic ketones	3-Methoxycatechol	Catechols
Guaiacol	Guaiaacols	Phenol	Phenols
Creosol	Guaiaacols	Catechol	Catechols
Isoeugenol cis+trans	Guaiaacols	Lactic acid	Oxygenated hydrocarbons
4-Ethylguaiaacol	Guaiaacols	Glycerol	Oxygenated hydrocarbons
Syringol	Syringols	Glutaric acid	Oxygenated hydrocarbons
Phenol	Phenols	Glycolic acid	Oxygenated hydrocarbons
Catechol	Catechols	Ethanol	Oxygenated hydrocarbons
3-Methoxycatechol	Catechols	Benzoic acid	Benzoic acid
Acetic acid	Oxygenated hydrocarbons		
Benzoic acid	Benzoic acid		

J. Barbier, et al., Hydrothermal conversion of lignin compounds. A detailed study of fragmentation and condensation reaction pathways, Biomass and Bioenergy, 46 (2012) 479–491. doi:10.1016/j.biombioe.2012.07.011.

FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HOTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG

UNIVERSITA DEGLI STUDI FIRENZE

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE

RESULTS

Hydrothermal liquefaction (procedure 1)

- GC-MS of light biocrude + HPLC of aqueous phase
 - Oxygenated hydrocarbons are the main compounds and decrease with severity.
 - Benzoic acid, Aromatics Aldehydes and Ketones decrease, while the other classes increase in particular Phenols and Catechols.

J. Barbier, et al., Hydrothermal conversion of lignin compounds. A detailed study of fragmentation and condensation reaction pathways, Biomass and Bioenergy, 46 (2012) 479–491. doi:10.1016/j.biombioe.2012.07.011.

FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HOTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG

UNIVERSITA DEGLI STUDI FIRENZE

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE

RESULTS

Hydrothermal liquefaction (procedure 1)

- Size exclusion chromatography (SEC) of biocrudes
 - Mobile phase: THF, 1 ml min⁻¹
 - Sample: 0.45 μm filtration, 1 mg ml⁻¹ concentration, 100 μl injection volume
 - Oven: 40 °C
 - Columns: 2x Agilent PL gel 5 μm 100 Å 300 X 7.5 mm + guard column
 - Refractive index detector, 40 °C
 - Calibration: polystyrene standards

FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGIE
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HOTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG

UNIVERSITA DEGLI STUDI FIRENZE

RESULTS

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE

➤ Hydrothermal liquefaction (procedure 1)

- Size exclusion chromatography (SEC) of biocrudes: apparent molar mass (polystyrene equivalent)
- **Light biocrude** ≈ constant molar mass; between 400 g mol⁻¹ and 500 g mol⁻¹
- **Heavy biocrude** shows a decreasing trend; between 1400 g mol⁻¹ and 1000 g mol⁻¹

RECORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGY
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HOTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

RESULTS

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE

➤ Hydrothermal liquefaction (procedure 1 VS procedure 2)

- Effect of collection procedure: 1 VS 2

➔ DEE extraction of light biocrude with or w/o the presence of the aqueous phase

RECORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGY
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HOTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

RESULTS

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE

➤ Hydrothermal liquefaction (procedure 1 VS procedure 2)

Procedure 1 slight overestimate BC1 and BC2 and underestimate HPLC detectable compounds in the AP

↓

DEE extracts organics from the AP which then are recovered into the BC

Process	Solid	Biocrude 2	Biocrude 1	HPLC det.	Gas	Losses
Proc. 1 350 °C-10 min-10%	11.8	22.5	29.3	5.2	5.5	25.8
Proc. 2 350 °C-10 min-20%	12.6	17.1	23.1	7.3	5.5	34.3
Proc. 1 350 °C-10 min-20%	14.6	16.7	28.9	4.1	6.3	29.3
Proc. 2 350 °C-10 min-20%	13.6	14.0	24.9	6.4	5.5	35.6

RECORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGY
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HOTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

RESULTS

BIOENERGIE | I. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE

➤ Hydrothermal liquefaction (procedure 1 VS procedure 2)

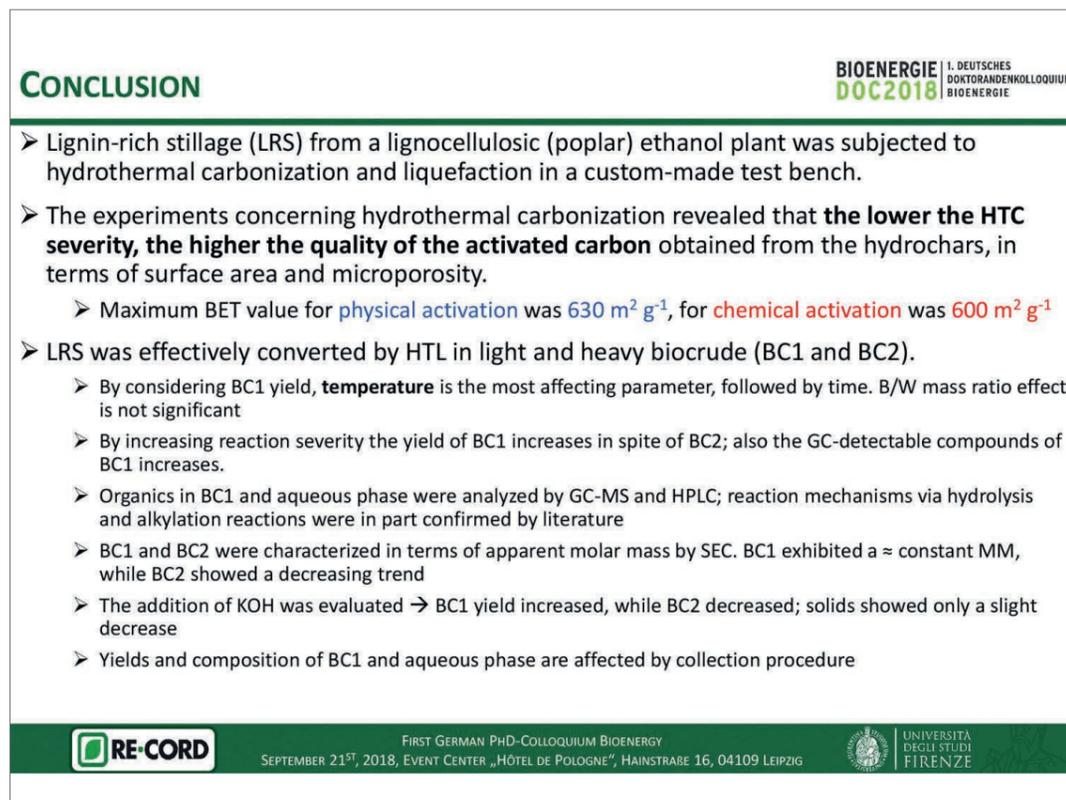
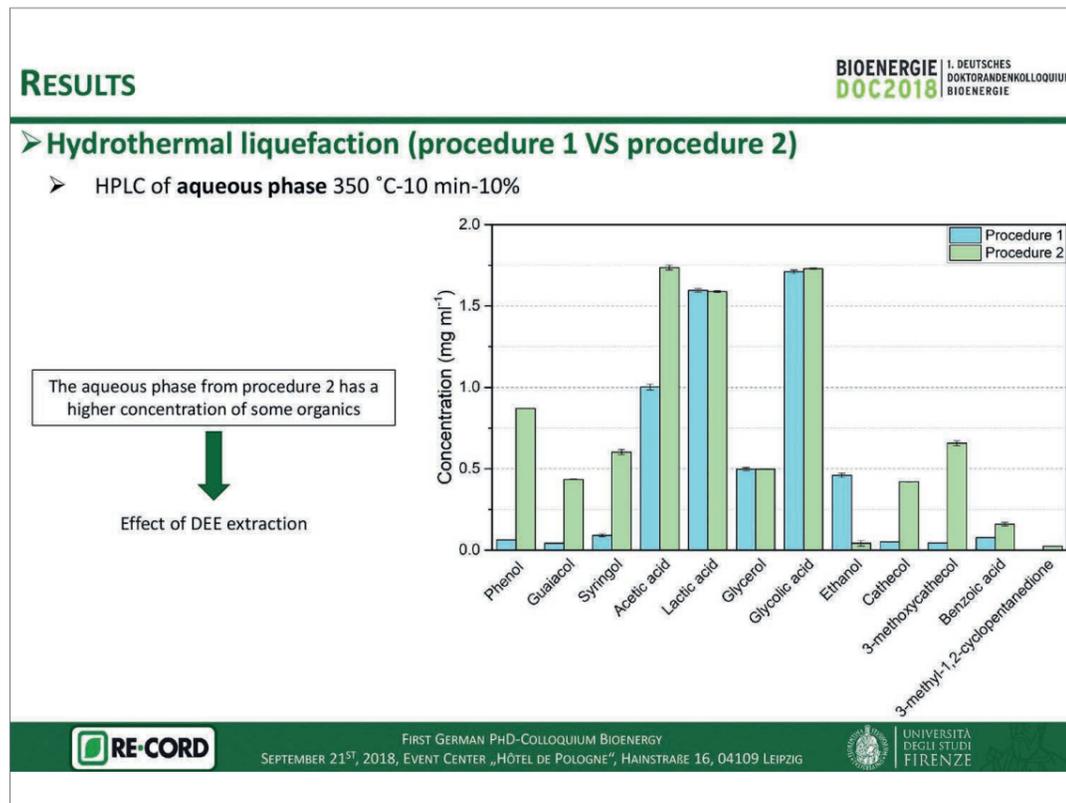
- GC-MS of light biocrude 350 °C-10 min-10%

Values reported on BC1 % w/w

Compound	Procedure 1	Procedure 2
Cathecol	~1.0	~0.8
3-Methoxycathecol	~2.0	~1.0
Phenol	~2.5	~1.1
Guaiacol	~1.5	~0.9
Syringol	~2.8	~1.8
Cresol	~0.6	~0.5
Acetic acid	~1.1	~0.5
Benzoic acid	~0.5	~0.4
4-Ethylguaiacol	~0.4	~0.3

Light biocrude from procedure 2 has a lower concentration of organics

RECORD | FIRST GERMAN PHD-COLLOQUIUM BIOENERGY
SEPTEMBER 21ST, 2018, EVENT CENTER „HOTEL DE POLOGNE“, HAINSTRASSE 16, 04109 LEIPZIG | UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE



BIOENERGIE | 1. DEUTSCHES DOKTORANDENKOLLOQUIUM BIOENERGIE
DOC2018

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

Thank you for your attention!

RE-CORD

This research was partly funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation program, project **Heat-to-Fuel**, under Grant Agreement number 764675

BIOAFFINERIE / BIOKRAFTSTOFFE
Friday, September 21 - 09:00

Sebastian Dietrich, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Biogas upgrading to high-calorific natural gas by synthesis of light hydrocarbons

Sebastian Dietrich, Dr. Jens Schneider
Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-490
E-Mail: Sebastian.Dietrich@dbfz.de

Vor dem Hintergrund des EEG 2017 stehen Betreiber von Biogasanlagen zukünftig vor neuen Herausforderungen hinsichtlich einer lukrativen Vermarktung von Biogas. Alternativ zur Direktverstromung im BHKW tragen Biogasanlagen mit Aufbereitung und Einspeisung in das bestehende Erdgasnetz bereits zur bedarfsgerechten Bereitstellung von Strom bei und rücken im Zuge der fortschreitenden Flexibilisierung des Energiemarktes stärker in den Fokus. Einspeisebedingungen des Erdgasnetzes erfordern eine Reinigung und Aufbereitung von Biogas. Um den für H-Gas (high calorific gas) notwendigen Referenzbrennwert des lokalen Erdgasnetzbetreibers zu erreichen, wird Biogas nach der CO₂-Abtrennung im Standardverfahren fossiles Flüssiggas (LPG) beigemischt.

Kurzkettige Kohlenwasserstoffe zur Brennerhöhung und CO₂-Nutzung

Die direkte Synthese kurzkettiger Kohlenwasserstoffe stellt eine Möglichkeit dar, die zur Netzeinspeisung notwendige Brennerhöhung von Biogas ohne die Beimischung von LPG zu erreichen. Dabei wird das biogene CO₂ nicht aus dem Bio Rohgas ausgewaschen, sondern mit Elektrolysewasserstoff, vorzugsweise aus Überschussstrom, zu Methan und vorwiegend gasförmigen Alkanen und Alkenen (C₂-C₅) umgewandelt. Diese synergetische Kombination von biologischem und strombasiertem Prozess stellt einen SynBioPTx-Prozess dar. Im betrachteten Prozessschema wird die Kohlenstoffquelle (Bioabfall) intensiver genutzt, da bei gleicher Einsatzmenge durch Nutzung des biogenen CO₂ eine größere Menge chemischer Energieträger produziert werden kann. Die Speicherung von (Überschuss-)Strom in Form von H Gas bietet gegenüber der Speicherung in Form von Wasserstoff den Vorteil des bereits be-

stehenden deutschlandweiten Speicher- und Verteilnetzes. Weiterhin kann durch die Synthese auf die Beimischung von fossilem LPG verzichtet werden.

Synthesereaktion

Durch Verwendung geeigneter Katalysatoren ist eine direkte Synthese kurzkettiger Kohlenwasserstoffe durch folgende chemische Reaktionen möglich:

Vorversuche mit CO als Kohlenstoffquelle

Der Machbarkeitsnachweis wurde in Vorversuchen mit CO erbracht. Bei Verwendung eines geträgerten Fe/Mn|MgO-Testkatalysators wurde ein Umsatz von X_{CO} = 43,4 % erreicht. Neben einer hohen Selektivität zu CO₂, liegen die Selektivitäten sowohl zu CH₄ als auch kurzkettigen Alkenen über 20 Prozent und zu kurzkettigen Alkanen bei etwa 10 Prozent. Flüssige Kohlenwasserstoffe bilden nur einen geringen Anteil der Produkte.

Gestehungskosten

Zur Analyse der Gestehungskosten bildete eine 700 Nm³ h⁻¹ Biogasanlage mit Gestehungskosten von 6,32 ct. kWh⁻¹ die Berechnungsgrundlage. Um bei der Synthese den Referenzbrennwert des in Sachsen genutzten russischen Erdgases (H_{s,n} = 11,2 kWh Nm⁻³) zu erreichen, ist ein Umsatz von XCO₂ = 21 Prozent erforderlich. Die größten Anteile der Gestehungskosten bilden die Bereitstellung von Rohbiogas und die Stromkosten zur Wasserelektrolyse. Bei angenommenen 8000 Jahresvollbenutzungsstunden stellen sowohl Investitionskosten als auch betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten nur einen geringen Anteil der Gestehungskosten dar. Im Vergleich zu reinem Biomethan (7,9 ct. kWh⁻¹) sind die Gestehungskosten von biogenem H-Gas im betrachteten Fall 35 Prozent höher und weisen die größte Sensitivität gegenüber dem Strombezugspreis (127 € MWh⁻¹) auf.

Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

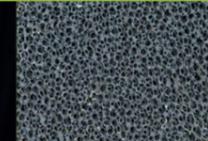


DBFZ

Biogas upgrading to high-calorific natural gas by synthesis of light hydrocarbons

Sebastian Dietrich




1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie
21. September 2018 in Leipzig

Profile



dissertation within third-party funded project:
Fermenthen – production of alkenes from biogas and excess electricity


European Union


Europe funds Saxony.
EFRE
European Regional Development Fund


With support from
Federal Ministry of Food and Agriculture
by decision of the German Bundestag

period: 01/2017 – 12/2019

supervisors:
Prof. Dr.-Ing. Stefan Rönsch – EAH Jena; DBFZ
Prof. Dr.-Ing. Matthias Kraume – TU Berlin




1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

2



Agenda

- 1 | Motivation
- 2 | Guiding question
- 3 | General approach
- 4 | First results
 - experimental testing
 - techno-economic analysis
- 6 | Summary and outlook

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

3



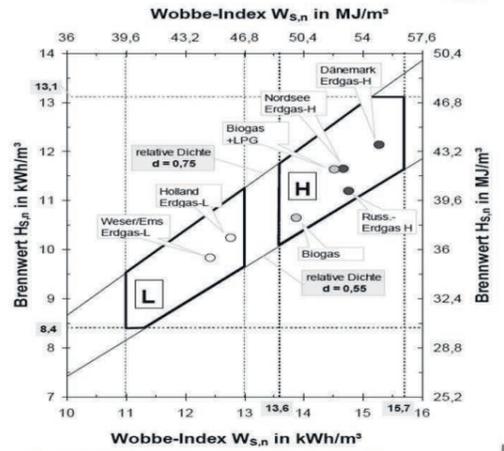
1 | Motivation

Essential gas properties

criteria of gas properties for feeding into the German natural gas grid, defined in DVGW G 260 (A)

- calorific value
- relative density
- Wobbe-index

limiting factor is the calorific reference value of the local distribution grid



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

5



1 | Motivation

Background

- upgrading and feeding of biomethane into the existing natural gas grid offers alternative to direct conversion into electricity
 - contribution towards demands-oriented generation of electricity
- German feed-in requirements define certain properties of the gas (mixture) in order to feed into the natural gas grid
 - conditioning of biomethane is necessary

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

4



1 | Motivation

Calorific values of exemplary natural gases

		Russ. natural gas H	North Sea natural gas H	Denmark natural gas H	biogas H
methane	mol.-%	96.66	88.71	90.07	96.15
nitrogen	mol.-%	0.86	0.82	0.28	0.75
carbon dioxide	mol.-%	0.18	1.94	0.60	2.90
ethane	mol.-%	1.37	6.93	5.68	-
propane	mol.-%	0.45	1.25	2.19	-
butane + higher HCs	mol.-%	0.18	0.35	1.18	-
calorific value	kWh m ⁻³	11.2	11.6	12.1	10.6

$$H_{s,n}(rawBG) = 6,1 \frac{kWh}{m^3 (STP)}$$

$$H_{s,n}(CH_4) = 11,06 \frac{kWh}{m^3 (STP)}$$

CO₂-removal and admixture of LPG is standard process

$$H_{s,n}(LPG) = 28,58 \frac{kWh}{m^3 (STP)}$$

table: extract from DVGW 'G 260 (A) Gasbeschaffenheit', 2013.

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

6

2 | Guiding question
Goal and novelty of the dissertation

DBFZ

Goal

Upgrading biogas and producing a renewable high-calorific natural gas substitute (bio H-gas)

Novelty

H-gas properties without the admixture of fossil LPG

7

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

2 | Guiding question
Synthesis of light hydrocarbons

DBFZ

Synthesis with suitable catalysts through the following reactions:

alkenes $3nH_2 + nCO_2 \rightarrow C_nH_{2n} + 2nH_2O, n \geq 2$

alkanes $(3n + 1)H_2 + nCO_2 \rightarrow C_nH_{2n+2} + 2nH_2O, n \geq 2$

High selectivity of > 65 % towards light hydrocarbons can be achieved in CO-synthesis at temperatures between 350 °C and 450 °C [1].

[1] H.M.Torres Galvis and K.P. de Jong, 'Catalysts for production of lower olefins from synthesis gas: a review', ACS catalysis, 3:2130–2149, 2013.

9

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

2 | Guiding question
Biogas upgrading by synthesis of light hydrocarbons

DBFZ

- Raising the calorific value by synthesis of light hydrocarbons of $2 \leq C \leq 4$
- upgrading towards H-gas quality

8

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

3 | General approach
Research packages/work plan

DBFZ

Techno-economic analysis

- Development of plant concept and definition of mass balance
- Calculation of production costs and sensitivity analysis (EAC)

Experimental testing

- Testing different catalysts under various process conditions (DOE)
- development of optically accessible reactor for thermal imaging

CFD-simulation

- Simulation of syn. reaction using exp. results and thermal imaging (Ansys)
- revision and optimisation of first plant concept

10

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

4 | First results - experimental testing Synthesis test rig

DBFZ

features

- automated operation (no supervision necessary)
- pressure up to 10 bar_a
- broad range of GHSV
- 2 different reactor types



Left: Adiabatic tube reactor (electrically heated, $T_{\max} = 600\text{ °C}$)
Right: Isothermal tube reactor (oil-tempered, $T_{\max} = 350\text{ °C}$)

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig 11

4 | First results - experimental testing Experimental plan for CO₂ synthesis

DBFZ

	activation	initial phase	testing
T	450 °C	400 °C	350 – 450 °C
p	8 bar _a	4,5 bar _a	1 – 8 bar _a
GHSV	188 h ⁻¹	1500 h ⁻¹	500 – 1500 h ⁻¹
t	26.7 h	85 h	≤ 0.5 h per point
x _{H₂}	50 vol.-%		23.4 vol.-%
x _{CO₂}	-		19.2 vol.-%
x _{CH₄}	-		57.4 vol.-%
x _{N₂}	50 vol.-%		-
V _{catalyst}			63.8 – 64.5 ml

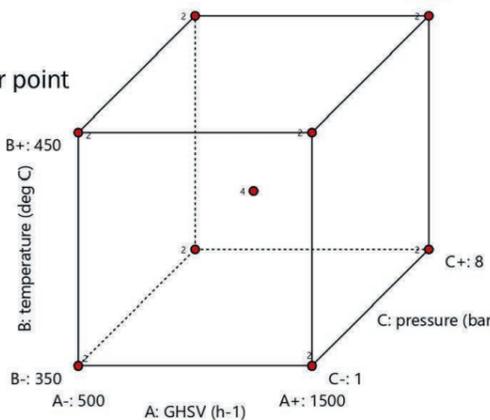
1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig 13

4 | First results - experimental testing Methodology | DOE

DBFZ

Design of experiment with Design Expert®

- 3-factor 2-level full factorial DOE with center point
 - T 350 – 450 °C
 - p 1 – 8 bar_a
 - GHSV 500 – 1500 h⁻¹
- 2 different catalysts
 - Fe|MgO
 - Fe/Mn/K|MgO
- 2 different reactants
 - CO₂
 - CO

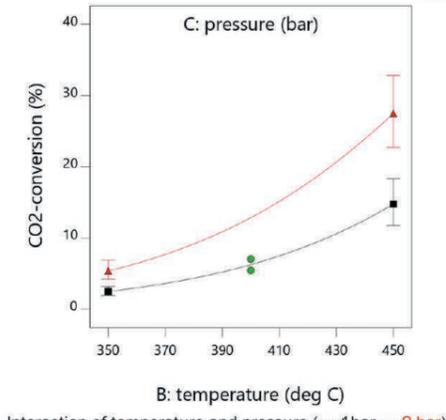


1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig 12

4 | First results - experimental testing CO₂ synthesis with Fe|MgO

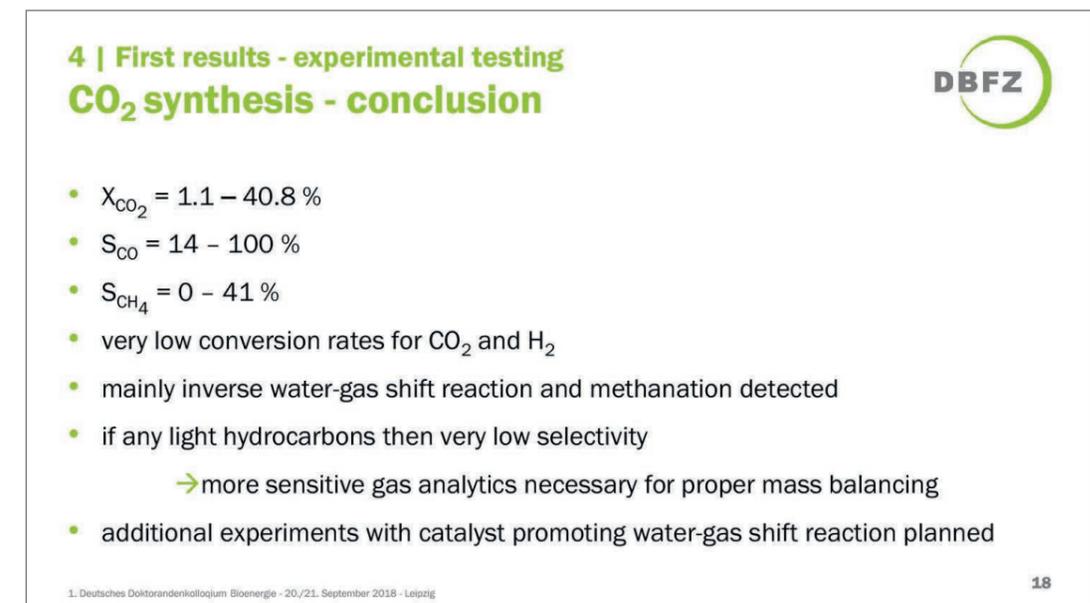
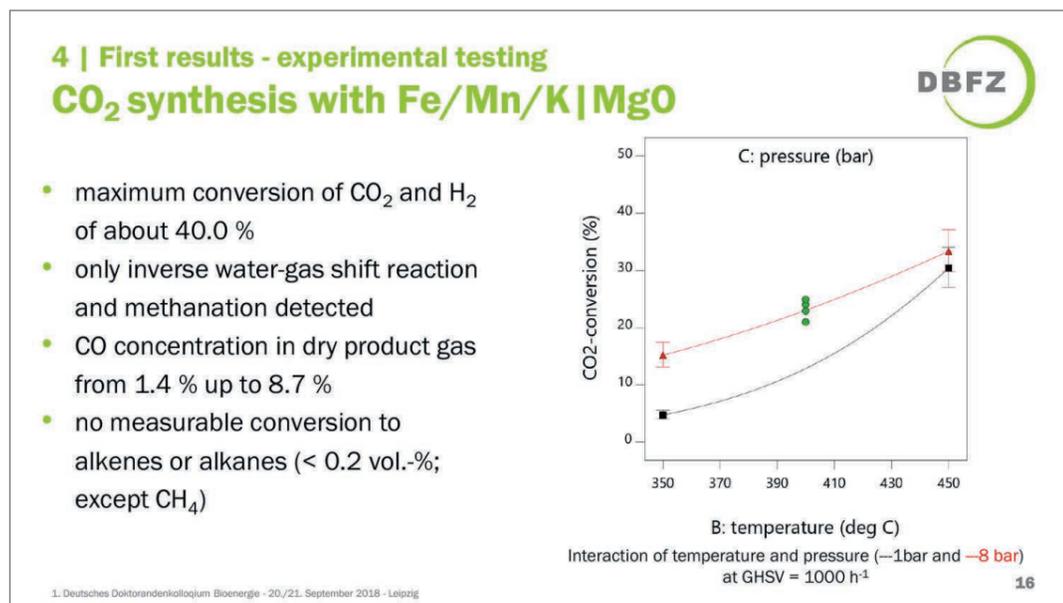
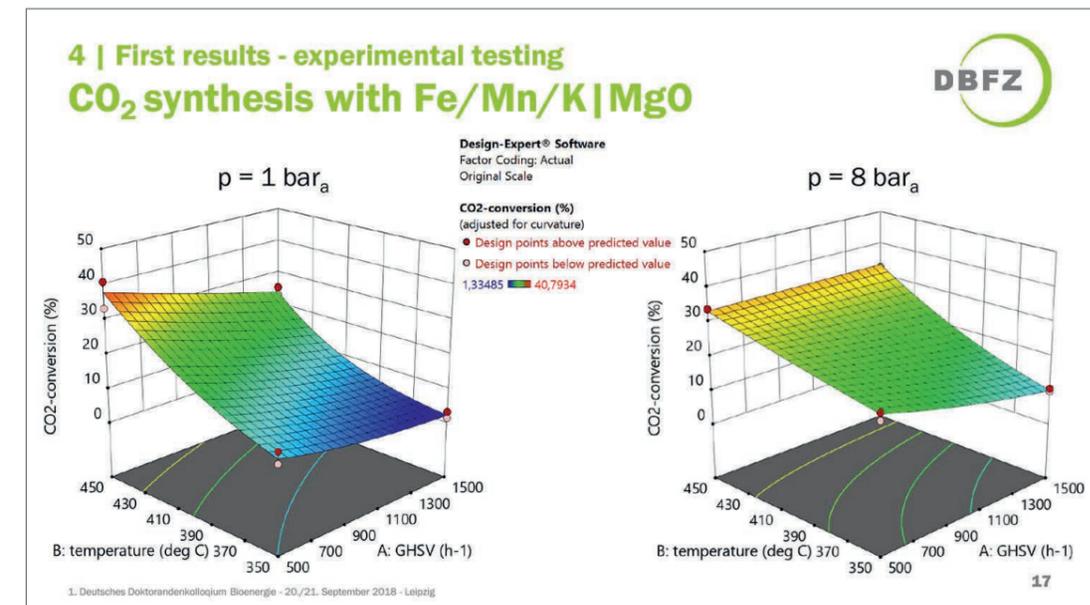
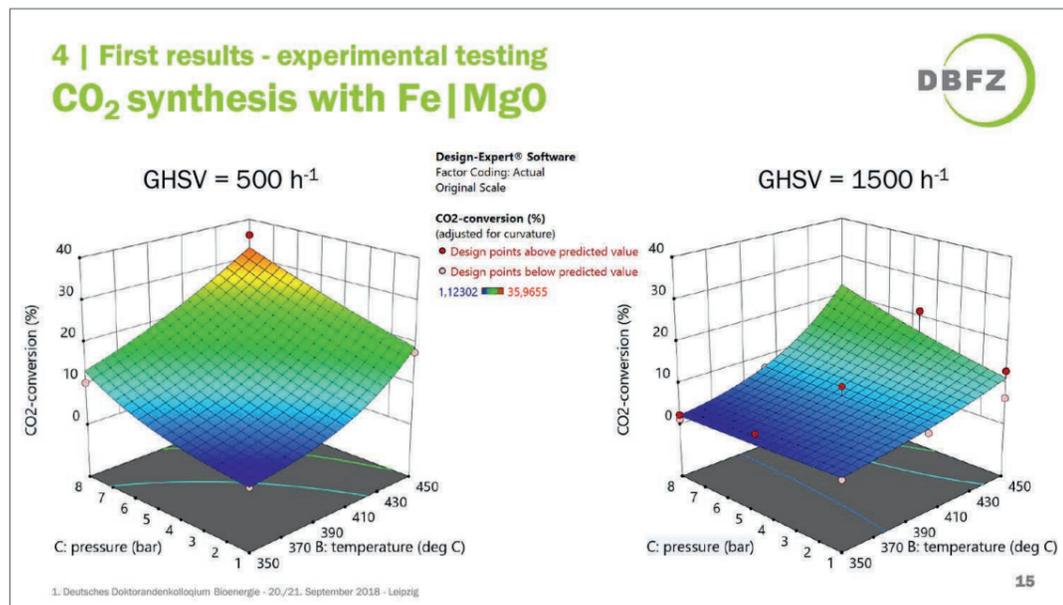
DBFZ

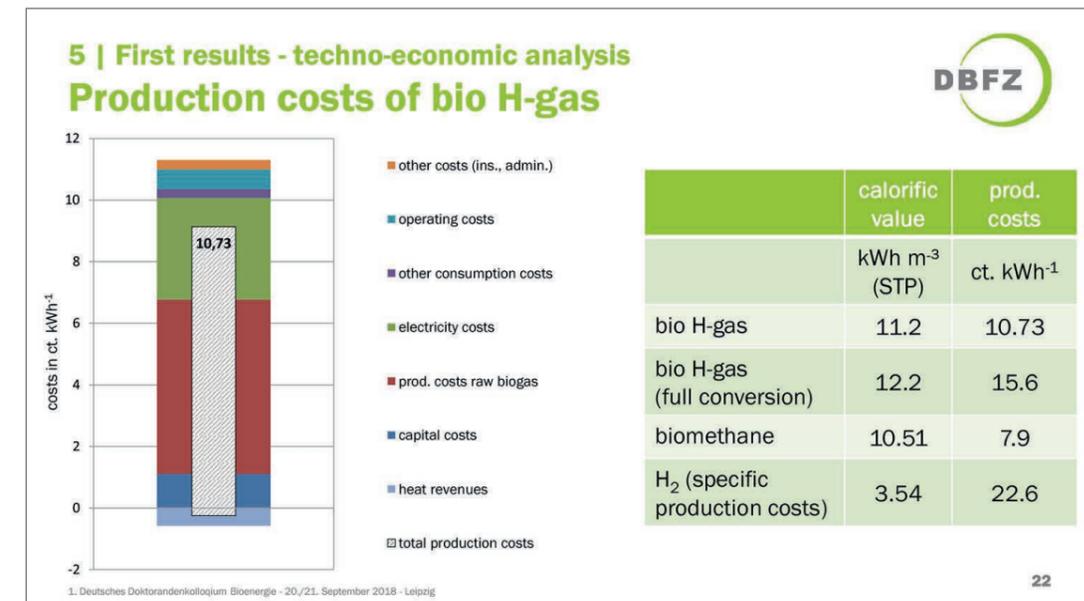
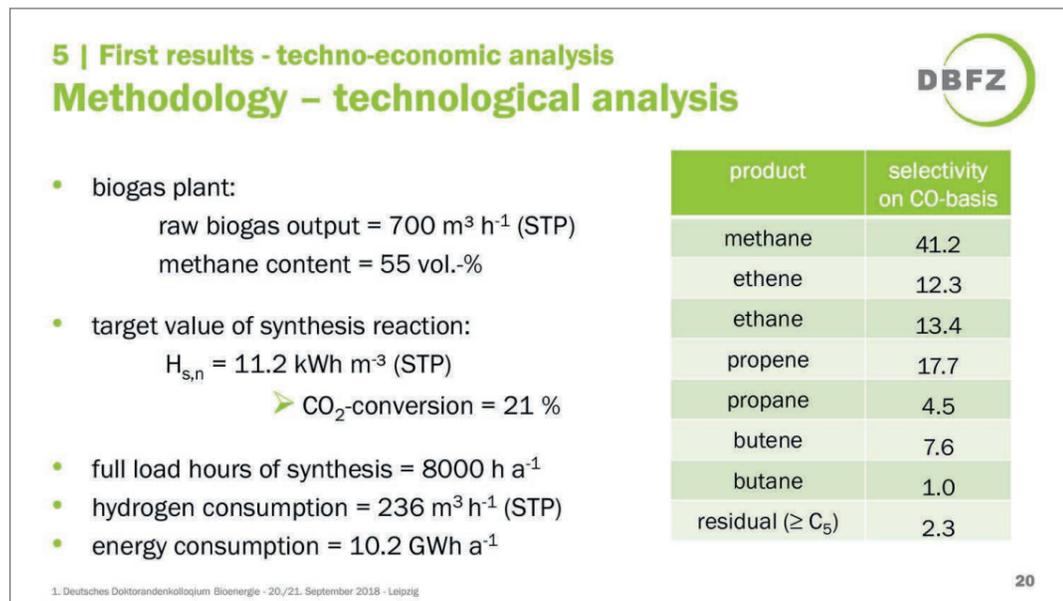
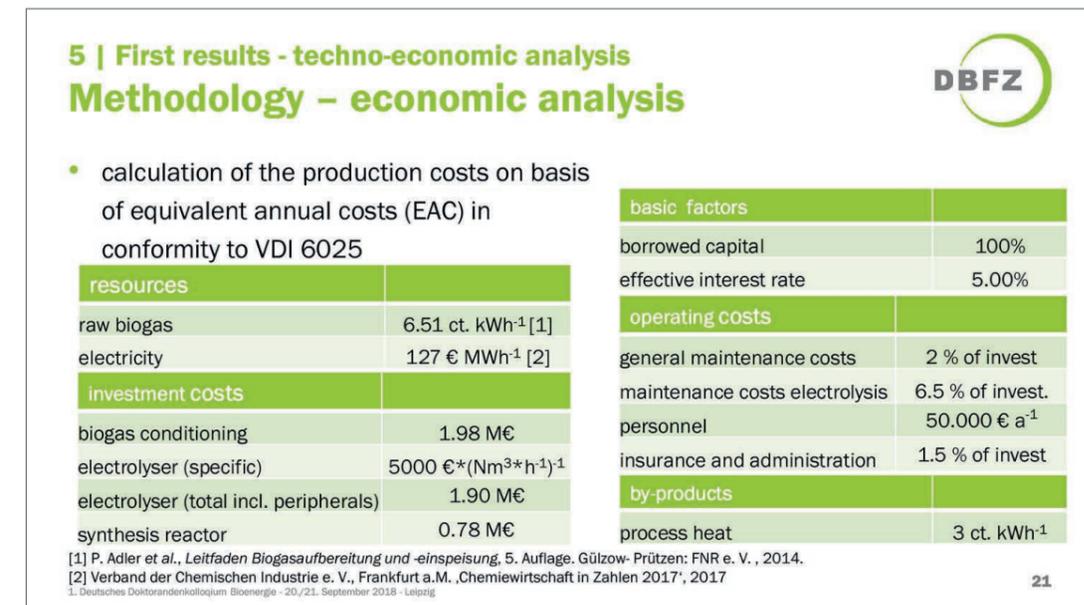
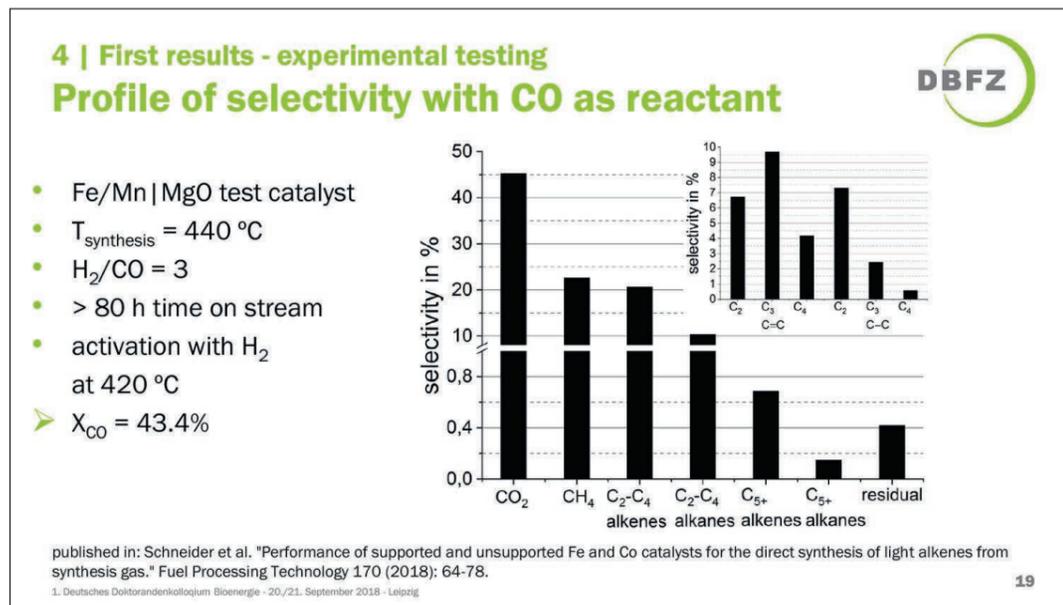
- maximum conversion of CO₂ and H₂ of about 36.0 %
- only inverse water-gas shift reaction and methanation detected
- CO concentration in dry product gas up to 8.3 %
- no measurable conversion to alkenes or alkanes (< 0.2 vol.-%; except CH₄)

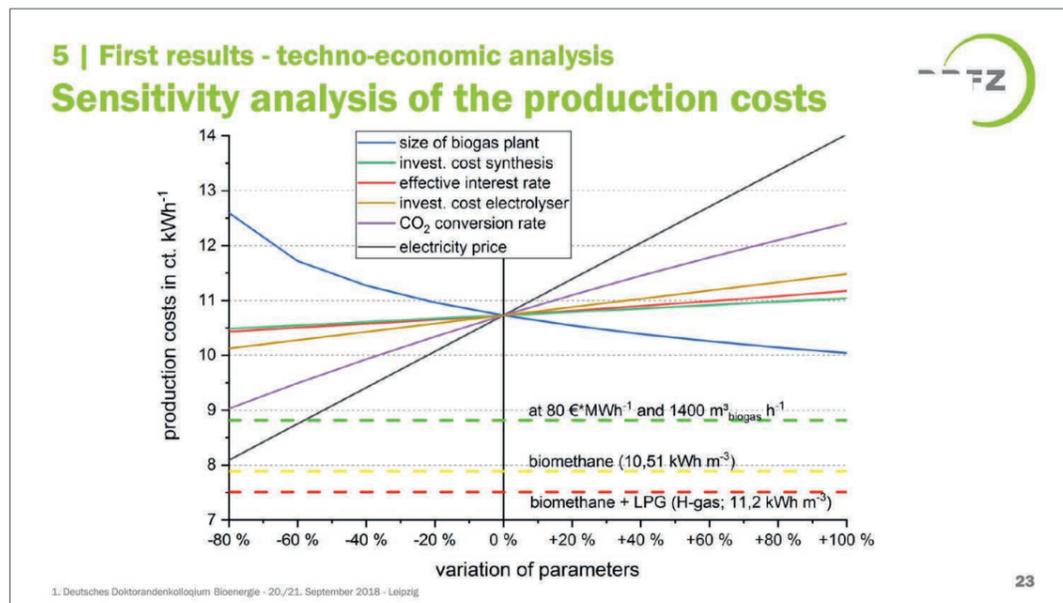


Interaction of temperature and pressure (—1bar, —8 bar) at GHSV = 1000 h⁻¹

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig 14







5 | First results - techno-economic analysis

Conclusion

- upgrading of biomethane under the chosen conditions not competitive compared to conventional biomethane
- specific production costs rise with increasing target calorific value
- biogas/H-gas plant becomes electrical power consumer rather than producer
- ❖ direct CO₂ emissions of biogas plants could be fully eliminated and converted into renewable fuel
- ❖ less expensive than hydrogen production by electrolysis (22.6 ct.*kWh⁻¹)
- ❖ no limitations when fed into the natural gas grid

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

24

6 | Summary and outlook

In a nutshell

- sufficient conversion rates and selectivities towards light hydrocarbons for synthesis of CO, but CO₂ conversion more challenging
- prior shifting of CO₂ to CO most likely inevitable
- bio H-gas not competitive with biomethane but extends chain of carbon usage from biomass
- unlike H₂, no limitations for grid injection

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

25

6 | Summary and outlook

What's next?

- combination of catalyst for inverse water-gas shift reaction with catalyst for synthesis of light hydrocarbons
- more detailed plant concept in Aspen Plus
- economical assessment of different options for gas separation
- analysis of greenhouse gas emission for different scenarios
- experimental testing with optically accessible reactor for thermal imaging camera
- CFD-simulation of synthesis reaction on basis of experimental results

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie - 20./21. September 2018 - Leipzig

26

Deutsches Biomasseforschungszentrum 
gemeinnützige GmbH

Smart Bioenergy – Innovations for a sustainable future

Contact
Dipl.-Ing. Sebastian Dietrich
Tel. +49 (0)341 2434 – 490
E-Mail: sebastian.dietrich@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

Fotos: DBFZ, Jan Gutsch, DREWAG/Peter Schubert (Teufels, rechts), Pixabay / CC0 Public Domain

Matthias Betz, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)/Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKTF)

Synthese von aromatenfreiem Benzin aus Ethanol

Matthias Betz, Ulrich Arnold, Prof. Dr. Jörg Sauer
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKTF)
 Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
 76344 Eggenstein-Leopoldshafen
 Tel.: +49 (0)721 608 233 97
 E-Mail: matthias.betz@kit.edu

Aufgrund der einfachen Konstruktion und des hohen Leistungsgewichtes werden, besonders im Profibereich, Kleinmotoren für den Antrieb von handgeführten Arbeits- und Gartengeräten eingesetzt. Bauartbedingt stoßen diese 2-Takt-Ottomotoren zum Teil unverbrannten Kraftstoff aus.

Werden aromatenhaltige Benzine als Kraftstoff eingesetzt, können die Motorabgase schädliche Komponenten enthalten, die leicht vom Anwender eingeatmet werden können. Durch die Verwendung aromatenfreier Benzine kann der Anteil an bedenklichen Stoffen im Abgas reduziert werden. Als Rohstoffe für diese Spezialkraftstoffe dienen fossile Ressourcen, eine Erzeugung aus alternativen Ressourcen ist aktuell nicht etabliert.

Ausgehend von fermentativ gewonnenem Ethanol wird ein mehrstufiger Prozess zur Synthese eines aromatenfreien Spezialkraftstoffes für Kleinmotoren untersucht. Im ersten Prozessschritt erfolgt die Umwandlung des Ethanols zu Ethylen unter Wasserabspaltung. Anschließend wird das gewonnene Ethylen in einer heterogen katalysierten Reaktion zu Olefinen mit einem höheren Molekulargewicht umgesetzt. Die Reaktionsprodukte im Siedebereich von Benzin werden nach vorheriger Abtrennung anschließend zu Paraffinen hydriert.

Die heterogen katalysierte Ethylen-Oligomerisierung ist der wichtigste Teilschritt in diesem Prozess und Hauptbestandteil der gegenwärtigen Arbeiten. Als Katalysatoren werden mit Nickel beladene Alumosilicate typischerweise bei Temperaturen von 80 bis 300 °C und Drücken bis zu 45 bar eingesetzt. Die vorliegenden Reaktionsbedingungen sowie die Beschaffenheit des Katalysatorsystems nehmen gro-

ßen Einfluss auf die Selektivität, insbesondere auf die Kettenlängenverteilung der gebildeten Olefine. Auch der Verzweigungsgrad und somit die Oktanzahl der Reaktionsprodukte kann beeinflusst werden. Ziel der Untersuchungen ist die Identifizierung geeigneter Betriebsbedingungen und Katalysatoren, um einen optimalen Spezialkraftstoff für Kleinmotoren zu erhalten. Um die Eignung der Benzine zu evaluieren, werden Versuche an Kleinmotorenprüfständen mit synthetisierten Kraftstoffmustern durchgeführt.



Synthese von aromatenfreiem Benzin aus Ethanol

Matthias Betz, Ulrich Arnold, Jörg Sauer

Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKTF)



KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft



www.kit.edu



Teil I Motivation

2 21.09.18 Matthias Betz

Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKTF)

Teil I: Motivation

Verwendung von Gerätebenzin

Finger, D., Schäffeler, U., Keller, M., Einsatzfelder und nutzen des Alkylatbenzins, INFRAS, Bern, 2008

3 21.09.18 Matthias Betz Institut für Katalysforschung und -technologie (IKFT)

Teil I: Motivation

	Fossil	
	Gerätebenzin	Normales Benzin
Paraffine	✓	✓
Olefine	✗	✓
Naphthene	✗	✓
Aromaten	✗	✓
Oxygenate	✗	✓

✓ zugelassen/enthalten
 ✗ verboten/nicht enthalten

DIN EN 228
 Keil, F. J.: Methanol-to-hydrocarbons: process technology. Microporous and Mesoporous Materials, 29 (1999) 49-66

4 21.09.18 Matthias Betz Institut für Katalysforschung und -technologie (IKFT)

Teil II

Aromatenfreies Benzin aus Ethanol

5 21.09.18 Matthias Betz Institut für Katalysforschung und -technologie (IKFT)

Teil II: Aromatenfreies Benzin aus Ethanol

Oligomerisierung von Olefinen

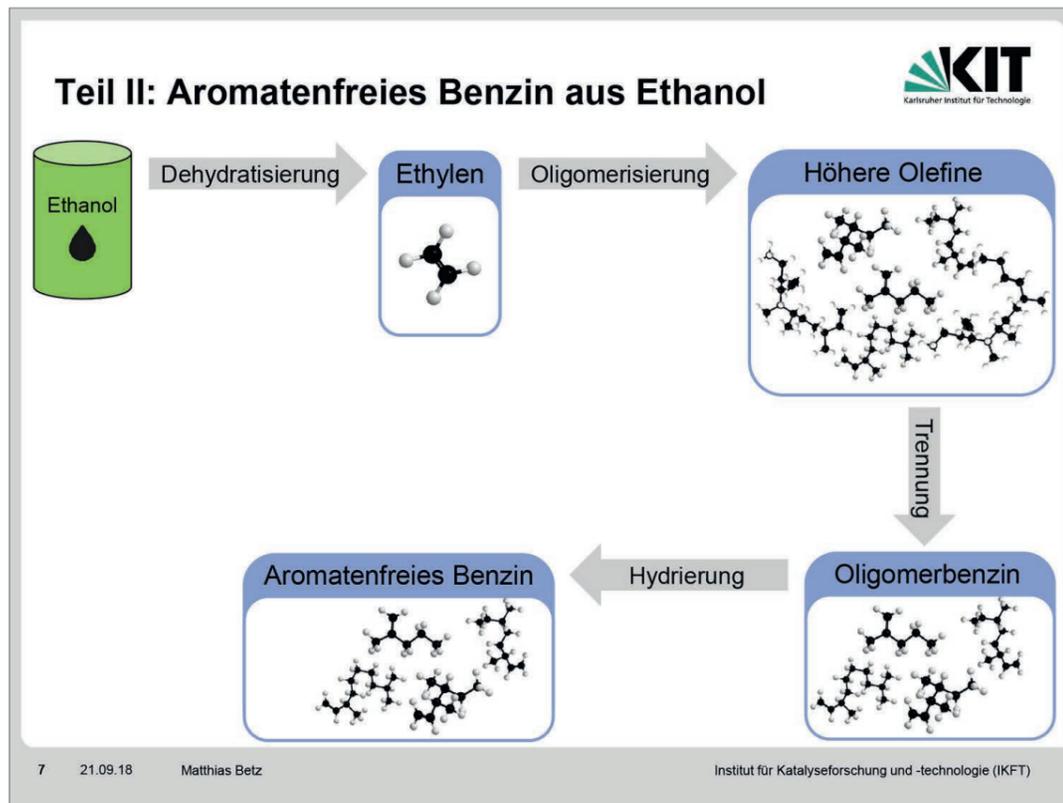
- 1930 UOP Catpoly, Polymerbenzin: Oligomerisierung von Olefingemischen
- Etabliertes Verfahren

Product quality	Olefin feedstock	
	C ₃ -C ₄	C ₄
Density:		
°API	60.0	60.2
Specific gravity	0.739	0.738
RONC	95.5	99.0
MONC	82	83
(R + M)/2	88.8	91
RVP, lb/in ²	2	2
ASTM distillation, °C (°F):		
10 LV %	100 (212)	100 (212)
50 LV %	125 (257)	120 (248)
90 LV %	190 (374)	180 (356)

Note: °API = degrees on American Petroleum Institute Scale; RONC or R = research octane number, clear; MONC or M = motor octane number, clear; RVP = Reid vapor pressure; ASTM = American Society for Testing and Materials.

York, D., Scheckler, J. C., Tajbl, D. G., UOP Catalytic Condensation Process For Transportation Fuels, in: R.A. Meyers (Ed.) Handbook of Petroleum Refining Processes McGraw-Hill, 1997

6 21.09.18 Matthias Betz Institut für Katalysforschung und -technologie (IKFT)



Teil II: Aromatenfreies Benzin aus Ethanol

- Auswirkungen auf Materialien sind bekannt
- Ähnlicher Energiegehalt, Viskosität, Dichte...
- Transport und Lagerung wie bei gewöhnlichem Tankstellenbenzin
- Enthält iso- und n-Paraffine
 - Oktanzahl (OZ) des Kraftstoffs?
 - CC(C)CC(C)CC(C)C OZ_{iso-Oktan} = 100
 - CCCCCCC OZ_{n-Heptan} = 0

Verhältnis von iso-/n-Paraffinen beeinflussbar?
Geeignet für Kleinmotoren?

8 21.09.18 Matthias Betz Institut für Katalysforschung und -technologie (IKFT)

Teil III Heterogene Ethylen-Oligomerisierung

9 21.09.18 Matthias Betz Institut für Katalysforschung und -technologie (IKFT)

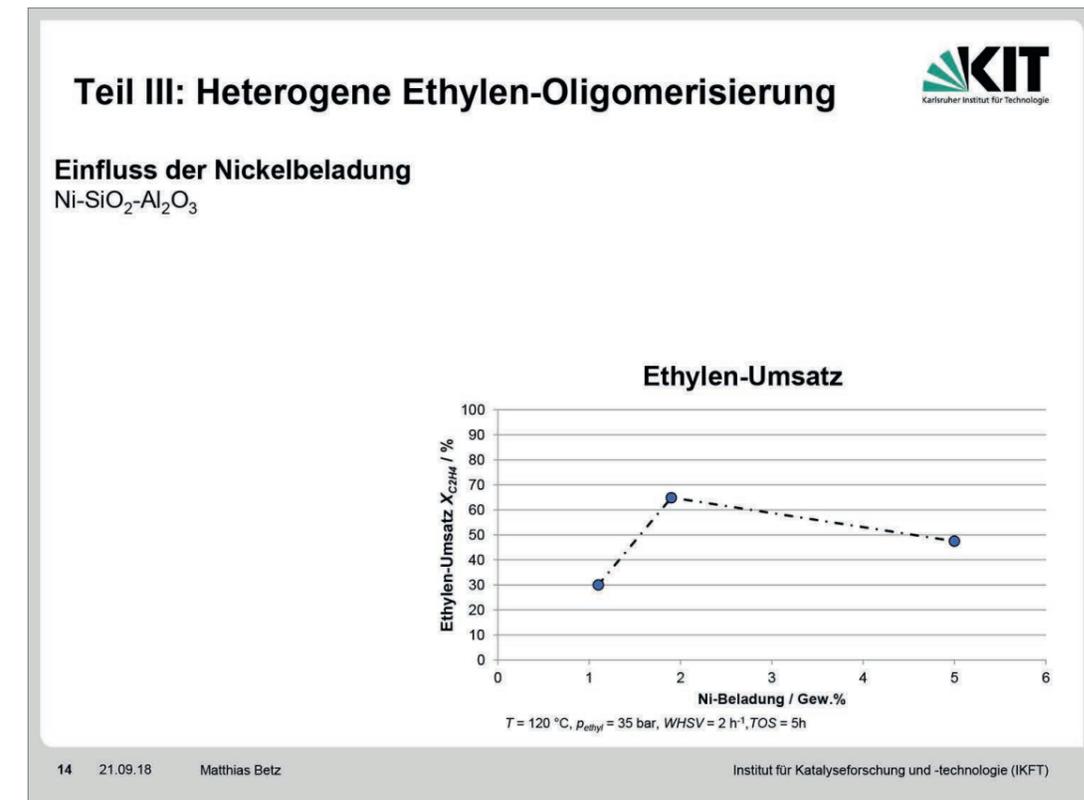
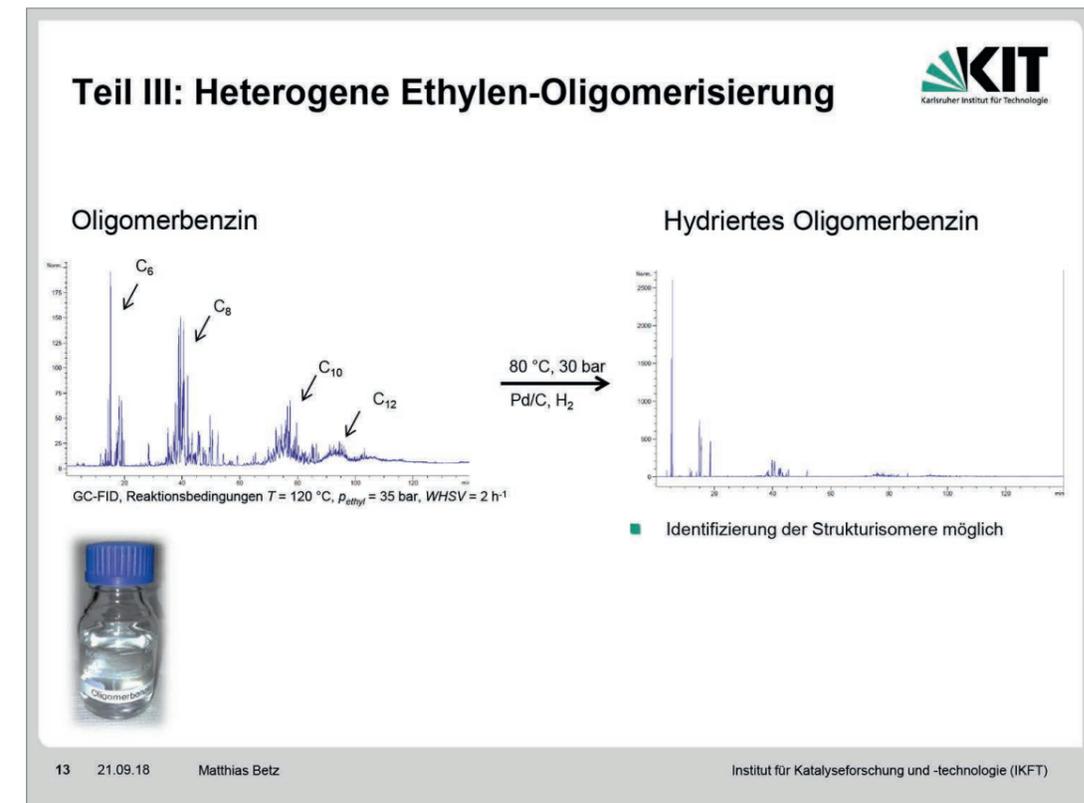
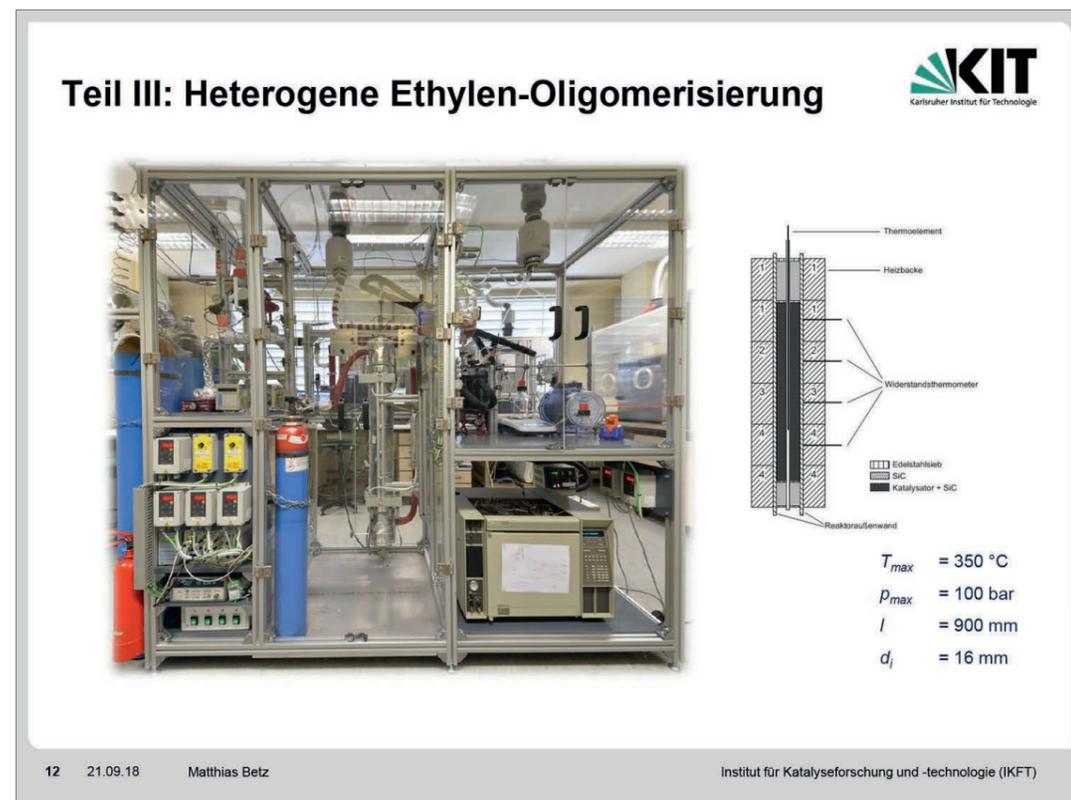
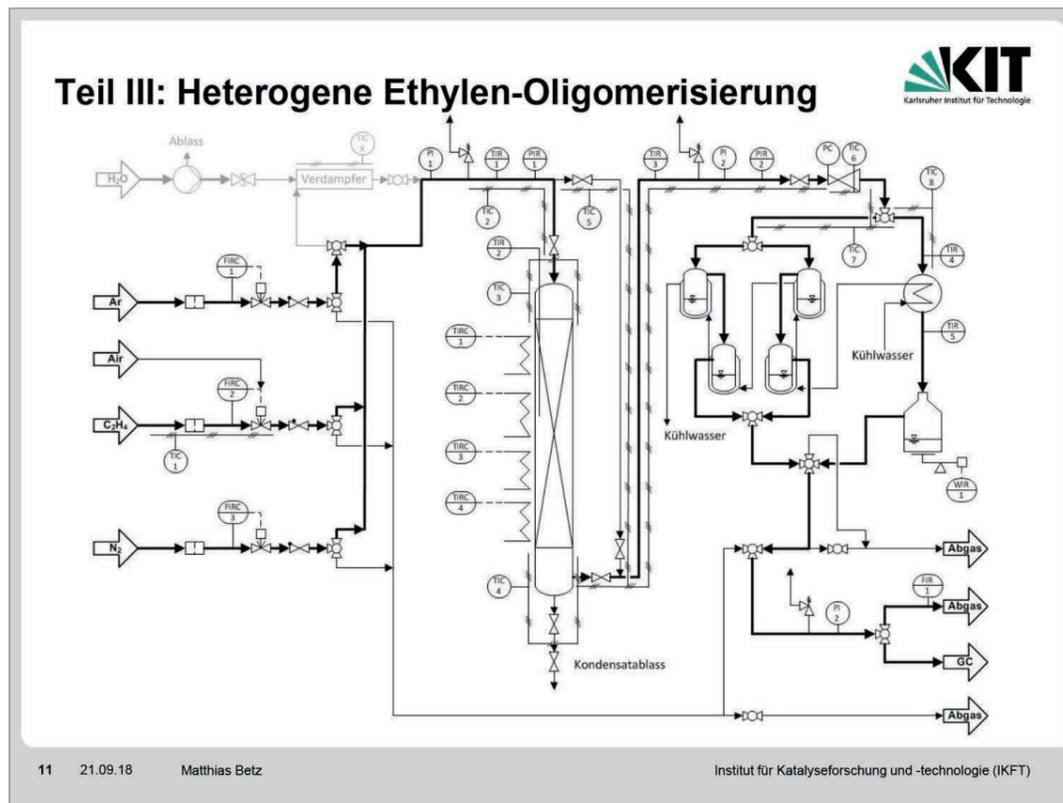
Teil III: Heterogene Ethylen-Oligomerisierung

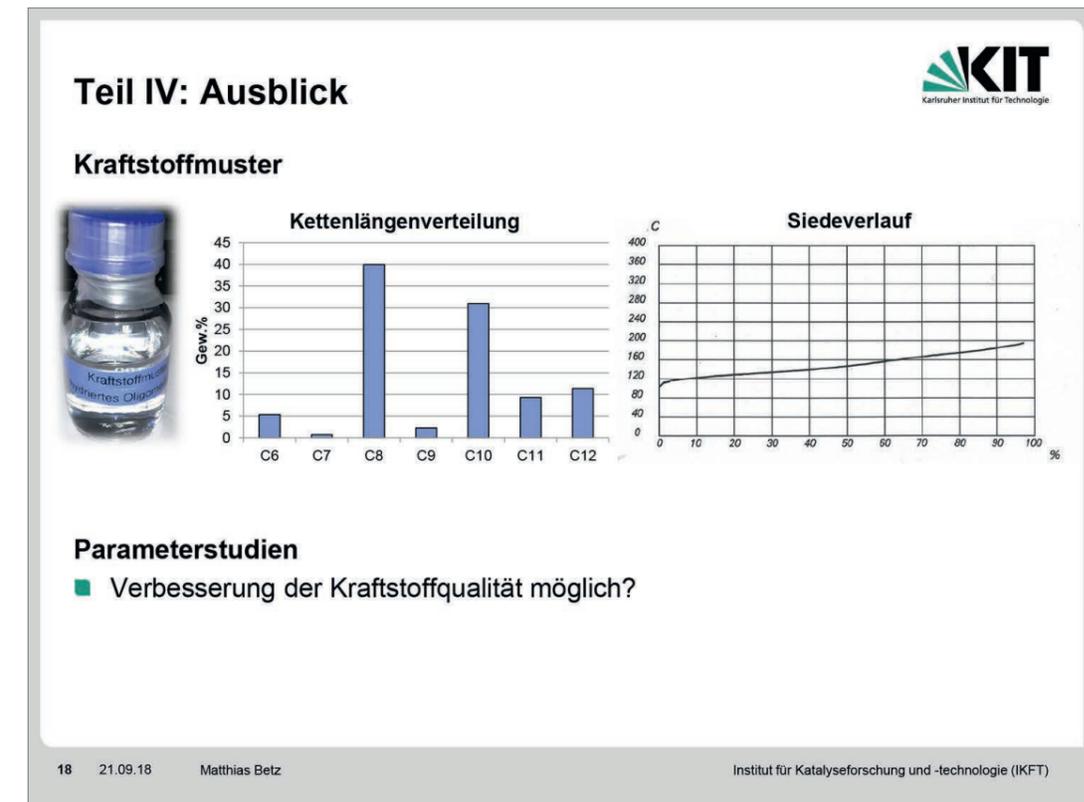
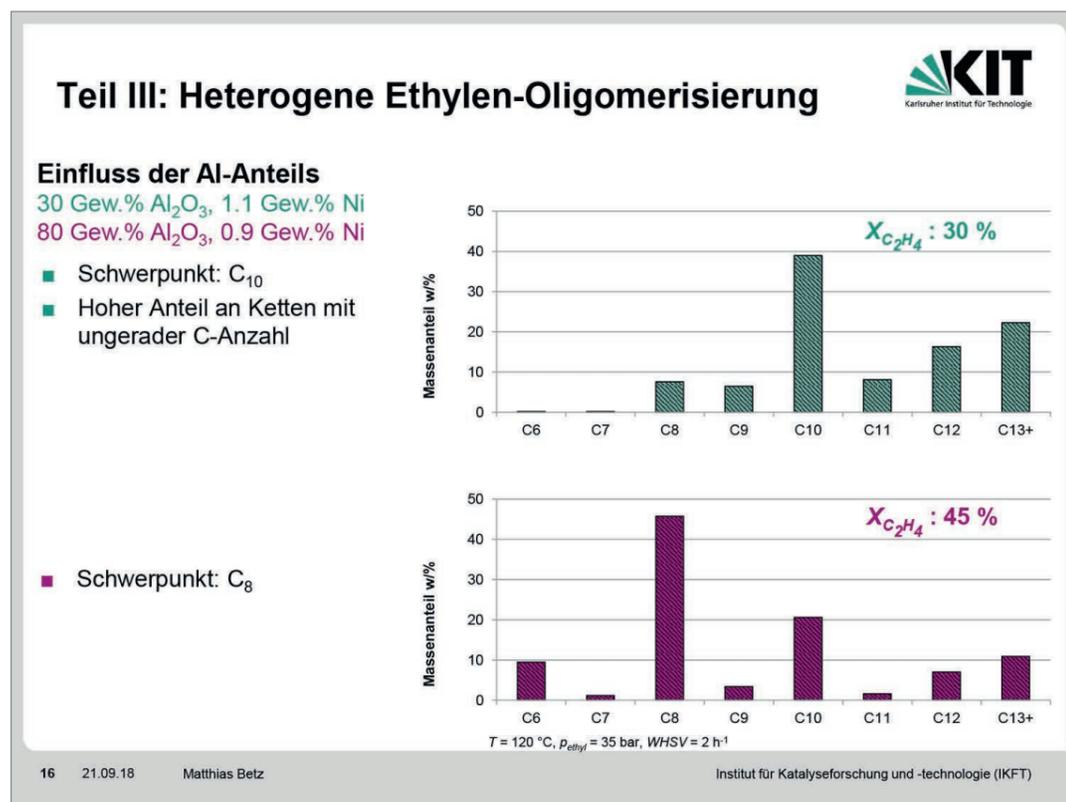
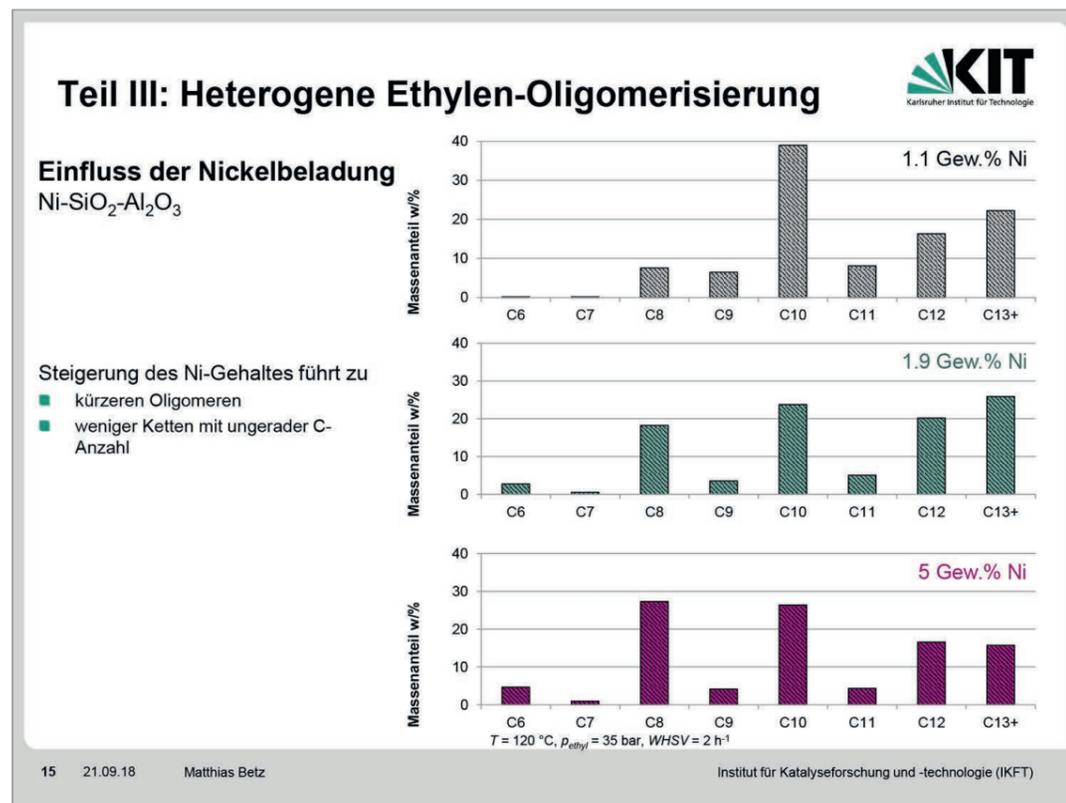
Reaction conditions:

$$\text{=CH}_2 \xrightarrow[\text{Ni-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3]{\begin{matrix} T: 80 - 300 \text{ }^\circ\text{C} \\ p: 1 - 45 \text{ bar} \\ WHSV: 1 - 10 \text{ h}^{-1} \end{matrix}} \text{C}_n\text{H}_{2n}$$

Chromatogramm der flüssigen Reaktionsprodukte $T = 120 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_{\text{ethyl}} = 35 \text{ bar}$, $WHSV = 2 \text{ h}^{-1}$

10 21.09.18 Matthias Betz Institut für Katalysforschung und -technologie (IKFT)







Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



GFNR
Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe e.V.

FKZ: 22020214

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Fragen?

www.ikft.kit.edu

19 21.09.18 Matthias Betz Institut für Katalyseforschung und -technologie (IKFT)

Pablo J. Arauzo Gimeno, University Hohenheim

Hydrochars obtained from hydrothermal carbonization of two steps brewer's spent grains

Pablo J. Arauzo Gimeno, M. P.Olszweski, L.Du, M.F. Meza Zavala, A. Kruse
University Hohenheim
Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart
E-Mail: pabloj.arauzo@uni-hohenheim.de

Energy production is currently one of the most important topics because the non-renewable resources are being depleting, it is necessary to find out other possibilities to supply this energy demand. According to previous studies [1], biomass is a source of renewable energy mainly focused into lignocellulosic materials. On the other hand, it is necessary to avoid the competition with food production (i.e. third generation biofuels), because on the same way that energy demand is increasing, food demand too. Therefore, a better exploitation of the biomass' feedstock could support both requests. Beer production is one of the main industrial activities in Germany and brewer's spent grains (BSG) is one of by-products that could be used as feedstock for this energy and food call. Nowadays, BSG is mainly used for feeding animals due to the protein content (15-24 %) [2], which can be extracted to increase protein content into human diet. Lignocellulosic composition can be used as alternative raw material to produce energy for the brewery itself, soil amendment with simultaneous CO₂ capture through biochar, and even activated carbon. There are several technologies to treat this biomass to produce energy from biomass (e.g. thermochemical, physical, biological); due to the high moisture content into BSG, around 80% hydrothermal carbonization (HTC) is a promising technology for the conversion of wet biomass into carbonaceous material, which is called hydrochar to distinguish from other carbonaceous materials, such as biochar and coal. The chemical reactions involved during HTC process are complex to study, because there are hydrolysis, dehydration, decarboxylation, aromatization and recondensation reactions.

[3] According to [4], previous studies, reactions are divided on two major sets. First one is the conversion solid-solid reactions and the second one con-

siders the set of reactions involved on the conversion of the aqueous dispersion compounds. As a result of HTC process, it is obtained a solid (hydrochars), it is also produced liquids (biooils), and gas phase (mainly carbon dioxide). As is mentioned in previous paragraph, BSG has a high protein content, therefore is necessary to study the effect into hydrochars. Therefore, it was studied raw BSG at temperature (180 °C, 200 °C, and 220 °C), during two reaction's times (2 and 4h), autogenous pressure, and two moisture contents (80 and 90%). Afterwards, it was studied on detail the HTC process with original biomass, protein extracted biomass, and protein extracted biomass with acid addition. These detailed experiments were carried out at two temperatures (190 and 220 °C) and four reaction durations (0.5, 1, 2, and 4h). Hydrochars composition (elemental analysis and heating values) are compared with raw feedstock. Product yields at different conditions are compared between themselves to show a global overview of the process. Despite of the high heating values (29.000 MJ/kg) of hydrochars and the conversion rate (50-68%) from feedstock to hydrochars have similar values; however, product yields (solid, liquid, and gas) depend on the initial moisture content and operating conditions. As it expected, at higher temperature (220 °C) and residence time (4h), hydrochars have higher fuel ratio 0.490 (fixed carbon/volatile matter) and lowest O/C (0.250) and H/C (0.124) ratios. Consequently, according to the results from this study mentioned previously, at similar operating conditions, moisture content is not a decisive factor on hydrochars production; however, the internal structure is affected due to the pressure achieved with time on the discontinuous reactor. The liquid obtained from the HTC is homogeneous water phase with a solid suspension.

Systemanalyse Bioenergie

Ulises Flores, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios

Ulises Flores, Dirk Jaeger, Jorge Islas
Albert-Ludwigs-University Freiburg
Werthmannstr. 6
79085 Freiburg im Breisgau
Tel.: +49 (0)61203 3789
E-Mail: Ulises.Flores@foresteng-uni-freiburg.de

Bioenergy in Mexico offers a great potential as a transition strategy for introducing new energy supply chains. However, studies which focus on wood supply chains for bioenergy generation at a national level are scarce. Hence, this research presents a model for predicting short-term availability of woody biomass for energetic use according to two scenarios. Scenario A exhibits business as usual conditions. In scenario B, the availability of forest woody biomass is improved by an increment in the areas of sustainably managed forest. Using a) numerical modeling, b) Holt-Winters exponential smoothing and c) regression analyses the theoretical, technical and economic potentials of forest woody biomass availability for energetic use were assessed.

Sustainability constraints and challenges such as soil degradation, terrain slope and mechanization level were considered. A regional case study was carried out, focusing on three species with the highest utilization rates (Pinus, Quercus and Abies). Setting the base at the year 2013, a forecast analysis for the year 2023 was performed. Results in scenario A pointed out that the technical availability of forest woody biomass for energetic use decreased over time, while imports had an increasing tendency. Under scenario B, for year 2023 a technical potential of 60.22 PJ was calculated, meaning an achievement of the goals set by the National Forestry Council regarding hectares under sustainable utilization. Furthermore, a net future value analysis was carried out to account the economic output during the forecasted period. Where comprehensive data is not available, the developed model is especially useful for predicting potentially available woody biomass for energy use. The implications of the study inclu-

de the design of sustainable development programs for bioenergy generation that eases decision-making processes regarding diversification of by-products, policy guidelines and supply chain management for the forestry and energy sectors. When robust data is limited, the developed model adds innovation by allowing simulating outputs concerning forest woody biomass production, hectares under sustainable forest utilization, round-wood imports, energy generation and economic flows of utilization.

Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios

U. Flores¹, D. Jaeger², J. Samperio³

¹Chair of Forest Operations | University of Freiburg

²Department of Forest Work Science and Engineering | University of Göttingen

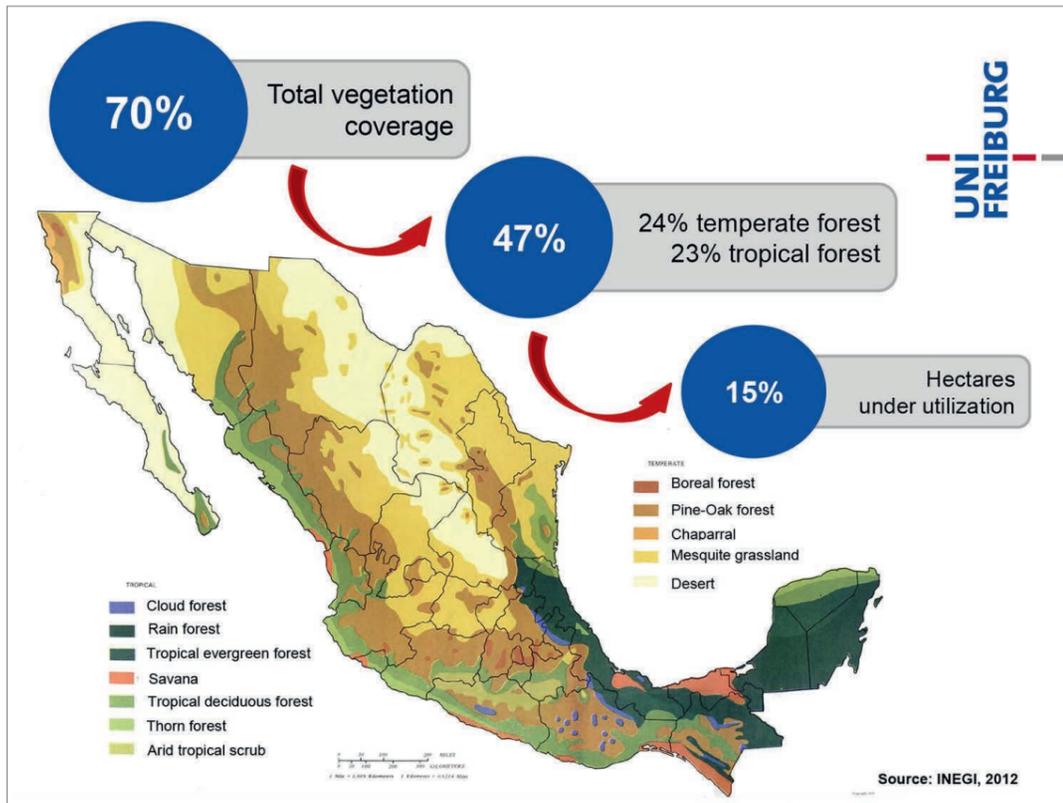
³Instituto de Energías Renovables | Universidad Nacional Autónoma de México

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

UNI
FREIBURG

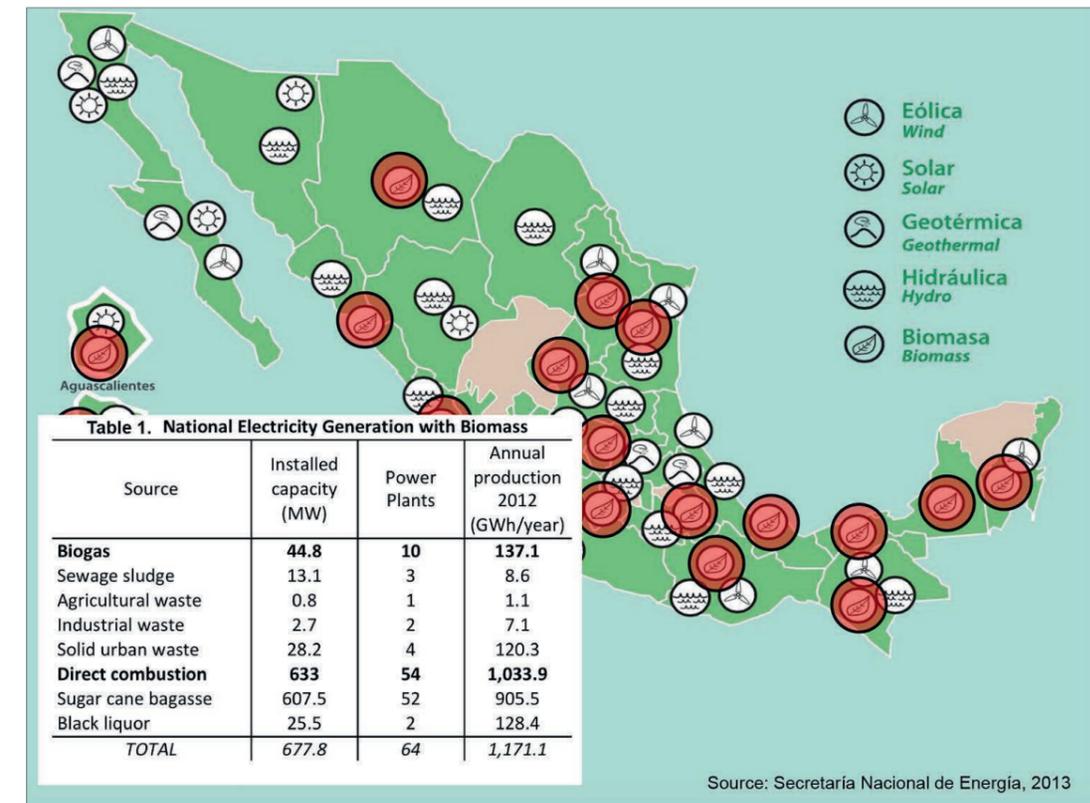
Outline

- Forest utilization and energy supply in Mexico
- Numerical modeling for assessing forest woody biomass availability
- Is there potential availability for energy transformation from woody biomass in Mexico?
- A look into the future: Scenario analysis
- What is next?



- Forest yield: 8 m³/ha/year
- Harvesting volume:
 - 10-15 m³/ha
 - 50-60 m³/ha (Torres, 2004)

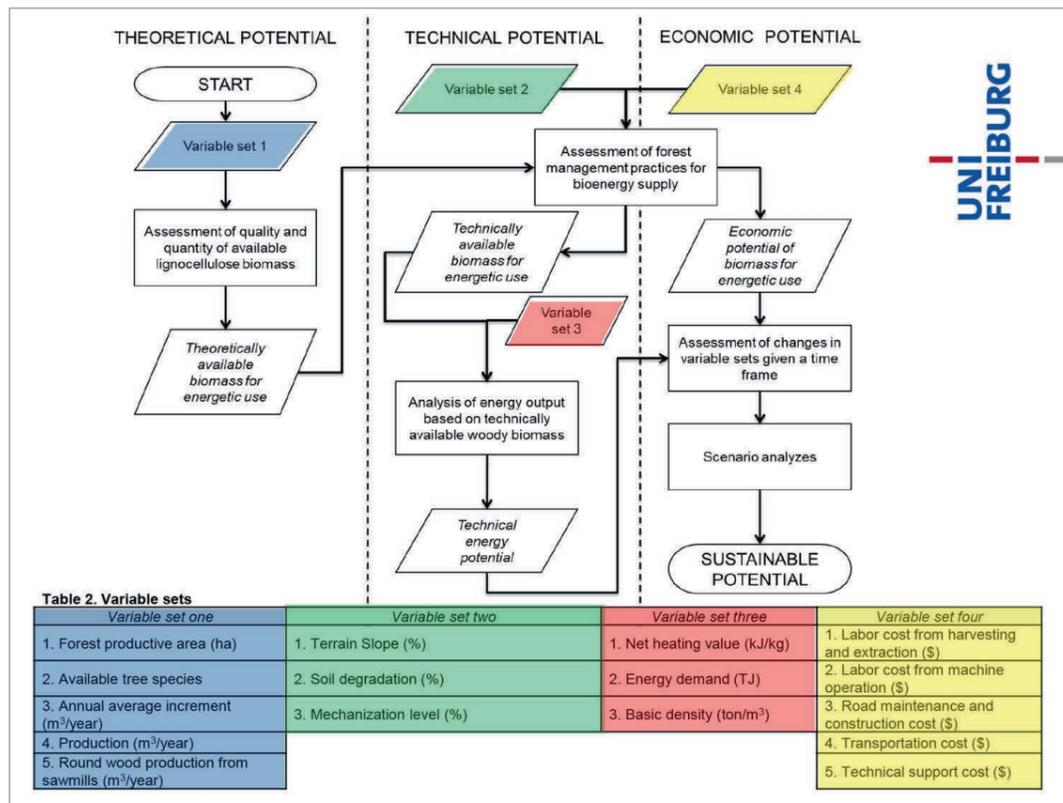
- Insufficient and inadequate equipment
- The level of mechanization is very low and rudimentary
- Harvesting process is manual consisting of chainsaws



Numerical modeling for assessing forest woody biomass availability

- Theoretical:** Theoretically available biomass for energetic use (m³ and ton).
- Technical:** Technically available biomass for energetic use (m³ and ton) and technical energy potential (PJ).
- Economic:** Economic potential of biomass for energetic use (\$/m³).

31.08.2018 Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios 6



Numerical modeling for assessing forest woody biomass availability

Regional case study:

- North: Durango and Chihuahua
- Central-south: Michoacán, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Chiapas, Guerrero, Jalisco and State of Mexico

Numerical modeling for assessing forest woody biomass availability

- Numerical modeling is carried out estimating biomass availability according to sustainability constraints.
 - Slope percentage:** It constraints biomass availability according to forested areas up to 35% slope.
 - Soil degradation:** Physical and chemical soil degradation represented by compaction and fertility of soil were assessed.
 - Mechanization level:** It covered a productivity assessment of harvesting operations given equipment, slope percentage at felling site and diameter at breast height (DBH) of the stand to be felled.

Is there potential availability for energy transformation from woody biomass in Mexico?

1) A spatial approach is carried out with i as the analyzed specie out of a n number of species in a j region

Table 3. Theoretical available woody biomass from harvesting residues

j	$n=3$		
	Pine	Oak	Fir
North	590,570	117,273	0
Durango			
Chihuahua			
Central-south	379,324	85,855	36,036
Michoacan			
Oaxaca			
Puebla			
Veracruz			
Chiapas			
Guerrero			
Jalisco			
State of Mexico			
Total	969,894	203,128	36,036

Is there potential availability for energy transformation from woody biomass in Mexico?

- 1) A spatial approach is carried out with i as the analyzed species out of a n number of species in a j region
- 2) Equations to account the availability of woody biomass as well as extraction limits equations are developed

$$H = \sum_{i=1}^n \frac{P_{ij}}{(1 - C_i)} * C_i \quad (\text{eq. 1.1})$$

$$NE = \sum_{i=1}^n [(H_{ij} + P_{ij}) * Cne_i] * C_i \quad (\text{eq. 1.2})$$

$$Sm = \sum_{i=1}^n \left[\frac{P_{ij}}{T_i} * Sw_i \right] * Cs_i \quad (\text{eq. 1.3})$$

$$D_{Slight} = \sum_{i=1}^n \frac{Fa_i}{Ts_i} (S_i) \quad (\text{eq. 1.4})$$

$$D_{Moderate} = \sum_{i=1}^n \frac{Fa_i}{Ts_i} (M_i) \quad (\text{eq. 1.5})$$

$$D_{Severe} = \sum_{i=1}^n \frac{Fa_i}{Ts_i} (Se_i) \quad (\text{eq. 1.6})$$

$$D_{tot} = \sum_{i=1}^n \frac{Fa_i}{Ts_i} (S_i + M_i + Se_i) \quad (\text{eq. 1.7})$$

31.08.2018

Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios

11

Is there potential availability for energy transformation from woody biomass in Mexico?

- 1) A spatial approach is carried out with i as the analyzed species out of a n number of species in a j region
- 2) Equations to account the availability of woody biomass as well as extraction limits equations are developed
- 3) GIS spatial analysis are used to analyze terrain conditions in order to calculate sustainability constraints
- 4) Monte Carlo simulations are developed to estimate production cost from utilization and transportation

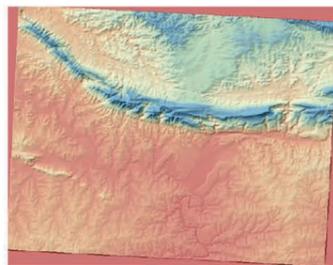
31.08.2018

Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios

13

Is there potential availability for energy transformation from woody biomass in Mexico?

- 1) A spatial approach is carried out with i as the analyzed species out of a n number of species in a j region
- 2) Equations to account the availability of woody biomass as well as extraction limits equations are developed
- 3) GIS spatial analysis are used to analyze terrain conditions in order to calculate sustainability constraints



Source: qgis.org, 2015

31.08.2018

Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios

12

Is there potential availability for energy transformation from woody biomass in Mexico?

- 1) A spatial approach is carried out with i as the analyzed species out of a n number of species in a j region
- 2) Equations to account the availability of woody biomass as well as extraction limits equations are developed
- 3) GIS spatial analysis are used to analyze terrain conditions in order to calculate sustainability constraints
- 4) Monte Carlo simulations are developed to estimate production cost from utilization and transportation
- 5) A biomass energy flow chart is presented for tracing biomass production involving source and end use

31.08.2018

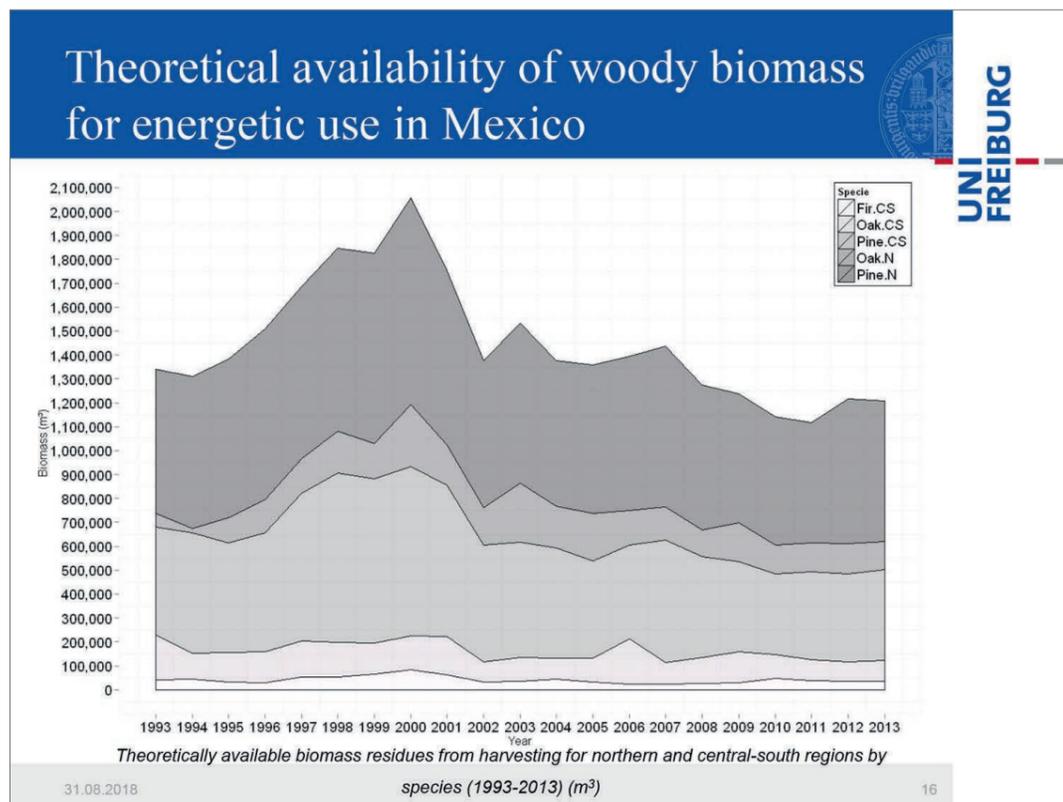
Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios

14

Is there potential availability for energy transformation from woody biomass in Mexico?

Availability and appropriateness of lignocellulose biomass	Forest management for bioenergy supply	Energy output	
Scenario analysis			Research modules
Pine, oak and fir			Potentials
Theoretical biomass for energetic use (kg)	Technical biomass for energetic use (kg)	Technical energy potential (PJ)	Outcomes
Harvesting residues, non-extracted stands residues and sawmill residues			Analyzed species
			Analyzed sources

31.08.2018 Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios 15



Technical availability of woody biomass for energetic use in Mexico

	Pine	Oak	Fir	Total
North	10.29	1.56	-	11.85
Central-south	6.61	1.14	0.49	8.25
Sawmill imports				25.86
TOTAL	16.90	2.70	0.49	45.96

- Increment of 12% in the bioenergy mix
- 35.1 million of households could satisfy energy needs

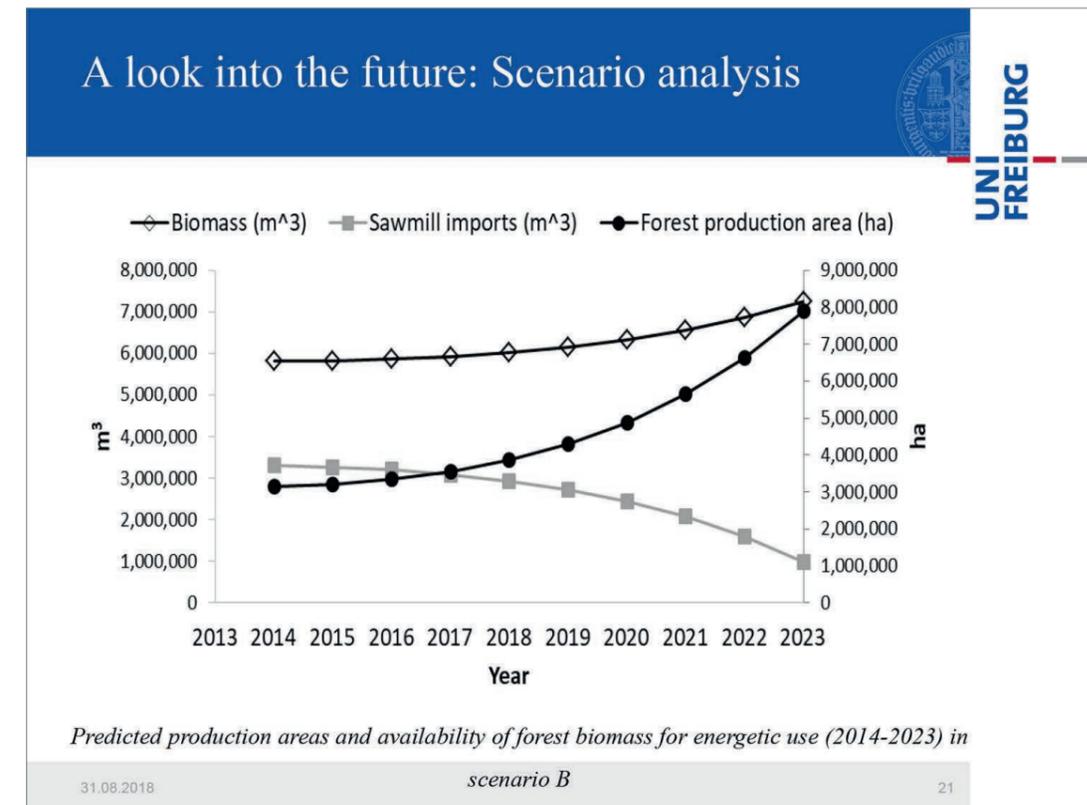
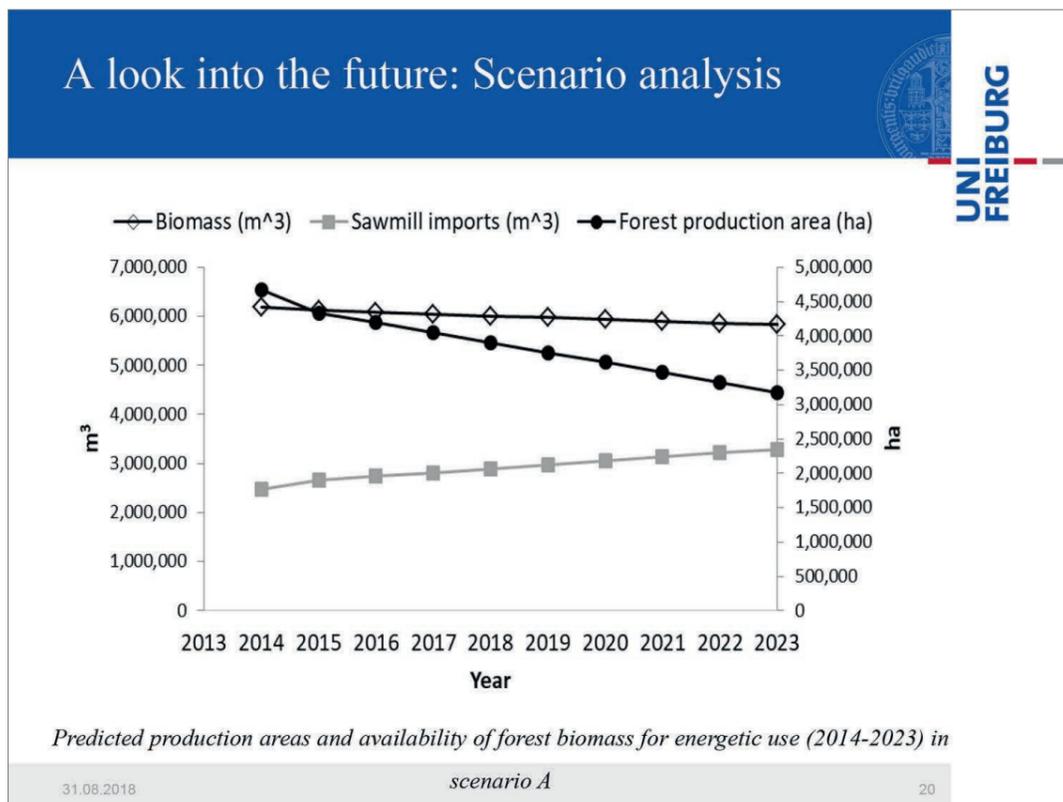
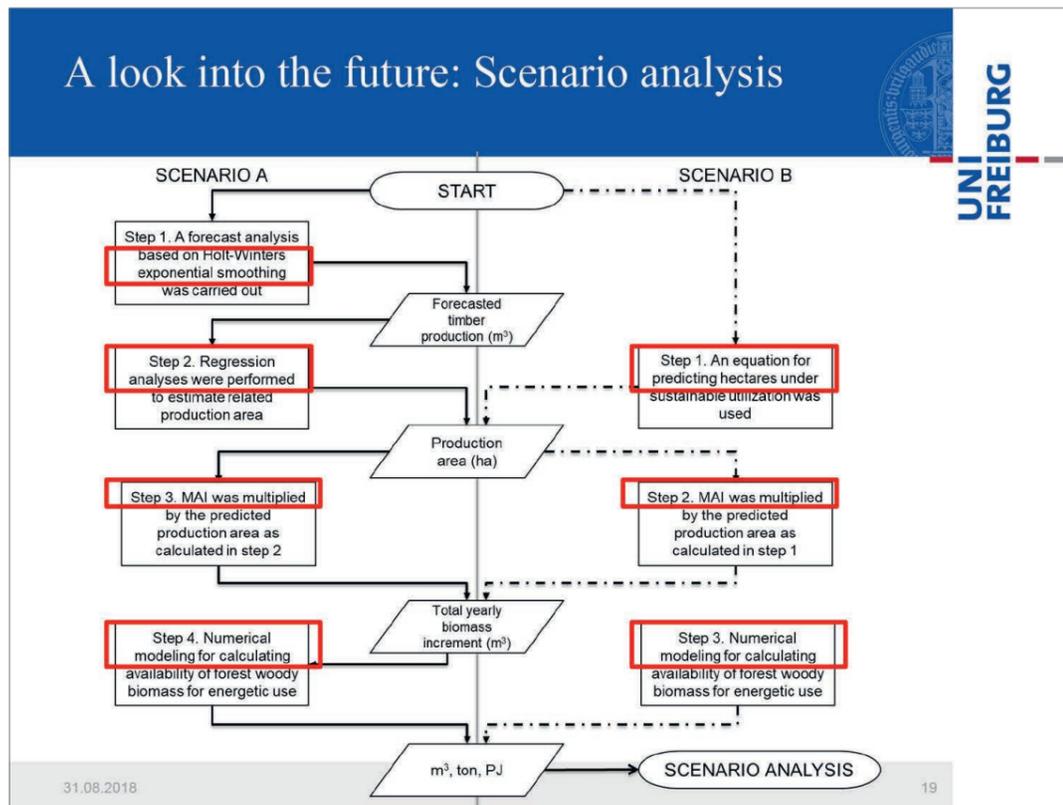
31.08.2018 Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios 17

A look into the future: Scenario analysis

- **Scenario A:** Business as usual (BAU)
- **Scenario B:** Considered an increment of hectares under management, meaning a variation on the availability of woody biomass for energetic use

Image: researchhubs.com

31.08.2018 Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios 18



- ### Conclusions
- For the status quo: **45.96 PJ**
 - Increment of **12%** in the bioenergy mix
 - 35.1 million of households could satisfy energy needs
 - Scenario A: availability of forest woody biomass for energetic use decreased over time
 - Imports had an increasing tendency
 - Shift of utilized species for timber production
 - Scenario B: **60.22 PJ** and 7.90 million ha under sustainable forest utilization by 2023
 - Achievement of the goals set by the National Forestry Council regarding hectares under sustainable utilization
- 31.08.2018 Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios 22

Conclusions

- Modeling has repercussions on decision making regarding forestry and bioenergy supply chains
- Improved techniques for forest operations could positively impact extraction limits
- **What is next?**
- Modeling cable yarding techniques, for instance, could result in additional potential
- Increase of plantations within a time frame and different species, are to be addressed using the proposed methodology

31.08.2018

Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios

23

Thank you

Ulises Flores

Chair of Forest Operations
Albert-Ludwigs Universität Freiburg

ulises.flores@foresteng.uni-freiburg.de

31.08.2018

Modeling forest woody biomass availability for energy use based on short-term forecasting scenarios

24

Eckart Petig, Universität Hohenheim

Effekte von regionalem landwirtschaftlichen Biomasseangebot auf die Standortwahl von Bioraffinerien in Baden-Württemberg

Eckart Petig, Dr. Elisabeth Angenendt, Prof. Dr. Enno Bahrs, Andreas Rudi, Prof. Dr. Frank Schultmann
 Universität Hohenheim
 Schwerzstraße 44
 70599 Stuttgart
 Tel.: +49 (0)711 459 225 70
 E-Mail: eckart.petig@uni-hohenheim.de

Das globale Wirtschaftssystem hängt in großem Maße von endlichen Ressourcen ab. Derweil führen das globale Bevölkerungswachstum und zusätzlich die Entwicklung der globalen Mittelschicht zu einer Ausweitung der Nachfrage nach fossilen Ressourcen. Neben der Endlichkeit der fossilen Ressourcen geht die Nutzung auch mit vielfältigen negativen Umwelteffekten einher, aufgrund dessen politische Entscheidungsträger auf unterschiedlichen Ebenen Anreize schaffen für eine Transformation von einer erdölbasierten hin zu einer biobasierten Wirtschaft. Eine derartige Transformation ist auf Rohstoffe aus der Landwirtschaft angewiesen, wodurch die Konkurrenzsituation zwischen den verschiedenen Nutzungspfaden für landwirtschaftlichen Biomasse (food, feed, fuel, fibre) verschärft werden kann. Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe als Rohstoff für die chemische Industrie bedarf in der Regel komplexen Konversionstechnologien. Diese unterliegen spezifischen Skaleneffekten, wodurch größere Anlagen niedrigere durchschnittliche Produktionskosten aufweisen. Allerdings steigen mit zunehmender Biomassenachfrage die Logistikkosten durch die längeren Transportdistanzen und ebenfalls, ab einer bestimmten Schwelle, die Stückkosten aufgrund der degressiven Verlaufs der Biomasseangebotsfunktion. Dementsprechend steht die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen im Spannungsfeld zwischen Größendegressionseffekten beim Kapitalbedarf für den Anlagenbau (zentrale Struktur) und der Reduzierung der Transport- und Biomassekosten für die landwirtschaftliche Biomasse (dezentrale Struktur). Aus diesem Grund ist eine regionale Betrachtung bei der Bewertung von Biomassekonversionsanlagen von großer Bedeutung. Da viele praxisrelevante

Technologien und mögliche Absatzwege einer sich entwickelnden Bioökonomie derzeit noch schwer abschätzbar sind, können Simulationsmodelle Entwicklungspfade, Potenziale, Chancen und Risiken aufzeigen. In diesem Beitrag stellen wir eine Modellkopplung von einem landwirtschaftlichen Angebotsmodell (EFEM) und einem techno-ökonomischen Standortoptimierungsmodell (BILOCATE) für die Bewertung von Biomassekonversionstechnologien auf der Basis von regional verteilten, preisabhängigen landwirtschaftlichen Biomasseangeboten dar. EFEM basiert auf statisch linearer Programmierung und ist ein Bottom-up Ansatz, der als Zielfunktion den Deckungsbeitrag der landwirtschaftlichen Betriebe unter Einhaltung von ökologischen, pflanzenbaulichen und die Tierhaltung betreffenden Restriktionen maximiert. Durch den Modellansatz kann die Konkurrenzsituation der verschiedenen landwirtschaftlichen Produktionen um den knappen Faktor Boden abgebildet werden. Als Rohstoff für die untersuchten Wertschöpfungsketten wird neben dem traditionellen Substrat Stroh auch das bisher relativ wenig verbreitete, aber vielversprechende Miscanthus untersucht. Das bisher integrierte Biomasseangebot wird dabei um Ertragschwankungen erweitert, um das Risiko der Biomasseversorgung der Konversionsanlagen berücksichtigen zu können. BILOCATE ist ein lineares gemischt-ganzzahliges Optimierungsmodell zur strategischen Planung biomassebasierter Wertschöpfungsketten, das basierend auf verfügbarem Biomasseaufkommen eine Standortoptimierung von Konversionsanlagen zur stofflichen und energetischen Biomasseverwertung bei gleichzeitiger Technologie- und Kapazitätsentscheidung durchführt. Die Bewertung integriert die Prozesse der Bereit-

stellung, der Logistik und der Konversion, wodurch eine simultane Optimierung der gegenläufigen Kosteneffekte der Logistik und der Größendegression ermöglicht wird. Die Zielfunktion dieses Modells ist die Maximierung des Gesamtgewinns des Anlagenbestandes.

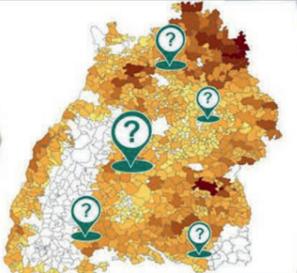
Die Ergebnisse von bisherigen Modelldurchläufen zeigen, dass unter den getroffenen Annahmen ein wirtschaftlicher Betrieb der berücksichtigten Konversionstechnologien möglich ist. Darüber hinaus wird deutlich, dass mit Biomassekonversionsanlagen, die landwirtschaftliche Biomasse verwerten, Verdrängungseffekte auftreten würden. So würde unter ersten getroffenen Preisannahmen, der Anbau von Silomais für Biogasanlagen zurückgehen und darüber hinaus auch die Futterzusammensetzung der Tierhaltungsbetriebe verändert. Dies zeigt die Vorteile der Kombination eines landwirtschaftlichen Angebotsmodells mit einem Standortoptimierungsmodell, um Biomassewertschöpfungsketten ganzheitlich zu bewerten.



UNIVERSITÄT HOHENHEIM



Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre (410b)


Effekte von regionalem landwirtschaftlichen Biomasseangebot auf die Standortwahl von Bioraffinerien in Baden-Württemberg

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie – 21.09.2018

› Eckart Petig, Dr. Elisabeth Angenendt, Prof. Dr. Enno Bahrs (UHOH)
› Andreas Rudi, Prof. Dr. Frank Schultmann (KIT-IIP)



Einleitung

Problem

Ökologische Folgen der Nutzung fossiler Ressourcen
→ Substitution durch Biomasse: Transportwürdigkeit ist sehr bedeutsam

Ziel

Ökonomische Bewertung von **Biomassekonversionstechnologien** auf der Basis von **regional verteilten, preisabhängigen landwirtschaftlichen Biomasseangeboten** zur Substitution fossiler Rohstoffe in Baden-Württemberg für die Energieproduktion bzw. für die stoffliche Nutzung

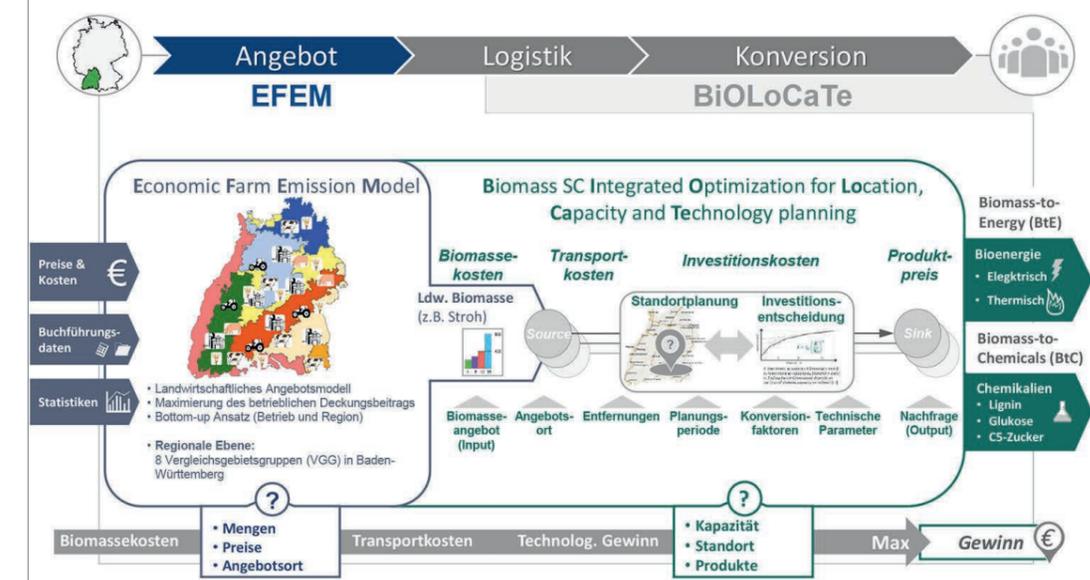
Methodik

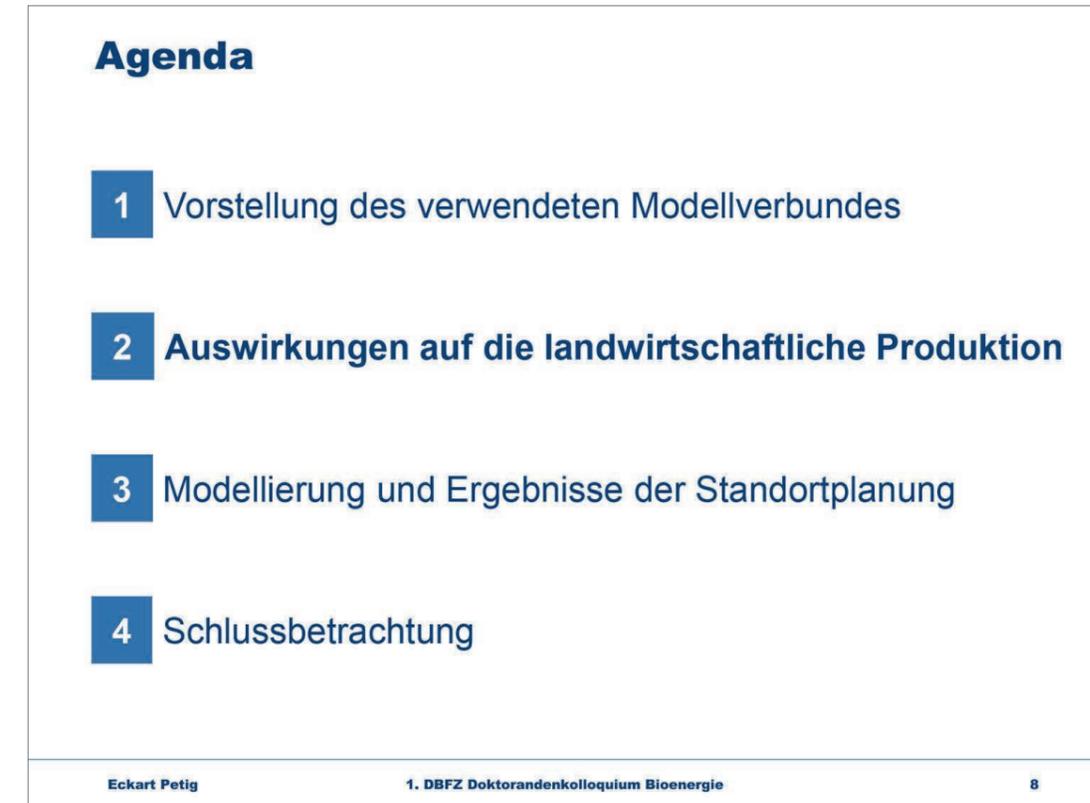
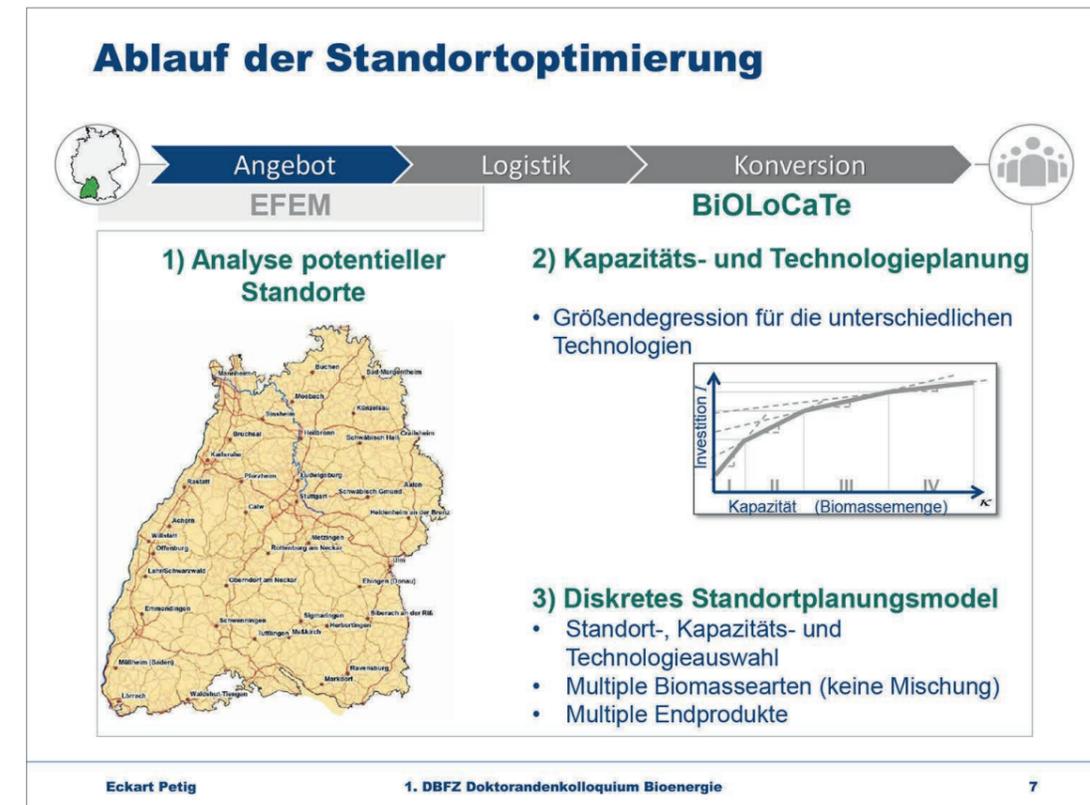
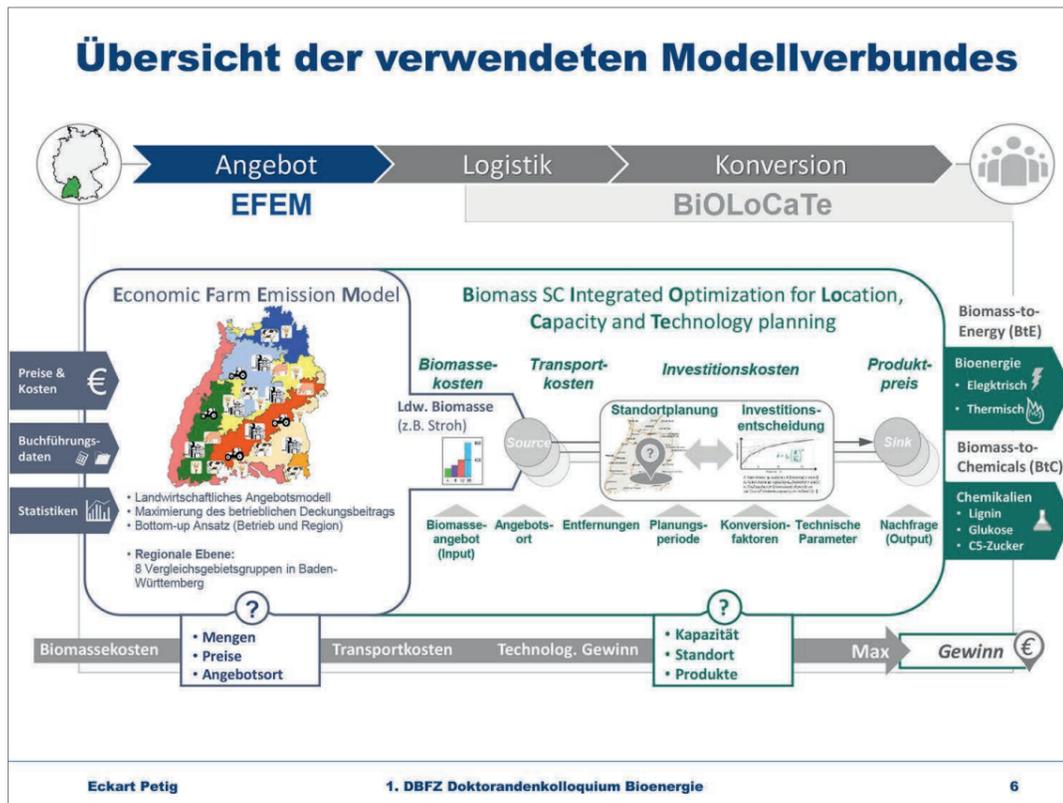
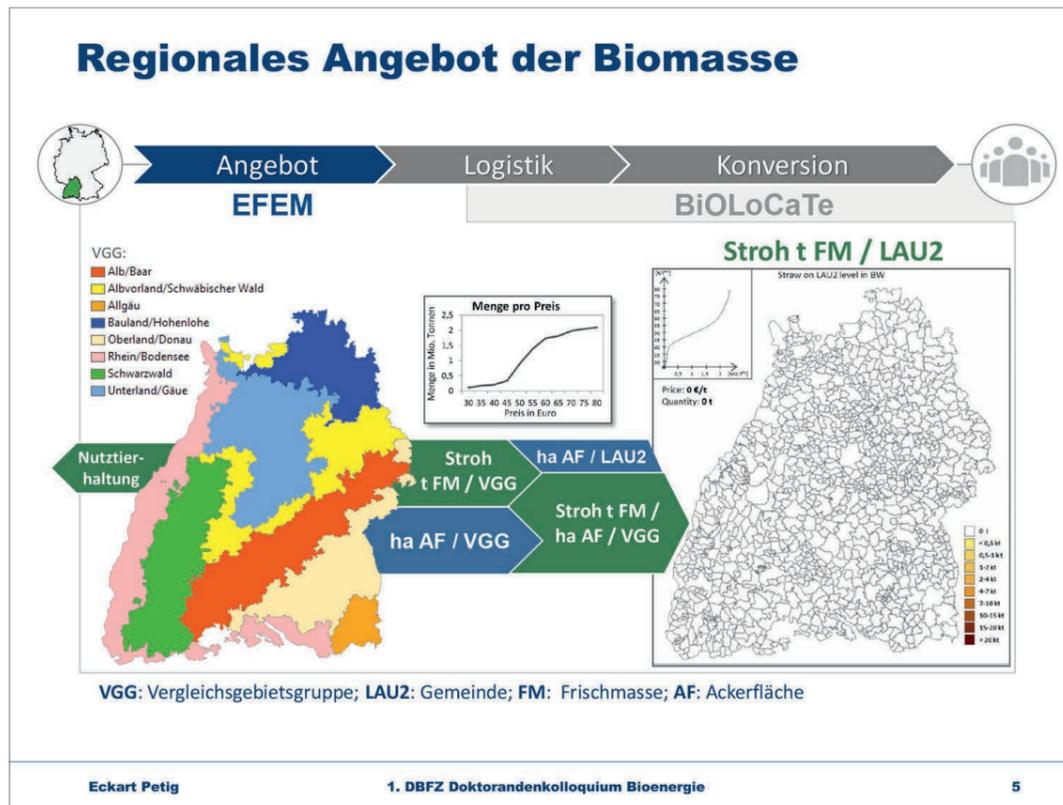
Modellkopplung von einem **landwirtschaftlichen Angebotsmodell (EFEM)** und einem **techno-ökonomischen Standortoptimierungsmodell (BIOLOCATE)**

Agenda

- 1 Vorstellung des verwendeten Modellverbundes
- 2 Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion
- 3 Modellierung und Ergebnisse der Standortplanung
- 4 Schlussbetrachtung

Übersicht der verwendeten Modellverbundes





Auswirkungen eines erhöhten Strohpreises auf landwirtschaftliche Produktion in Baden-Württemberg

	Strohpreis je t FM (ab Feld)			
	0 €	40 €	50 €	75 €
Wintergetreide	424.270 ha	427.183 ha +1%	432.512 ha +2%	464.243 ha +9%
Sommergetreide	98.812 ha	98.589 ha 0%	97.709 ha -1%	89.174 ha -10%
Mais	183.059 ha	181.635 ha -1%	175.850 ha -4%	161.964 ha -12%
Winterraps	75.047 ha	75.047 ha 0%	72.381 ha -4%	69.311 ha -8%

Änderungen des Gesamtdeckungsbeitrages und Anbaumfänge ausgewählter Kulturen bei unterschiedlichen Strohpreisen im Vergleich zum Basisszenario in Baden-Württemberg

Eckart Petig

1. DBFZ Doktorandenkolloquium Bioenergie

9

Agenda

- 1 Vorstellung des verwendeten Modellverbundes
- 2 Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion
- 3 Modellierung und Ergebnisse der Standortplanung
- 4 Schlussbetrachtung

Eckart Petig

1. DBFZ Doktorandenkolloquium Bioenergie

10

Strohverbrennung - Modellszenarien

Produktion von Strom- und Wärme

Jeweils ein Szenario mit und ohne EEG-Vergütung für Strom

Preisannahmen:

Szenario EEG*

- Strom: Größenabhängig
- Wärme: 0,06 € kWh_{th}⁻¹

Szenario Marktpreis**

- Strom: 0,03 € kWh_{el}⁻¹
- Wärme: 0,10 € kWh_{th}⁻¹

* Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien EEG 2014

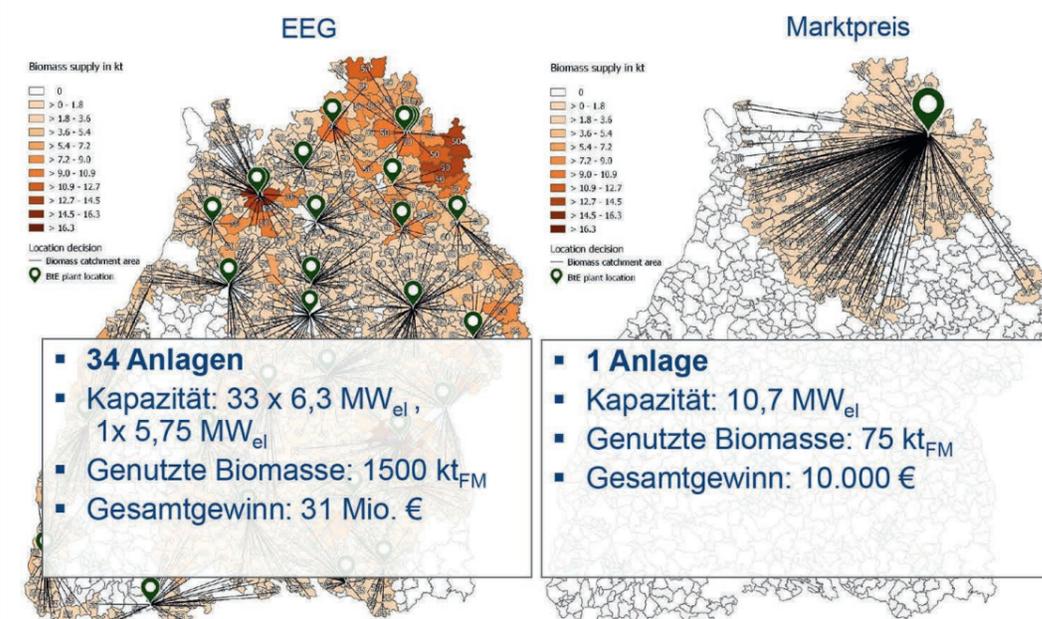
** European Energy Exchange (EEX) (2017), EPEX spot market price.

Eckart Petig

1. DBFZ Doktorandenkolloquium Bioenergie

11

Strohverbrennung - Ergebnisse



Eckart Petig

1. DBFZ Doktorandenkolloquium Bioenergie

12

Bioraffinerie - Modellszenarien

Produktion von Plattformchemikalien

→ Technologie: Organosolv Aufschluss

Zwei Szenarien mit unterschiedlicher Kapazität
(500 kt a⁻¹ und 2000 kt a⁻¹)

Preisannahmen:

- Lignin: 500 – 1.500 € t⁻¹ (1.000 € t⁻¹) *
- Glukose: Weltmarktpreis (350 € t⁻¹) **
- C5-Zucker: ca. 60 % Glukosepreis (200 € t⁻¹)

* CIMV 1.450 € t⁻¹, BIOCORE 1.000 € t⁻¹, ECN 500-1.000 € t⁻¹
** <https://www.strube.net/service/zuckerpreis.html>

Eckart Petig

1. DBFZ Doktorandenkolloquium Bioenergie

13

Agenda

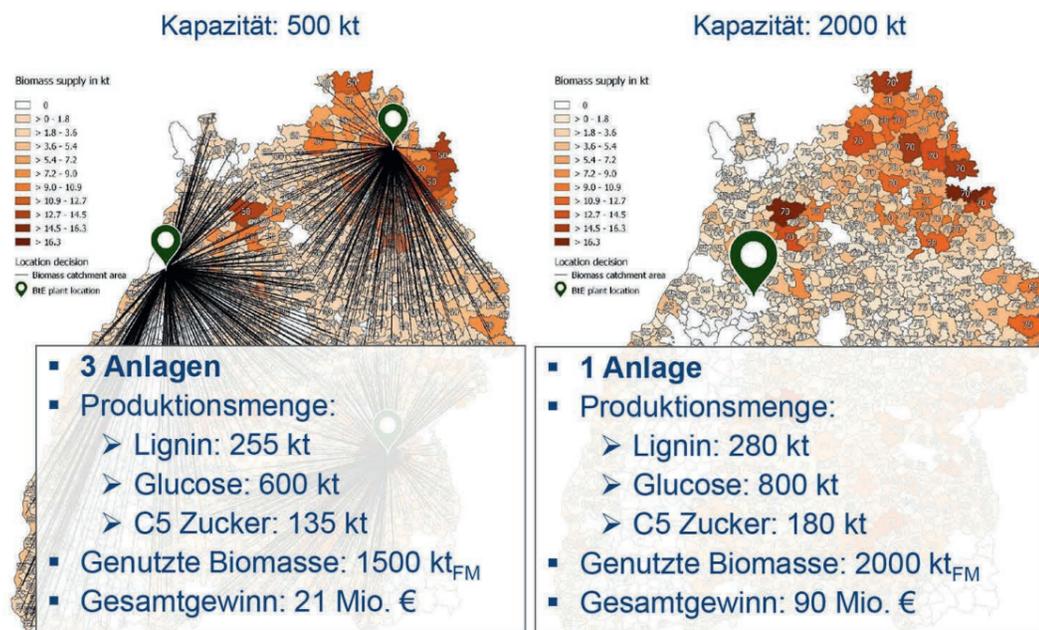
- 1 Vorstellung des verwendeten Modellverbundes
- 2 Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion
- 3 Modellierung und Ergebnisse der Standortplanung
- 4 Schlussbetrachtung

Eckart Petig

1. DBFZ Doktorandenkolloquium Bioenergie

15

Bioraffinerie - Ergebnisse



Eckart Petig

1. DBFZ Doktorandenkolloquium Bioenergie

14

Zusammenfassung

Strohverbrennung

- Produziert im EEG Szenario ca. 2% des Bruttostromverbrauchs von Baden-Württemberg
- Ohne EEG Vergütung für Strom und realistischem Wärmepreis nicht kostendeckend

Bioraffinerie

- Bioraffinerien könnten unter den Modellannahmen wirtschaftlich betrieben werden
- Produziertes Lignin entspräche ca. 0,5% der aktuellen Weltproduktion (Papierherstellung)

Allgemein

Biomasse vs. Skaleneffekt

Eckart Petig

1. DBFZ Doktorandenkolloquium Bioenergie

16

Diskussion

Entscheidende Faktoren:

- **Marktpreise Verkaufsprodukte:** Lignin, Glukose, C5-Zucker, Strom, Wärme
→ Plausibilität?
→ Größe des Absatzmarktes?
- **Größendegression der eingesetzten Technologien**
→ Plausibilität?
- **Nutzungskonkurrenz um Biomasse**
→ Ausweitung der Strohnutzung → Verdrängung Biogassubstratproduktion und Rapsproduktion

Offene Fragen:

- Welchen Effekt hat die simultane Berücksichtigung **verschiedener Biomassen**?
- Wie wirkt sich eine **variable Biomasseversorgung** aus?
- Ist das vorgestellte Konzept **ökologisch sinnvoll**?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Eckart Petig

**Schwerzstraße 44
70593 Stuttgart**

E: eckart.petig@uni-hohenheim.de



Markus Lauer, Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Leipzig

Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Biogasanlagen als Flexibilitätsoption im Stromsystem der Zukunft

Markus Lauer, Prof. Dr. Daniela Thrän
Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig
Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-491
E-Mail: Markus.Lauer@dbfz.de

Hintergrund/Motivation

In Folge der europäischen und deutschen Vorgaben zum Klimaschutz, wird die zukünftige Energieversorgung überwiegend auf fluktuierenden erneuerbaren Energien wie Wind- und Photovoltaikanlagen beruhen. In dem Stromsystem der Zukunft werden Flexibilitätsoptionen wie flexible konventionelle Kraftwerke, Stromspeicher oder Demand Side Management benötigt, um Stromangebot und -nachfrage in Einklang zu bringen. Weiterhin bieten Biogasanlagen durch die zeitliche Entkopplung von Gas- und Stromproduktion die Möglichkeit, bedarfsgerecht Strom zu erzeugen. Daher können auch diese eine sinnvolle Technologieoption in der zukünftigen Zusammensetzung von Flexibilitätsoptionen darstellen. Daher werden drei Ausbaupfade für Biogasanlagen im zukünftigen deutschen Stromsystem für den Zeitraum von 2016-2035 gesamtwirtschaftlich untersucht und miteinander verglichen. Damit sollen die Fragen beantwortet werden, ob Biogasanlagen eine ökonomisch sinnvolle Flexibilitätsoption im Stromsystem darstellen und wenn ja, ob ein Ausbaupfad als verhältnismäßig vorteilhaft identifiziert werden kann.

Methodik

Es werden drei Ausbaupfade für Biogasanlagen für den genannten Zeitraum definiert. Das Ende der Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz und die vollständige Außerbetriebnahme der Anlagen bis Mitte der 2030er Jahre dient dabei als Referenz.

Die gewonnenen Daten dienen als Input für ein nicht-lineares-Optimierungsmodell mit dem der kostenoptimale Einsatz von bestehenden konventionellen Kraftwerken und Pumpspeicherkraftwerken sowie neuen Stromspeichertechnologien und Gasturbinen bestimmt wird. Das Modell ist in Matlab implementiert und stützt sich dabei auf die Ver-

wendung von repräsentativen Beispieltagen und -jahren für den Zeitraum von 2016-2035. Dabei werden u.a. die sinkenden Treibhausgasemissionen im Stromsektor aus dem Klimaschutzplan 2050 als Restriktion berücksichtigt. In einer anschließenden Kosten-Nutzen-Analyse werden die Biogas-Ausbaupfade miteinander verglichen. In dieser werden zu den Kosten aus der Modellierung auch die Kosten für die Flexibilisierung des Biogasanlagen-Bestandes und für den Neubau von flexiblen Neuanlagen miteinbezogen.

Ergebnisse

Bei Berücksichtigung der Kosten für die Flexibilisierung von bestehenden Biogasanlagen sowie deren Neubau, ist unter den angenommenen Rahmenbedingungen ein Zubau von Biogasanlagen über die bestehenden hinaus ökonomisch nicht vorteilhaft. Dies liegt insbesondere an den bestehenden konventionellen Kraftwerken, die Flexibilität im Vergleich zu Biogasanlagen kostengünstiger bereitstellen können. Daher führt ein Zubau von (flexiblen) Biogasanlagen nur zu einer geringen Substitution von weiteren Flexibilitätsoptionen (Stromspeicher und Gasturbinen). Folglich entstehen Kosteneinsparungen für das Stromsystem bei einem Zubau von Biogasanlagen vorwiegend in Folge der geringeren Auslastung von Kraftwerken mit höheren Grenzkosten wie Steinkohlekraftwerke und bestehende Gaskraftwerke.

Diskussion/Ausblick

Die erzielten Ergebnisse beruhen auf einer schrittweisen Reduktion von konventionellen (insbesondere Kohle-) Kraftwerken. Die Robustheit der Ergebnisse wird derzeit durch eine schnellere Außerbetriebnahme der konventionellen Kraftwerke („Szenario Kohleausstieg“) geprüft.



Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ
gemeinnützige GmbH

Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Biogasanlagen als Flexibilitätsoption im Stromsystem der Zukunft

Markus Lauer

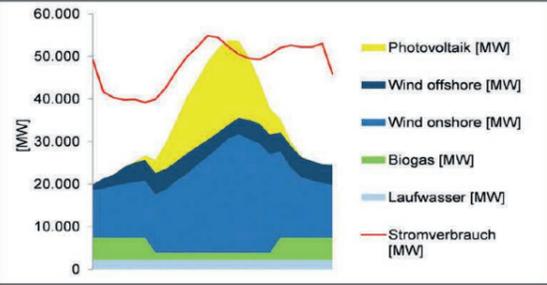


1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, 20./21. September 2018, Leipzig



Zunehmender Bedarf an Flexibilitätsoptionen

Herausforderungen



Beispielhafter Tag im Sommer

1

Lösungen (Auswahl)

2

Demand Side Management

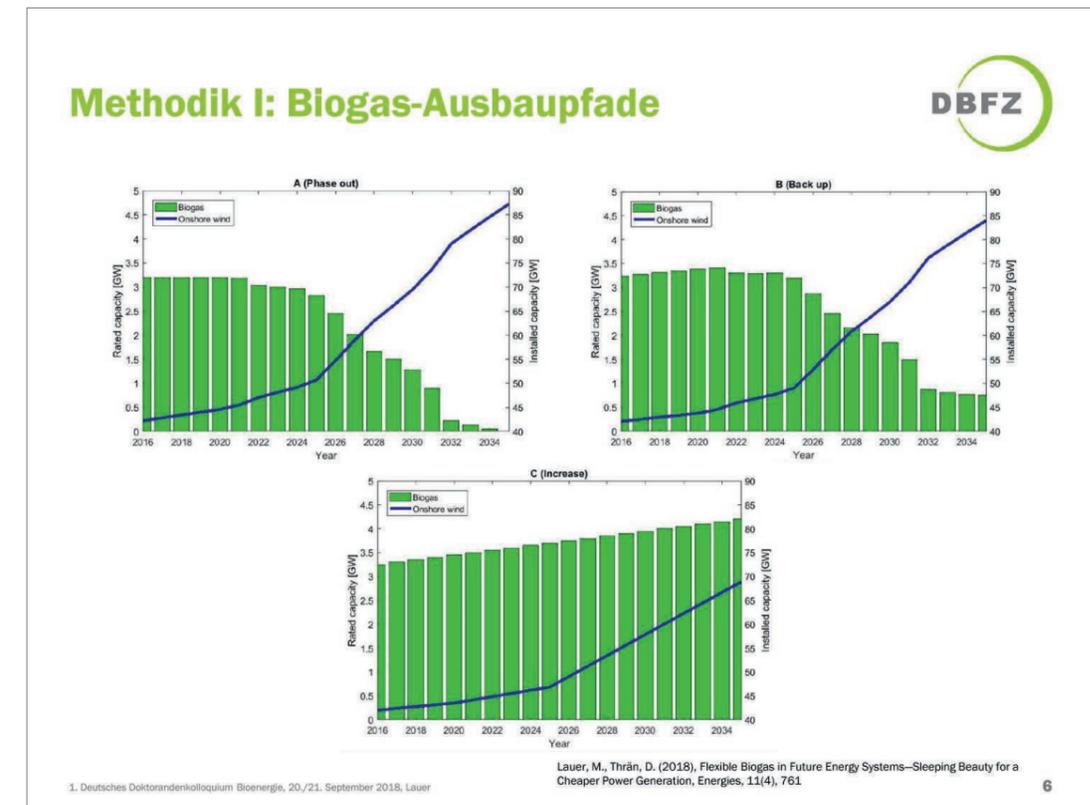
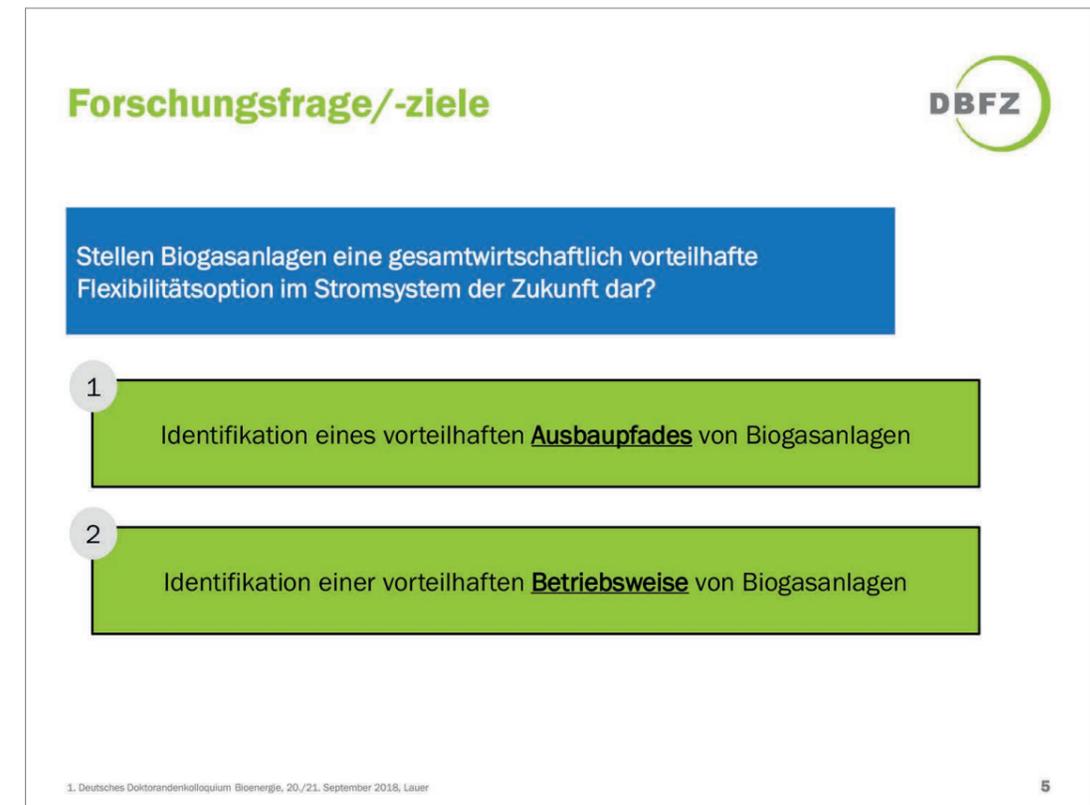
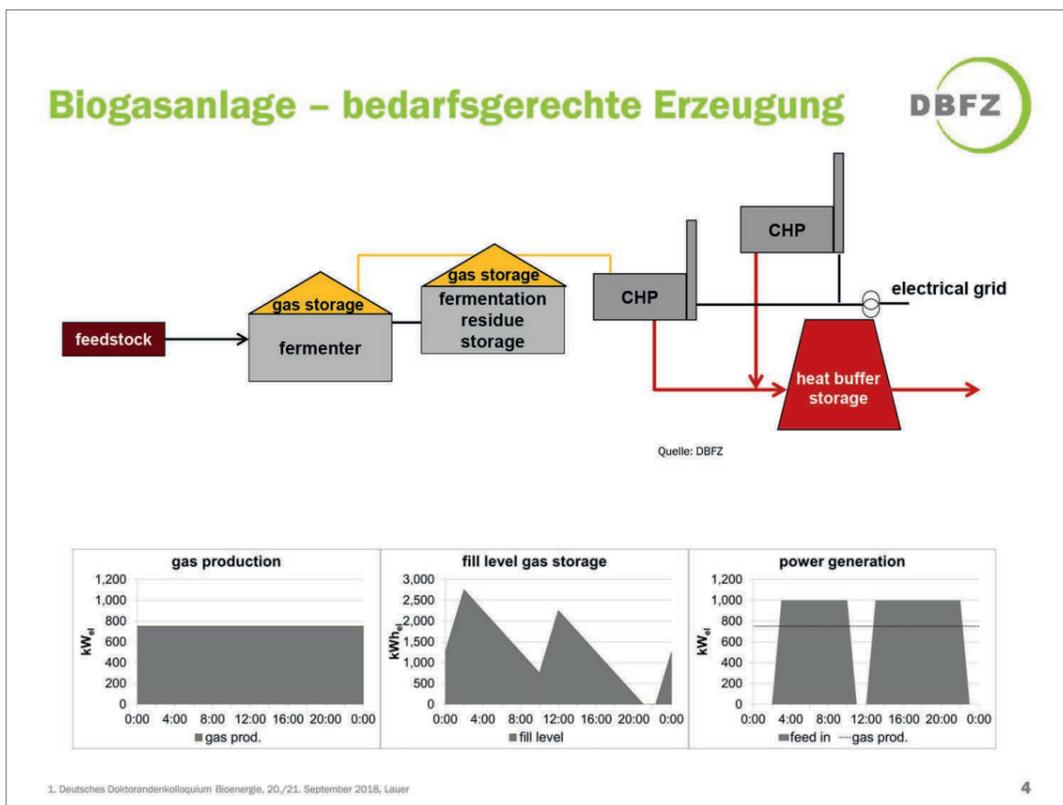
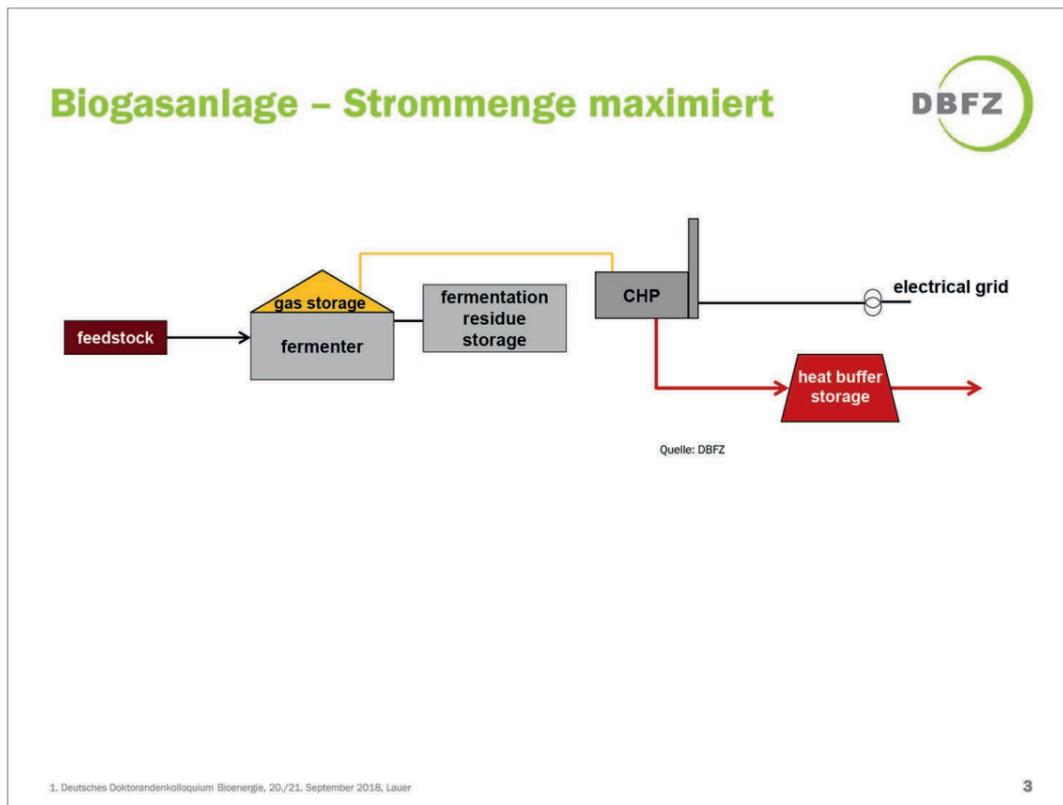
3

Speicher

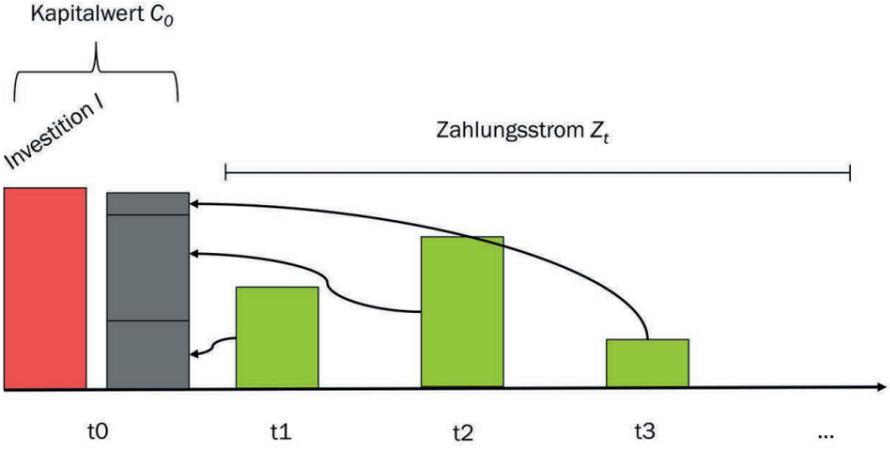
3

Steuerbare Erzeuger

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, 20./21. September 2018, Lauer



Methodik II: Nicht-lineares Optimierungsmodell

Kapitalwert C_0

Investition I

Zahlungsstrom Z_t

t_0 t_1 t_2 t_3 ...

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, 20./21. September 2018, Lauer

7

Methodik II: Nicht-lineares Optimierungsmodell



Zielfunktion

$$\min \sum_t \frac{(\sum_{exist} (mc_{exist,t} \times \sum_h p_{exist,h,t}) + \sum_{new} (mc_{new,t} \times \sum_h p_{new,h,t} + cc_{new,t} \times req_{new,t}))}{(1 + i_{soc})^t}$$

MATLAB, fmincon (interior-point Algorithmus)

Minimierung der Gesamtkosten (ohne Biogasanlagen)

Lauer, M., Thrän, D. (2018), Flexible Biogas in Future Energy Systems—Sleeping Beauty for a Cheaper Power Generation, Energies, 11(4), 761

8

Methodik II: Nicht-lineares Optimierungsmodell



Objective function

$$\min \sum_t \frac{(\sum_{exist} (mc_{exist,t} \times \sum_h p_{exist,h,t}) + \sum_{new} (mc_{new,t} \times \sum_h p_{new,h,t} + cc_{new,t} \times req_{new,t}))}{(1 + i_{soc})^t}$$

1 Bestehende konventionelle Kraftwerke und Pumpspeicher

2 Neue Speichertechnologien (Pumpspeicher, Lithium-Ionen-Batterie) und Gasturbinen

$h \in H$	Stunden
$t \in T$	Jahre
$exist \in EXIST$	bestehende Kraftwerke und Speicher
$new \in NEW$	zusätzliche Gasturbinen und Speicher
cc	Kapitalkosten
mc	Variable Kosten
p	Stromerzeugung/Ausspeicherung
req	Benötigte installierte Leistung
i_{soc}	Soziale Diskontrate

Lauer, M., Thrän, D. (2018), Flexible Biogas in Future Energy Systems—Sleeping Beauty for a Cheaper Power Generation, Energies, 11(4), 761

9

Methodik III: Kosten-Nutzen-Analyse



Nutzen

- Substitution von Windkraftanlagen an Land
- Reduktion Auslastung bestehender konventioneller Kraftwerke (mit hohen Grenzkosten)
- Reduktion Bedarf an weiteren Flexibilitätsoptionen

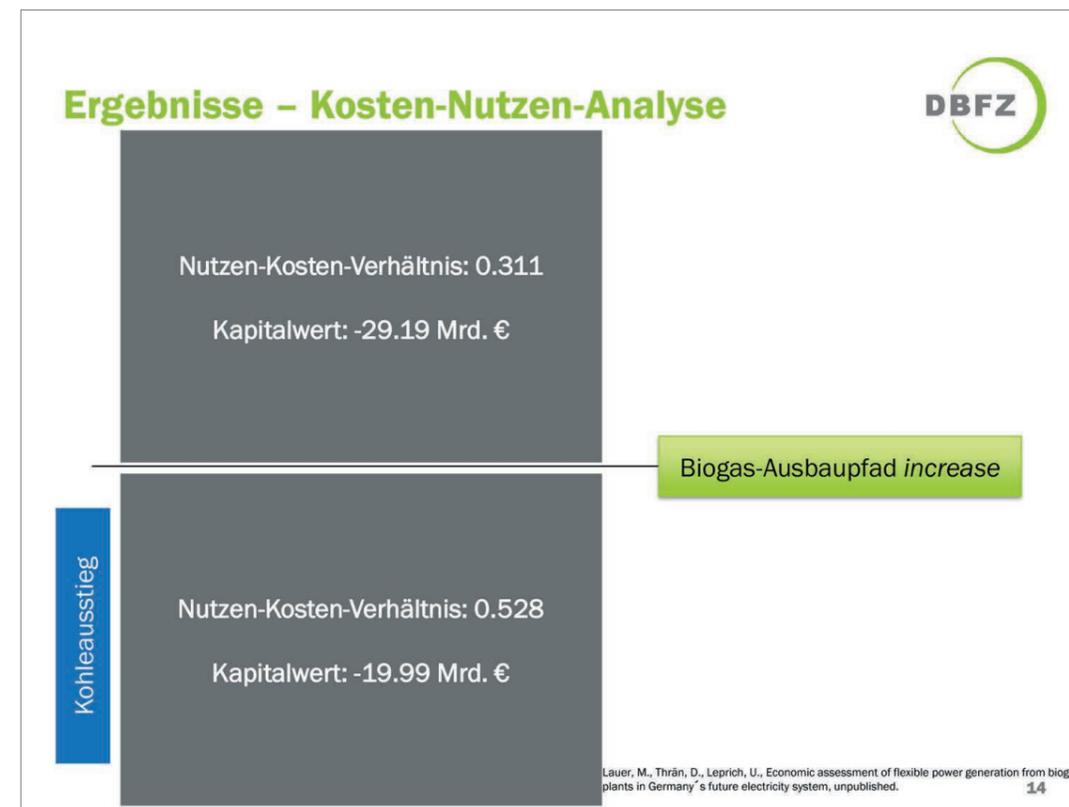
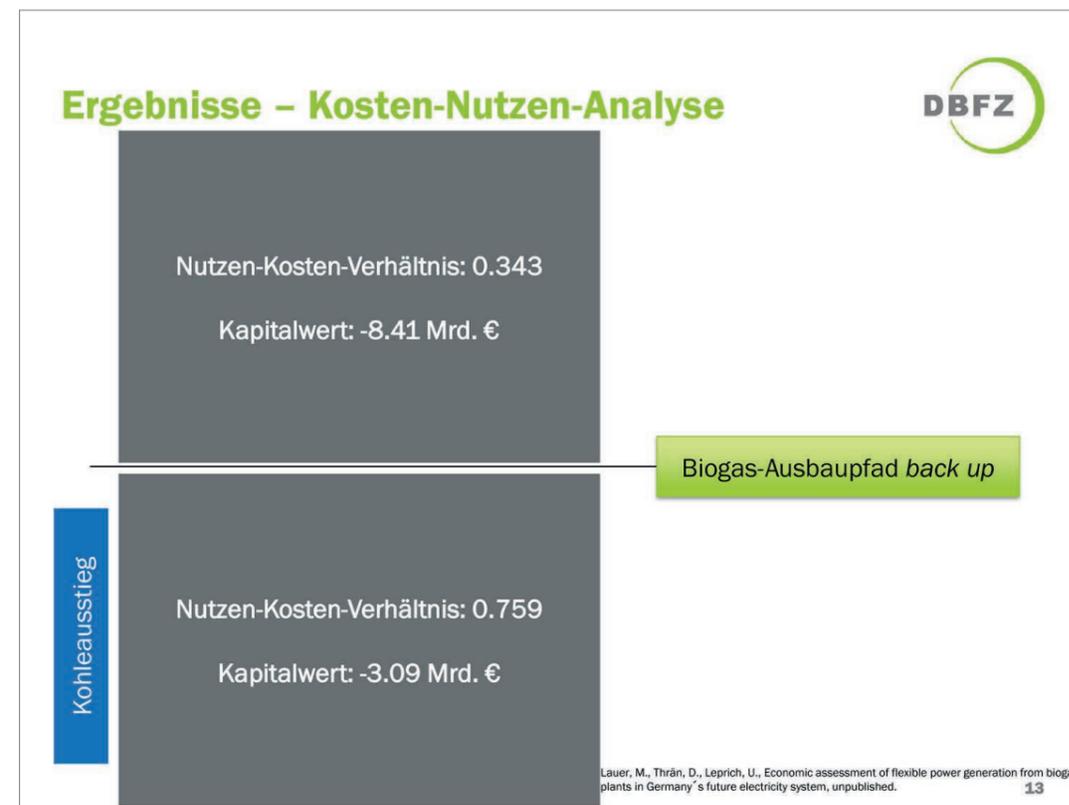
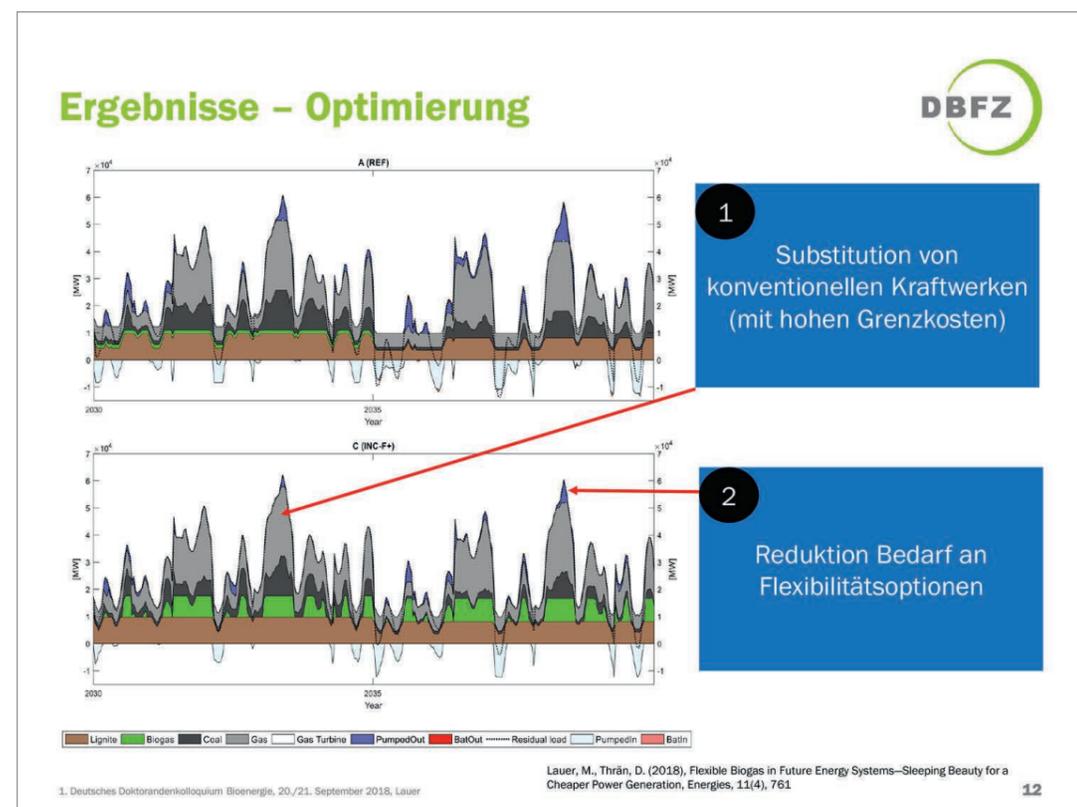
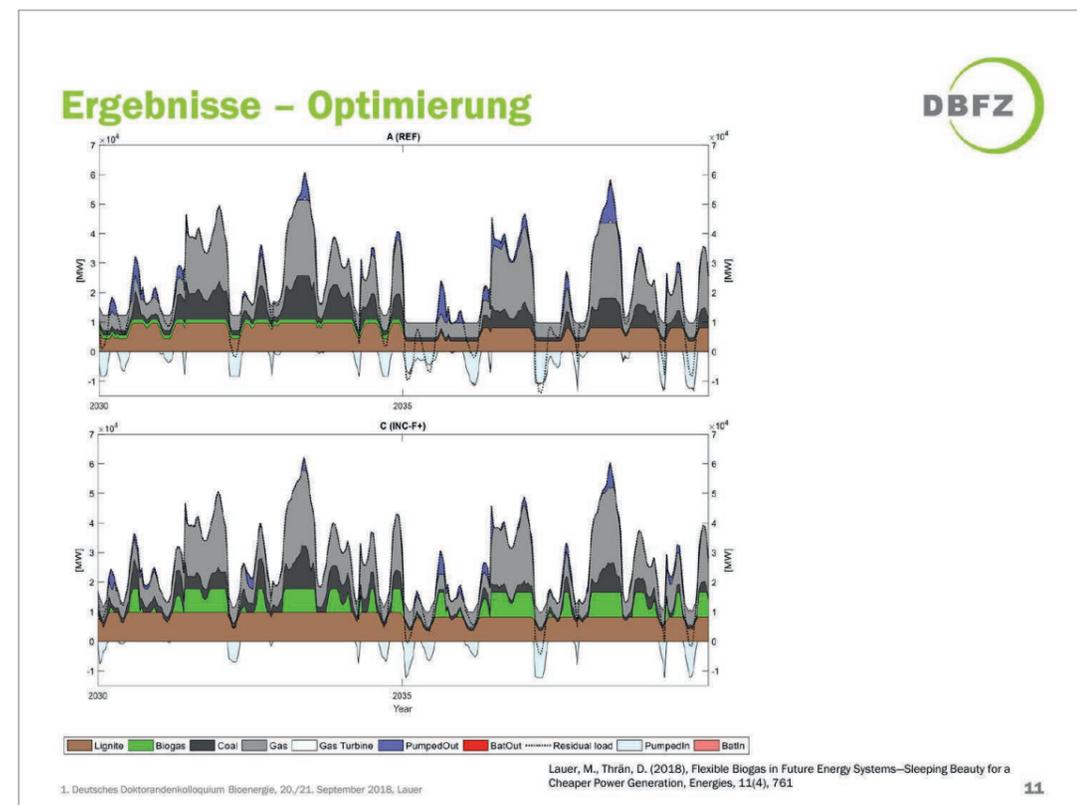
Kosten

- Flexibilisierung von **bestehenden** Biogasanlagen
- Investitionen und Betriebskosten von **neuen** Biogasanlagen

Nutzen-Kosten-Verhältnis = Kapitalwert Nutzen / Kapitalwert Kosten

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, 20./21. September 2018, Lauer

10



Investitionen in neue Biogasanlagen müssen mit zusätzlichem Nutzen einhergehen! 

- 1 Die besten Ergebnisse wurden im Ausbaupfad *back up* erzielt.
- 2 Ein frühzeitiger Kohleausstieg würde die Wirtschaftlichkeit verbessern.
- 3 Im Falle des Kohleausstieges sollten die Biogasanlagen flexibel Strom erzeugen.

Die zukünftige Rolle von Biogasanlagen sollte anhand des Flexibilitätsbedarf im Stromsystem definiert werden.

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, 20./21. September 2018, Lauer 15

Deutsches Biomasseforschungszentrum 
gemeinnützige GmbH

Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft

Ansprechpartner
Markus Lauer
markus.lauer@dbfz.de
+49 (0)341 2434-491

**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

Fotos: DBFZ, Jan Gutzwiller, DBFZ/Alf/Peter Schubert (Tiefbohle, rechts), Pixabay / CCC Public Domain

Katrin Beer, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Politische Prozesse der Bioökonomie zwischen Ökonomie und Ökologie – Zielkonflikte und Lösungsansätze im Themenfeld Bioenergie (Strom und Wärme)

Katrin Beer, Prof. Dr. Michael Böcher
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Zschokkestr. 32
39104 Magdeburg
Tel.: +49 (0)391 67 566 74
E-Mail: Katrin.Beer@ovgu.de

Als mögliche Antwort auf Herausforderungen wie Klimawandel, Ernährungssicherung und Energieversorgung wird das Konzept einer (nachhaltigen) Bioökonomie zunehmend populär. Die Bundesregierung versteht darunter ein Wirtschaftssystem, das auf der Nutzung von Biomasse als zentralem Rohstoff statt auf fossilen Ressourcen basiert. Jedoch gehen ökonomische Transformationen in Richtung Bioökonomie mit konkurrierenden Nutzungsansprüchen, Verteilungskonflikten und veränderten Machtverhältnissen auf verschiedenen Ebenen einher. Da die für eine Transformation zur Bioökonomie notwendige Biomasse lokal und global nur begrenzt verfügbar und ihre Nutzung nicht per se nachhaltig ist, ergeben sich Fragen, die durch demokratische Aushandlungsprozesse beantwortet werden müssen: Auf welchen Flächen wird welche Art von Biomasse wie produziert? Wofür soll sie genutzt werden? Wer entscheidet das? In unserem Beitrag präsentieren wir Zwischenergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Bio-Ökopoli – Politische Prozesse der Bioökonomie zwischen Ökonomie und Ökologie“. In dieser politikfeldanalytischen Studie sollen kausale Mechanismen und komplexe Verflechtungen politischer Prozesse der Bioökonomie aufgedeckt werden. Der Beitrag fokussiert dabei auf politische Prozesse der Bioenergiepolitik in Deutschland. Mit einem qualitativen Ansatz werden zentrale Dokumente, Experteninterviews und Workshopergebnisse analysiert. Als Analyserahmen dient der politikfeldanalytische Ansatz eigendynamischer politischer Prozesse (AEP), der zur Erklärung von Politikhalten den Blick auf fünf mögliche Erklärungsfaktoren lenkt: Akteure und

ihre Handlungen, Institutionen, Instrumentenalternativen, Problemstrukturen und situative Aspekte. Anhand erster Forschungsergebnisse präsentieren wir Konflikte, die sich bei der Regulierung der Nutzung von Biomasse für die Energieerzeugung auf nationaler und kommunaler Ebene ergeben und stellen Bezüge zu Bioenergie- und Bioökonomiepolitik heraus. Mögliche Lösungsansätze werden auf der Grundlage erster Interviews diskutiert.

Bio-Ökopoli

Politische Prozesse der Bioökonomie zwischen Ökonomie und Ökologie Zielkonflikte und Lösungsansätze im Themenfeld Bioenergie (Strom und Wärme)

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie,
Leipzig, September 2018

M. Sc. Katrin Beer, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

joint research project of



funded by



Bio-Ökopoli **Inhalt**

Thematischer Hintergrund	– Bioökonomie – Zielkonflikte
Forschungsprojekt Bio-Ökopoli	– Forschungsprojekt – Methoden – Analyserahmen
Fallgruppe Bioenergie	– Fokus Bioenergie – Fallauswahl
Fallstudien	– Vorläufige Ergebnisse

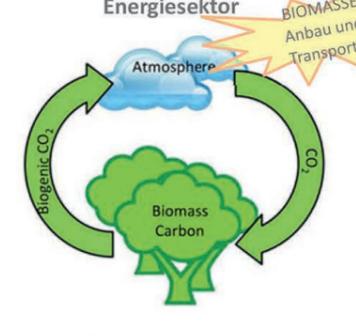
Thematischer Hintergrund







Bio-Ökopoli <small>LEBEN UND UMWELT FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG</small>	<h2 style="margin: 0;">Bioökonomie</h2>
Thematischer Hintergrund <small>LEBEN UND UMWELT FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG</small>	Zentrale Herausforderungen: Klimawandel, Ernährungssicherung, Energieversorgung, Schutz von Biodiversität, Dekarbonisierung -> Nachhaltige Entwicklung
Forschungsprojekt Bio-Ökopoli	-> Nachhaltige Entwicklung
Fallgruppe Bioenergie	Konzept der Bioökonomie: <ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltige Nutzung nachwachsender Ressourcen für energetische und materielle Nutzung • Wissensbasiert, high-tech orientiert • Kreislaufwirtschaft, Koppel- und Kaskadennutzung, Effizienz
Fallstudien	
	1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018 4 M.Sc. Katrin Beer 

Bio-Ökopoli <small>LEBEN UND UMWELT FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG</small>	<h2 style="margin: 0;">Bioökonomie: Energie</h2>
Thematischer Hintergrund <small>LEBEN UND UMWELT FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG</small>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Dominanter Verursacher des anthropogenen Klimawandels</p>  <p>Ca. 60 % der globalen GHG Emissionen stammen aus dem Energiesektor</p> <p><small>Quelle Graphiken: Alliance for Green Heat, http://www.forgreenheat.org/woodheat/carbon.html</small></p> <p>Fossil fuel combustion transfers geologic carbon into the atmosphere. It is a one-way process.</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Mögliche Lösung: Geschlossener Kohlenstoffkreislauf im Energiesektor</p>  <p>Biogenic carbon is part of a relatively rapid natural cycle that impacts atmospheric CO₂ only if the cycle is out of balance.</p> </div> </div>
Forschungsprojekt Bio-Ökopoli	
Fallgruppe Bioenergie	
Fallstudien	
	1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018 5 M.Sc. Katrin Beer 

Bio-Ökopoli <small>LEBEN UND UMWELT FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG</small>	<h2 style="margin: 0;">Zielkonflikte</h2>
Thematischer Hintergrund <small>LEBEN UND UMWELT FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG</small>	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenzte Verfügbarkeit von Flächen (Siedlungen, Bewirtschaftung, Umweltschutz) • Nutzungskonkurrenzen um Biomasse (Tank vs. Teller) • Umweltschutz (Klimaschutz vs. Biodiversität) • Probleme 2. Ordnung (Regenwaldrodung, Bodendegradation) <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  </div>
Forschungsprojekt Bio-Ökopoli	-> Gesellschaftliche Aushandlungsprozesse
Fallgruppe Bioenergie	-> Politische Regulierung -> Bioökonomie-Policies werden in demokratischen politischen Prozessen im politischen Mehrebenensystem verhandelt.
Fallstudien	
	1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018 6 M.Sc. Katrin Beer 

Forschungsprojekt Bio-Ökopoli







<p>Bio-Ökopoli</p> <p>Forschungsprojekt</p>	<p>Thematischer Hintergrund</p> <p>Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030 Fördermaßnahme 2014</p> <p>Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel</p> <p>„Die Förderung dient dazu, die Bioökonomie als sozial- und wirtschaftswissenschaftliches Forschungsfeld zu verankern und eine an gesellschaftlichen Herausforderungen orientierte Perspektive auf die Bioökonomie zu eröffnen“</p> <p style="font-size: small; text-align: right;">https://www.bmbf.de/de/biooekonomie-als-gesellschaftlicher-wandel-814.html [16.09.2018]</p>
<p>Forschungsprojekt Bio-Ökopoli</p>	 
<p>Fallgruppe Bioenergie</p>	
<p>Fallstudien</p>	



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018

8 M.Sc. Katrin Beer



<p>Bio-Ökopoli</p> <p>Forschungsprojekt</p>	<p>Thematischer Hintergrund</p> <p>Forschungsgegenstand:</p> <p>Politische Entscheidungsprozesse über kollektiv verbindliche Regelungen zur Bioökonomie mit Umweltrelevanz, die z.B. die Förderung bestimmter Verfahren oder Produkte betreffen, ihren Einsatz beschließen oder sie durch Regulierung bestimmten Bedingungen unterwerfen.</p> <p>Ziele der Forschung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufdecken zentraler kausaler Mechanismen • Besseres Verständnis der entscheidenden politischen Rahmenbedingungen und Prozesse • Besseres Verständnis der damit verbundenen Konflikte und möglichen Potenziale
<p>Forschungsprojekt Bio-Ökopoli</p>	
<p>Fallgruppe Bioenergie</p>	
<p>Fallstudien</p>	



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018

9 M.Sc. Katrin Beer



<p>Bio-Ökopoli</p> <p>Methoden</p>	<p>Thematischer Hintergrund</p> <p>Qualitative vergleichende Fallstudien</p> <p>3 Themenfelder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biokunststoffe  • Biokraftstoffe  • Bioenergie  <p>4 Ebenen</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>Europäisch</p> <p>National</p> <p>Regional</p> <p>Kommunal</p> </div> </div> <p>Fall = Policy = Politische Maßnahme(n)</p>
<p>Forschungsprojekt Bio-Ökopoli</p>	
<p>Fallgruppe Bioenergie</p>	
<p>Fallstudien</p>	



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018

10 M.Sc. Katrin Beer



Bio-Ökopoli Methoden

Thematischer Hintergrund
Datengrundlage

- Zentrale Dokumente
- Qualitative leitfadengestützte Interviews mit Expert*innen
- Ergebnisse jährlicher Transdisziplinäre Workshops

Forschungsprojekt Bio-Ökopoli
Datenauswertung

- Qualitative Inhaltsanalyse

Fallgruppe Bioenergie

Zeitplan	2017	2018	2019
Fallauswahl, Übersichtsanalysen			
Experteninterviews, Vertiefte Analyse			
Cross case analysis: Fallübergreifend, fallgruppenübergreifend			

Fallstudien

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018

M.Sc. Katrin Beer



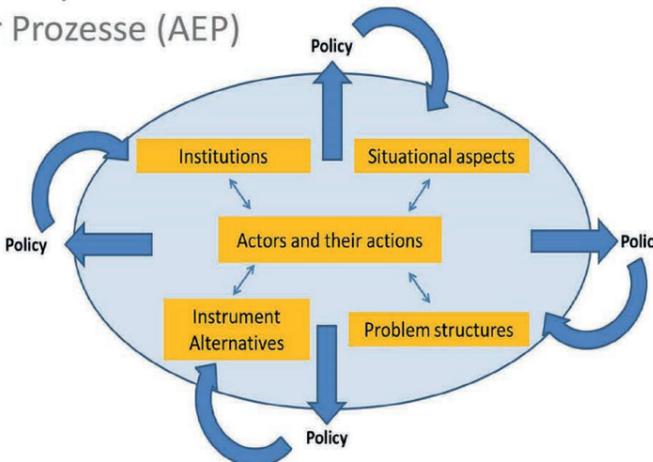
Bio-Ökopoli Analyserahmen

Thematischer Hintergrund
Ansatz Eigendynamischer Politischer Prozesse (AEP)

Forschungsprojekt Bio-Ökopoli

Fallgruppe Bioenergie

Fallstudien



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018

M.Sc. Katrin Beer



Fallgruppe Bioenergie



FernUniversität in Hagen

Bio-Ökopoli



Bio-Ökopoli Fokus Bioenergie

Thematischer Hintergrund

- Politische Maßnahmen zur Regulierung der **Erzeugung und Nutzung von Strom und Wärme** aus fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse

Forschungsprojekt Bio-Ökopoli

-> Energetische Nutzung von Biomasse im Strom- und Wärmesektor ohne Biokraftstoffe/ Verkehr

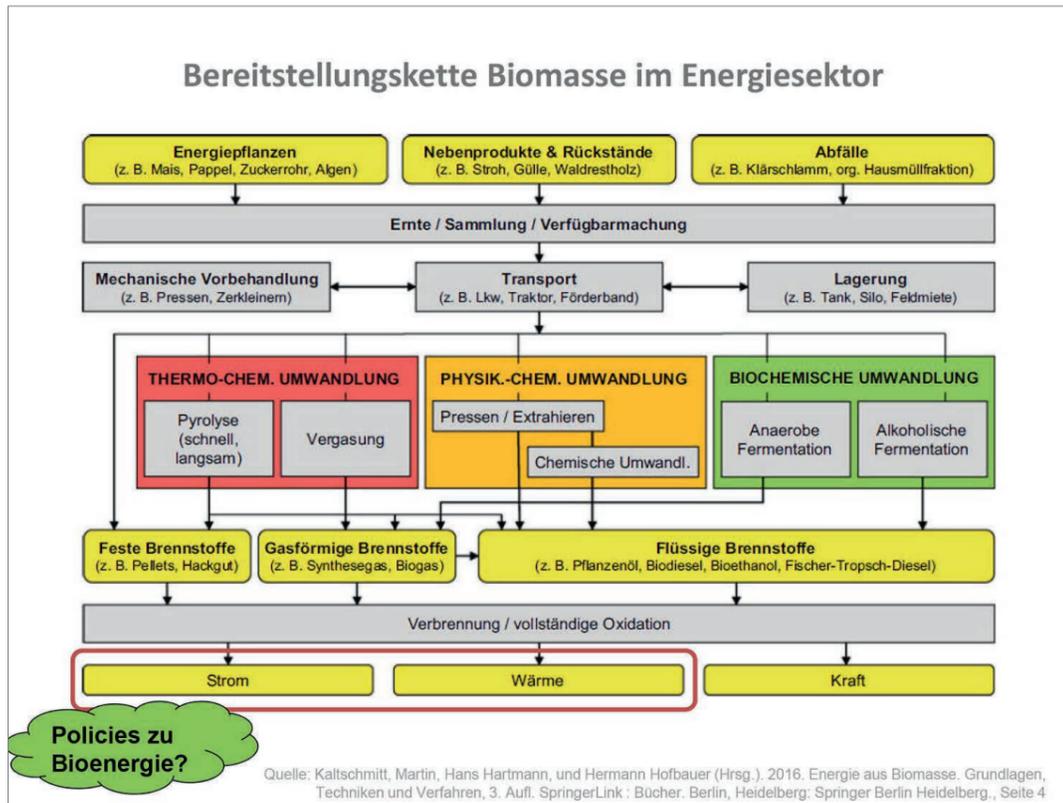
Fallgruppe Bioenergie

Fallstudien

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018

M.Sc. Katrin Beer





Bio-Ökopoli	<h2>Fallauswahl</h2>
Thematischer Hintergrund	<p>Kriterien:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Politische Maßnahme(n) als kollektiv verbindliche Regelung 2. Umweltrelevanz 3. Zielkonflikte zwischen Umweltschutz und anderen Zielen 4. Fokus auf Deutschland 5. Möglichst typisch für das Themenfeld Biokunststoffe/ Biokraftstoffe/ Bioenergie
Forschungsprojekt Bio-Ökopoli	
Fallgruppe Bioenergie	
Fallstudien	
FernUniversität in Hagen	

Bio-Ökopoli	<h2>Fallauswahl</h2>																		
Thematischer Hintergrund	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Policy</th> <th>Ebene</th> <th>Schwerpunkte</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Renewable-Energy-Directive 2018 (RED II) der EU</td> <td>Europäisch: EU</td> <td>Regulierung erneuerbare Energien in der EU, Umsetzung über nationale Gesetze</td> </tr> <tr> <td>Erneuerbare-Energien-Gesetz 2014 (EEG) der Bundesregierung</td> <td>National: Deutschland</td> <td>Regulierung erneuerbare Energien im Stromsektor in D</td> </tr> <tr> <td>Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz 2015 (EEWärmeG) der Bundesregierung</td> <td>National: Deutschland</td> <td>Regulierung erneuerbare Energien im Wärmesektor in D (Gebäude)</td> </tr> <tr> <td>Beschluss des Masterplans 100% Klimaschutz durch den Stadtrat</td> <td>Kommunal: Magdeburg</td> <td>Lokale Maßnahmen in den Bereichen Klima, Umwelt, Energie im urbanen Raum</td> </tr> <tr> <td>Beschluss des Ökodorfs Sieben Linden zur Registrierung als Bioenergiedorf</td> <td>Kommunal: Beetzendorf</td> <td>Lokale Maßnahmen der energetischen Nutzung von Biomasse im ländlichen Raum</td> </tr> </tbody> </table>	Policy	Ebene	Schwerpunkte	Renewable-Energy-Directive 2018 (RED II) der EU	Europäisch: EU	Regulierung erneuerbare Energien in der EU, Umsetzung über nationale Gesetze	Erneuerbare-Energien-Gesetz 2014 (EEG) der Bundesregierung	National: Deutschland	Regulierung erneuerbare Energien im Stromsektor in D	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz 2015 (EEWärmeG) der Bundesregierung	National: Deutschland	Regulierung erneuerbare Energien im Wärmesektor in D (Gebäude)	Beschluss des Masterplans 100% Klimaschutz durch den Stadtrat	Kommunal: Magdeburg	Lokale Maßnahmen in den Bereichen Klima, Umwelt, Energie im urbanen Raum	Beschluss des Ökodorfs Sieben Linden zur Registrierung als Bioenergiedorf	Kommunal: Beetzendorf	Lokale Maßnahmen der energetischen Nutzung von Biomasse im ländlichen Raum
Policy		Ebene	Schwerpunkte																
Renewable-Energy-Directive 2018 (RED II) der EU		Europäisch: EU	Regulierung erneuerbare Energien in der EU, Umsetzung über nationale Gesetze																
Erneuerbare-Energien-Gesetz 2014 (EEG) der Bundesregierung		National: Deutschland	Regulierung erneuerbare Energien im Stromsektor in D																
Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz 2015 (EEWärmeG) der Bundesregierung		National: Deutschland	Regulierung erneuerbare Energien im Wärmesektor in D (Gebäude)																
Beschluss des Masterplans 100% Klimaschutz durch den Stadtrat	Kommunal: Magdeburg	Lokale Maßnahmen in den Bereichen Klima, Umwelt, Energie im urbanen Raum																	
Beschluss des Ökodorfs Sieben Linden zur Registrierung als Bioenergiedorf	Kommunal: Beetzendorf	Lokale Maßnahmen der energetischen Nutzung von Biomasse im ländlichen Raum																	
Forschungsprojekt Bio-Ökopoli																			
Fallgruppe Bioenergie																			
Fallstudien																			
FernUniversität in Hagen																			

Bio-Ökopoli	<h2>Fallauswahl</h2>
Thematischer Hintergrund	<div style="text-align: center;"> <h3>Fallstudien</h3>  </div>
Forschungsprojekt Bio-Ökopoli	
Fallgruppe Bioenergie	
Fallstudien	
FernUniversität in Hagen	



Bio-Ökopoli

Vorläufige Ergebnisse

Thematischer Hintergrund

Forschungsprojekt Bio-Ökopoli

Fallgruppe Bioenergie

Fallstudien

Forschungsfragen

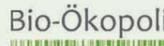
1. Welches sind **typische Rahmenbedingungen politischer Prozesse zur Bioökonomie** im Hinblick auf Problemstrukturen, Akteure und ihre Interessen, auf Institutionen und Instrumente und wie, d. h. über welche kausalen Mechanismen, wirken sich diese auf den Verlauf dieser Prozesse und auf die politischen Ergebnisse (Bioökonomie-Policies) aus?
2. Welche Rolle spielen **Umweltauswirkungen** bioökonomischer Verfahren (positiver, negativer, ambivalenter oder unklarer Art) in den politischen Prozessen zur Bioökonomie und welche Arten von **Konflikten** ergeben sich hier und wie werden sie entschieden?
3. Wo ergeben sich **Ansatzpunkte**, um solche Konflikte im Sinne einer aktiven Gestaltung der Transformation zur Bioökonomie aufzulösen oder zu entschärfen? Welche konkreten Empfehlungen, etwa für die Einbeziehung von Akteuren, für die Wahl der Handlungsebene, die Gestaltung der Entscheidungsverfahren oder die Wahl der Instrumente lassen sich hieraus entwickeln?



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie,
Leipzig, 21. September 2018

19
M.Sc. Katrin Beer





Bio-Ökopoli

Vorläufige Ergebnisse

Thematischer Hintergrund

Forschungsprojekt Bio-Ökopoli

Fallgruppe Bioenergie

Fallstudien

Europäische Ebene

Rahmenbedingungen	Umweltauswirkungen, Konflikte	Mögliche Lösungsansätze
<ul style="list-style-type: none"> • Überschneidungen mit benachbarten Regelungsfeldern • Vor allem regulative und ökonomische Instrumente • Gemeinsame Regulierung aller Erneuerbarer Energien über die RED II • Regulatives Instrument Richtlinie, nicht Verordnung • Übertragen von Erfahrungen aus dem Biokraftstoffsektor 	<ul style="list-style-type: none"> • Unerwünschte Nebeneffekte: Regenwaldrodung, Landdegradation, Tank vs. Teller • Rebound-Effekt: Diskussion um Nachhaltigkeitsbewertung, Indikatoren • Unsicherheit von Investoren über zukünftige Entwicklungen • Diskriminierende Markt Zugangsregelungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Kriterien für Nachhaltigkeit und zur Einsparung von THG • Stärkung lokaler/regionaler Kreisläufe • Förderung von Bürgerenergiegenossenschaften • Förderung des Eigenverbrauchs • Investitionssicherheit durch stabile Rahmenbedingungen



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie,
Leipzig, 21. September 2018

20
M.Sc. Katrin Beer





Bio-Ökopoli

Vorläufige Ergebnisse

Thematischer Hintergrund

Forschungsprojekt Bio-Ökopoli

Fallgruppe Bioenergie

Fallstudien

Nationale Ebene

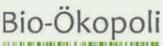
Rahmenbedingungen	Umweltauswirkungen, Konflikte	Mögliche Lösungsansätze
<ul style="list-style-type: none"> • Überschneidungen mit benachbarten Regelungsfeldern • Zuständigkeiten: Energie - BMWi, Umwelt - BMU • Regulierung getrennt nach Sektoren • Jeweils eigene Policies für Strom- und Wärmesektor: EEG und EEWärmeG/GEG zentral • Vor allem regulative und ökonomische Instrumente 	<ul style="list-style-type: none"> • Negatives Image der Bioenergie, übermäßige/ undifferenzierte (?) Kritik • Kritik: Maiswüsten, Regenwaldrodung, Landdegradation, Tank vs. Teller • Wirtschaftsinteressen (Konzerne, Arbeitnehmer, Bürger) vs. Individuelle Interessen (Wiederwahl, Machterhalt) vs. Umwelt- / Klimaschutz • Verstärkte Förderung von EE-Großanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Umstellung/ Nutzung vorhandener Infrastruktur: Biomethan im Erdgasnetz, Holzstaub in Kohlekraftwerken • Informationskampagnen: Sachliche Information der Öffentlichkeit • Erfolgreicher Strukturwandel durch neue Arbeitsplätze in der Bioökonomie • Dezentralisierung der EE wieder mehr fördern • Vereinfachung der Gesetzgebung



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie,
Leipzig, 21. September 2018

21
M.Sc. Katrin Beer





Bio-Ökopoli

Vorläufige Ergebnisse

Thematischer Hintergrund

Forschungsprojekt Bio-Ökopoli

Fallgruppe Bioenergie

Fallstudien

Lokale Ebene

Rahmenbedingungen	Umweltauswirkungen, Konflikte	Mögliche Lösungsansätze
<ul style="list-style-type: none"> • Keine Gesetzgebungskompetenz auf lokaler Ebene • Bioenergie wird eher indirekt adressiert, z.B. über Klimaschutz • Überwiegend freiwillige Vereinbarungen und Selbstverpflichtungen, kooperative Instrumente • Eingeschränkte Verfügbarkeit von Daten • Große Unterschiede (Stadt-Land, Naturraum, Wirtschaft, Infrastruktur,...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pfadabhängigkeit Infrastruktur • Unfairer Vergleich: Kosten fossile vs. Erneuerbare Energien • Klimaschutz vs. Wirtschaftlichkeit kommunaler Anlagen • Gesetzgebung und Förderpolitik zielen nicht mehr auf dezentrale Anlagen • Sehr unterschiedliche Rahmenbedingungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Informationskampagnen, Rechenbeispiele • Integrierte Konzepte zur Steigerung der lokalen Wertschöpfung • Stärkere Förderung dezentraler Strukturen • Lokale geschlossene Wirtschaftskreisläufe, Koppel- und Kaskadennutzung • Übertragen von best practices auf andere Standorte



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie,
Leipzig, 21. September 2018

22
M.Sc. Katrin Beer



Bio-Ökopoli

Vorläufige Ergebnisse

Thematischer Hintergrund

Forschungsprojekt Bio-Ökopoli

Fallgruppe Bioenergie

Fallstudien

Zusammenfassung Themenfeld Bioenergie

1. Typische Rahmenbedingungen:

- Überschneidungen mit benachbarten Regelungsfeldern (Land-/Forstwirtschaft, Stadtplanung, Bau)
- Enger Zusammenhang mit Klimaschutzziele
- Stromsektor: Bereits stark reguliert, viele Änderungen, Tendenz zur Förderung großer Anlagen
- Wärmesektor: Enger Zusammenhang mit Gebäudesektor und Energieeffizienz, ungenutzte Potentiale

2. Umweltauswirkungen und Konflikte:

- Wirtschaftliche Interessen vs. Umweltschutz
- Komplexität, Abhängigkeit vom lokalen Kontext: Schwierig zu kommunizieren
- Starker Einfluss der Debatte um Biokraftstoffe
- Prioritäten: Food, feed, fibre, fuel

3. Lösungsansätze:

- Regulatorische Rahmenbedingungen müssen stabil, verständlich und verlässlich sein
- Vorurteile und Fehlinformationen durch Informationen und sachliche Diskussionen überwinden
- Vorhandene Potentiale für Nachhaltige Entwicklung Nutzen: Best Practices übertragen (Bioenergieidörfer, Bioenergiegenossenschaften), bestehende Infrastruktur nachhaltiger Nutzen (Biomethan im Erdgasnetz, Holzstaub in Kohlekraftwerken)
- Ausrichten von Policies an Klimaschutzziele, stärkere Förderung lokaler Strukturen
- Zielführende Nachhaltigkeitsindikatoren entwickeln: Zu erreichende (Emissions-)ziele als Ausgangspunkt
- Einbeziehen der Fachwelt und der Zivilgesellschaft bei der Ausgestaltung von Policies



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018

23

M.Sc. Katrin Beer



Bio-Ökopoli

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Politische Prozesse der Bioökonomie zwischen Ökonomie und Ökologie



<http://www.bio-oekopoli.de>
bio-oekopoli@fernuni-hagen.de



Prof. Dr. Anette Elisabeth Töller
FU Hagen
Projektleitung



Dr. agr. Daniela Perbandt
FU Hagen
Koordination, Indikatoren, eLearning



Dipl.-Pol. Thomas Vogelpohl
FU Hagen
Biokraftstoffe



Prof. Dr. Michael Böcher
OVGU Magdeburg
Projektleitung



M.A. Alexander Bollmann
FU Hagen
Biokunststoffe



M.Sc. Katrin Beer
OVGU Magdeburg
Bioenergie



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018

24

M.Sc. Katrin Beer



Bio-Ökopoli

Quellen

Literatur

BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2014). Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel. Konzept zur Förderung sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Forschung für die Bioökonomie

BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2010). Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030. Unser Weg zu einer bio-basierten Gesellschaft.

Böcher, Michael (2012): A theoretical framework for explaining the choice of instruments in environmental policy. In: Forest Policy and Economics 16, S. 14-22.

Böcher, Michael /Annette Elisabeth Töller (2012): Eigendynamik und Zufall als Triebkräfte der Umwelt-politik? Ein Ansatz zum Erklären

Böcher, Michael /Annette Elisabeth Töller (2012): Umweltpolitik in Deutschland. Eine politikfeldanalytische Einführung, Reihe Grundwissen Politik 50. Wiesbaden: Springer VS.

BÖR Bioökonomierat. (2010a). Empfehlungen zum Forschungsfeld Bioökonomie: Boden, Wasser und Landnutzung – Herausforderungen, Forschungs-, Technologie- und Handlungsbedarf.

BÖR Bioökonomierat. (2014). Auf dem Weg zur biobasierten Wirtschaft.

Europäische Kommission. (2012). Innovation für nachhaltiges Wachstum: eine Bioökonomie für Europa.

Guo, Mingxin, Song, Weiping, Buhain, Jeremy. (2015). Bioenergy and biofuels. History, status, and perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews 42, 712-725.

WBGU Wissenschaftlicher Beirat globale Umweltveränderungen. (2011). Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine große Transformation (Hauptgutachten). Berlin: WBGU.

WBGU Wissenschaftlicher Beirat globale Umweltveränderungen. (2009). Welt im Wandel - Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Berlin: WBGU.

Abbildungen

Quellenangaben auf den einzelnen Folien

Abbildungen ohne Angaben: Bio-Ökopoli Forschungsprojekt



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21. September 2018

25

M.Sc. Katrin Beer



Poster-Speedpresentation
Biochemische Konversion

Isabell Eickhoff, Universität Rostock

Development of an innovative process to digest press water from mixed household waste

Isabell Eickhoff, Prof. Dr. Michael Nelles, Dr. Nils Engler, Dorothee Säger

Universität Rostock

Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock

Tel.: +49 (0)381 498 3409

E-Mail: isabell.eickhoff@uni-rostock.de

Mixed household waste accounts to approximately 34.5% of the total MSW production in Germany. Of this, only about 17% have been recycled in 2015, although the share of recyclable, especially organic, materials is much higher. Especially this high amount of organic material makes the mixed household waste suitable and promising for fermentation. In 2015, the German company Sutco Recycling Technik GmbH introduced a new digestion technology called „BIOPV“ (biowaste press water digestion). This wet fermentation process is an alternative to dry fermentation and acts as pre-treatment to direct composting of separately collected biowaste improving the energy balance and the processing capacity of conventional composting plants.

During a mechanical pre-treatment, a shredder disintegrates the organic waste and a drum screen separates the <80 mm fraction. Afterwards, a pneumatic screw press removes the water content of the fine waste fraction. For organic waste, this leads to a volume reduction of approximately 50 m³ per ton of press water with a methane content of 60 to 65%. The new process has proven to have many advantages over conventional treatment methods with regard to energy efficiency, space requirements, financial viability, logistical processes and sustainability. Therefore, Sutco Recycling Technik GmbH, in conjunction with the Erbenschwanger Verwertungs- und Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (EVA) and the University of Rostock are partaking in a three-year R&D project „PV-R“ (mixed household waste press water digestion) to analyse how the technology can be adapted for the treatment of the organic fraction from mixed household waste. For this, a pilot plant is constructed and run as well as several experimental investigations are planned. The EVA provides its

MBT plant technology, the waste materials for the experiments in the project as well as the experience of their employees in the operation of the special equipment. Sutco, as owner of the overall process, supports the project with their experiences from their previous project, in form of an R&D contract. This PhD project is part of the „PV-R“ project and will support the project with various analytical investigations. The results of the analyses as part of the PhD project as well as the operating data of the pilot plant are used to optimize the process parameters and to adapt the process and the final plant layout. The PhD project focuses on various aspects:

- The optimization of the pressing process depending on the quality of the press water (total solids, organic total solids) and press cake (loss on ignition, dissolved organic carbon content)
- Energy and water balances
- Analysis of the deposit after the rotting with regard to deposition criteria according to the current landfill ordinance (organic dissolved carbon content, dissolved organic carbon content)
- Commissioning and optimization of the fermenters depending on the quality of the biosuspension and the biogas
- Adaptation of the fermenters to possible sand deposit
- Use of digestate as substitute fuel

At the moment, the project is in the construction phase of the pilot plant. The plant is estimated to be finished in December 2018. Cold commissioning will start end of 2018. Hot commissioning will most likely begin in February 2019 with first experimental results available in March. We hereby want to thank the DBU and EVA for their financial support, and all project partners for their commitment.

Development of an Innovative Process to Digest Press Water from Mixed Household Waste

Introduction and Motivation

During a previous R&D project a liquid digestion process called BioPV has been developed. This process is used to dissolve the organic material of biowaste into a liquid biosuspension. A screw press then removes the biosuspension (press water) from the solid press cake. The press water is fermented in biofilm reactors to produce biogas and the press cake is composted. Due to the technical and economic success of this initial project a new follow-up project PV-R focusing on mixed household waste has been started in 2016. Although many countries have already implemented a successful separation of their household waste, some countries are still in a transitional phase and especially for those countries such a process is of major interest since their mixed household waste will contain large amounts of organic material.

PV-R Project

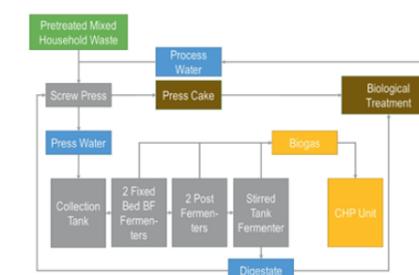
Partners:

- Sutco Recycling Technik GmbH
- Erbenschwanger Verwertungs- und Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (EVA)
- University of Rostock

Objectives:

- Adapt and optimize the process to the input material mixed household waste
- Improve existing MBT's energy efficiency

PV-R Process



- Mix household waste with water → Dissolve organic material in water
- Screw press → Separate press water from solid press cake
- Press water is digested in a series of fermenters to produce biogas
- Press cake enters biological treatment of MBT plant

Scientific and Technical Objectives of the Project

Objective	Description	Necessary Analyses
Optimization of the Press Technique	Adapt filter basket's perforation, pressing pressures and speed based on quality of press water and press cake	Press water: TS, VS Press cake: loss of ignition, DOC
Optimization of Fermentation Process	Quality of press water and sand discharge	Press water: DOC, TS, VS, ammonium, FOS/TAC Sand: DOC, loss of ignition, anaerobic degradation
Landfilling of Compost	Criteria of German landfill ordinance	DOC, loss of ignition, UHV, anaerobic degradation
Further Objectives	Energy and water balances, use of digestate as substitute fuel	Various

Economic Viability

First economic calculations based on preliminary tests in April and August 2016

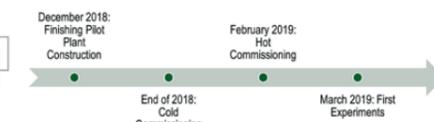
MHW + Digestate [Mg]	Resulting Press Water [Mg]	Retention Time in Fermenter [d]	Biogas [m ³ per Mg Press water]	Biogas [m ³ per Mg Biowaste]
100 + 60	60	4-8	90	54

When compared to biowaste

Biowaste + Digestate [Mg]	Resulting Press Water [Mg]	Retention Time in Fermenter [d]	Biogas [m ³ per Mg Press water]	Biogas [m ³ per Mg Biowaste]
100 + 75	75	8 - 10	55	42

→ Although we produce less press water, the gas formation potential is much higher!

Outlook



Acknowledgements

The project is partly funded by the DBU (German Federal Environmental Foundation) and partly self-financed by the EVA. We hereby want to thank the DBU and EVA for their financial support, and all project partners for their commitment.



AGRAR- UND UMWELTWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT | PROFESSUR ABFALL- UND STOFFSTROMWIRTSCHAFT | Universität Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6 | 18059 Rostock, Germany

M. Sc. Isabell Eickhoff, Dr. Nils Engler, Prof. Dr. mont. Michael Nelles

Ying Zhou, Universität Rostock

Products from food waste by HTC treatment and their utilization in anaerobic digestion

Ying Zhou, Dr. Nils Engler, Prof. Dr. Michael Nelles
Universität Rostock
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock
Tel: +49(0)381 4034 994
E-Mail: ying.zhou@uni-rostock.de

Food waste (FW) is traditionally disposed by landfills and incineration. And, there are many promising methods could realize the energy recovery from FW, such as anaerobic digestion (AD), feeding, composting and some thermal technologies. Recently, many studies began to research the hydrochar from HTC process. But most of them regarded the hydrochar as the energy material, soil conditioner or adsorption medium. While, in this study, HTC was used as the method to dispose food waste in different retention times, such as 1.5h, 3h and 4.5h in 225°C, and compare the characteristics of their products. Further, evaluate the potential biogas production from anaerobic digestion with products from 3 h, 225 °C. While, for the solid product, co-digestion was also discussed in this study. When the hydrochar added in the cellulose, the reaction rate increased. Except that, the hydrochar could also improve the methane production up to 5.56%. So, the finding of this study could provide special performance of products from food waste by HTC process and their utilization in anaerobic digestion

Products from food waste by HTC treatment and their utilization in anaerobic digestion

Introduction

Food waste (FW) is traditionally disposed by landfills and incineration. And, there are many promising methods could realize the energy recovery from FW, such as anaerobic digestion (AD), feeding, composting and some thermal technologies. Recently, many studies began to research the hydrochar from HTC process. But most of them regarded the hydrochar as the energy material, soil conditioner or adsorption medium. While, in this study, HTC was used as the method to dispose food waste in different retention times, such as 1.5h, 3h and 4.5h in 225°C, and compare the characteristics of their products. Furthermore, potential gas production was evaluated by using hydrochar in co-digestion.

Materials and methods

FW was obtained from the canteen of Rostock University. Using 250g of food waste with 450g of deionized water in the 1L Parr 4523 reactor (Fig.1 A) under autogenic pressure. The constant food waste-to-water ratio was 1:1.8. Test different retention times in 1.5h, 4.5h and 9h, with temperature at 225°C. The products from HTC process were the hydrochars and spent liquid (Fig.2). Hydrochar (3h, 225°C) was chosen to test with cellulose in co-digestion. Other hydrochars will test with food waste in other studies based on this research. Potential gas production was evaluated in ANKOM Gas Production System (Fig.1 B). The gas pressure could be monitored and then the cumulated pressure which increase considering the current ambient pressure could be recorded by the computer.

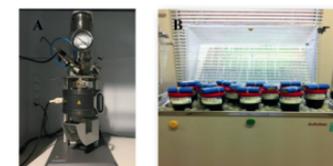


Fig.1. HTC reactor -1L (A) and ANKOM Gas Production System-500ml (B)

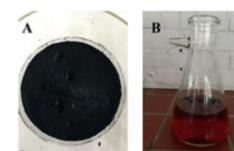


Fig.2. Hydrochar (A) and process water (B) from food waste by HTC disposal

Results

The mass yield of hydrochar decreased from 43.15% to 41.94% when the retention time increased from 1.5h to 4.5h. And carbon content in spent liquor also decreased as retention time increasing. While, the COD of spent liquor was at the low level when increasing the retention time.

Table 1. The properties of hydrochars and spent liquor

	Hydrochar (HTC-s)			Spent Liquor (HTC-l)	
	HHV (MJ/kg)	Total Carbon (g/kg)	Mass yield (%)	Total Carbon (g/L)	COD (g/L O ₂)
HTC-1.5h	31.15	760.7	43.15	11.63	32.4
HTC-3.0h	31.61	781.1	42.65	11.06	29.9
HTC-4.5h	31.95	783.2	41.94	10.92	28.5

Ying Zhou, Nils Engler, Michael Nelles

University of Rostock | Faculty of Agricultural and Environmental Sciences | Chair of Waste Management and Material Flow | D-18059 Rostock, Germany
ying.zhou@uni-rostock.de | nils.engler@uni-rostock.de | michael.nelles@uni-rostock.de

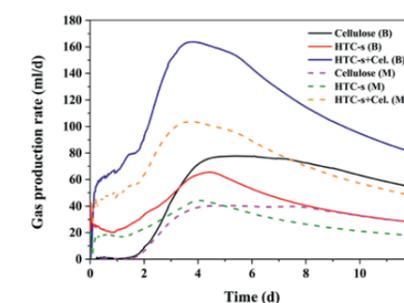


Fig.3. The gas production rate of products

Fig.3. showed that the cellulose just started to produce biogas after 2 days and the peak of gas production was appeared after the fourth day. The hydrochar had gas production at beginning but the maximum of gas production rate appeared at the similar time with the cellulose. While, when hydrochar added with cellulose in co-digestion, the HRT decreased and the gas production peak appeared before the fourth day. The tendency of methane production was accordance with biogas. The theoretical value is the summation of the values measured in single digestion of hydrochar and cellulose. In Fig.4., the most important is that the methane yield of hydrochar adding with cellulose, increased by 5.6% to compare with the theoretical value of them in co-digestion.

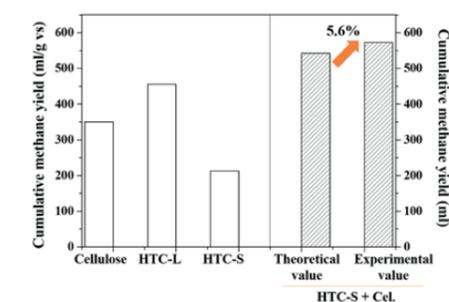


Fig.4. The cumulative methane yield of products

Conclusion

This study researched the effect of HTC retention time on the hydrochars behaviour and chosen one to test the performance of gas potential in AD process. The results revealed that adding the hydrochar-3.0h in cellulose could shorten the HRT, enhanced gas production rate and methane yield. This work suggested the feasible to use the hydrochar produced by FW in AD process to promote the performance of digestion with cellulose. And the further researches could be done to develop the application of hydrochar to complex bio-waste substrates (such as food waste).

Manuel Winkler, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Modellbasierte Prozessoptimierung von Biogasanlagen

Manuel Winkler, Dr. Sören Weinrich
Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341/2434-532
E-Mail: Manuel.Winkler@dbfz.de

Die von der Europäischen Union angestrebte Senkung der CO₂-Emissionen bis 2030 um 40 % bedingt grundlegende volkswirtschaftliche Veränderungen. Für den Strommarkt werden daher seit Jahren erneuerbare Kraftwerke in Deutschland errichtet, vor allem Windkraft- und Photovoltaikanlagen, welche das Potenzial haben, große Energiemengen ohne Treibhausgasemissionen zu geringen Kosten zu produzieren. Allerdings unterliegt Strom aus Wind und Sonne wetterbedingten Schwankungen, welche die Netzstabilität gefährden. Hier braucht es umfangreiche flexible Bereitstellungslösungen, um Engpässe auf dem Strommarkt auszugleichen. Als einzige erneuerbare Energieform mit Potenzial zur Grund- und Regellastfähigkeit kommt der Biogastechnologie eine Schlüsselrolle zu. Um Bestandsanlagen zur Flexibilisierung zu ertüchtigen und neue Anlagen flexibel auslegen zu können, bedarf es detaillierter Modelle zur Abschätzung der zu erwartenden Biogas-, Strom- und Wärmeproduktion.

Am DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH wurde bereits ein umfangreicher Vergleich vorhandener Modelle der anaeroben Fermentation durchgeführt. Im Zuge der praxisnahen Prozesssimulation konnte die große Anzahl an Komponenten und Parametern im etablierten Anaerobic Digestion Modell No. 1 (ADM1) reduziert werden, indem einzelne Abbaureaktionen zu sogenannten Bruttoreaktionen zusammengefasst wurden. Daraus ergeben sich vier Reduktionsstufen (ADM1-R1 bis ADM1-R4), welche jeweils einen Schritt im Biogasprozess vereinfachen. Diese Vereinfachungen schlagen eine Brücke zu in der Praxis etablierten, statischen Trockensubstanz-Bilanzen zur Abschätzung der zu erwartenden Gasproduktion.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Teilmodelle wich-

tiger Komponenten von Biogasanlagen, wie z.B. Fermenter, Gasspeicher und Blockheizkraftwerk sowie ein Gesamtanlagenmodell erstellt bzw. weiterentwickelt werden. Dieses erlaubt die Durchführung virtueller Versuche in großer Anzahl bei kurzer Dauer. Zudem macht es Betriebspunkte zugänglich, welche aus Kosten- oder Sicherheitsgründen experimentell nicht realisierbar sind. Auf das Modell sollen numerische Verfahren wie Sensitivitätsanalyse und Optimierung angewandt werden. Ziel ist es, Experten ein Werkzeug an die Hand zu geben, mit dessen Hilfe sie optimale Betriebsvarianten für Biogasanlagen ermitteln können.

Eine wichtige, praxisrelevante Anwendung des Gesamtanlagenmodells stellt die modellprädiktive Regelung und Prozessoptimierung von Biogasanlagen dar. Die prinzipielle Machbarkeit dieses Ansatzes an einem vereinfachten Anlagenmodell wurde bereits gezeigt, insbesondere die Anpassungsfähigkeit der Prozessbiologie und das Einsparpotenzial beim Gasspeicher. Anhand eines Optimierungskriteriums, wie z.B. maximale Erlöse aus der Direktvermarktung des eingespeisten Stroms, werden der ideale Verstromungsfahrplan, die zu produzierende Gasmenge und die dafür benötigte Substratmenge sowie Fütterungsintervalle ermittelt. Weiterhin ist geplant, mithilfe des Modells sich anbahnende Prozessstörungen frühzeitig zu erkennen, um gezielte Gegenmaßnahmen einleiten zu können.



Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ
gemeinnützige GmbH

Modellbasierte Prozessoptimierung von Biogasanlagen

Manuel Winkler und Sören Weinrich

Motivation und praktische Relevanz

- Ausgleich schwankender Strommengen aus Windkraft und Photovoltaik durch bedarfsgerechte Energiebereitstellung aus Biogas
- Neben Flexibilisierung auf Ebene der Anlagenhardware (Gasspeicherzubau und Erweiterung der installierten Leistung) bedarf es geeigneter Software zur dynamischen Vorhersage wichtiger Kenngrößen anhand von praxisnahen Prozessmodellen
- Ziel der Arbeit:** Entwicklung einer solchen Prozessregelung als Nachrüstlösung für moderne Biogasbestandsanlagen mit hohem Automatisierungsgrad
- Ermittlung wirtschaftlich optimaler und technisch machbarer Betriebspunkte im Zusammenspiel aus Fütterungs- und Fahrplananpassung

Prozessoptimierung

- Zielgröße:** Maximaler Mehrerlös (vgl. Abb. 2) aus EPEX-Direktvermarktung (European Power Exchange)
- Anpassung des Verstromungs- und Beschickungsregimes unter Berücksichtigung der biologischen Stabilität und Ober-/Untergrenze des Gasspeichers
- BHKW-Fahrplan: Zustand AN/AUS (binär) pro Stunde

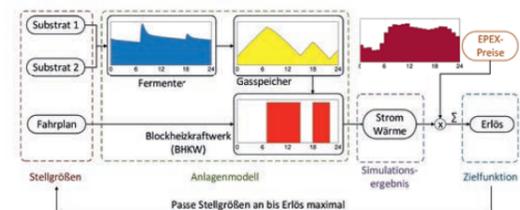


Abb. 2: Ablauf der modellbasierten Prozessoptimierung

Modellerstellung

- Verknüpfung von Teilmodellen einzelner Anlagenkomponenten zur Erstellung eines Gesamtanlagenmodells
 - Biochemisches Simulationsmodell des Biogasfermenters (einschließlich mikrobieller Wachstumskinetiken und Inhibitionen) [1] auf Basis des Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1)
 - Modelle des Gasspeichers und Blockheizkraftwerks (BHKW) in Anlehnung an [2]
- Programmierungsumgebung Matlab/Simulink
- Globale Sensitivitätsanalyse des Gesamtanlagenmodells [3] zur Identifikation einflussreicher Modellparameter und Eingangsgrößen (Analysen)

Experimentelle Validierung (in Planung)

- Versuche an großtechnischen Forschungs- und Praxisanlagen im Rahmen der Forschungsprojekte Gazelle [4] und Optiflex [5]
 - Forschungsbiogasanlage DBFZ, P_{inst} = 75 kW_{el}
 - Biogasanlage Köllitsch, P_{inst} = 104 kW_{el}
 - Forschungsbiogasanlage (Unterer Lindenhof) der Universität Hohenheim, P_{inst} = 190 kW_{el}



Abb. 3: Forschungsbiogasanlage am DBFZ

x: Differentielle, y: Algebraische, u: Eingangsgrößen, θ: Parameter, T: Temperatur, η: Wirkungsgrad

Abb. 1: Schematischer Aufbau des Gesamtmodells einer Biogasanlage

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Ansprechpartner: Manuel Winkler
manuel.winkler@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-532 | Fax: +49 (0)341 2434-133





1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Dirk Kirchner, Universität Leipzig

Entwicklung und Diskussion von Planungs- und Auslegungsmethoden für Biogashybrid-Inselsysteme unter Berücksichtigung der flexiblen bedarfsorientierten Biogaserzeugung

Dirk Kirchner, Prof. Dr. Daniela Thrän
Universität Leipzig
Ritterstraße 24
04109 Leipzig
Tel.: +49 (0)176 62517515
E-Mail: dkirchner@email.de

In Inselsystemen werden meist Dieselgeneratoren zur alleinigen Versorgung oder bei einer hybriden Versorgung, bestehend aus fluktuierenden Erzeugern wie Windkraftanlagen und PV-Anlagen, zum Ausgleich von deren Erzeugungsschwankungen eingesetzt. Dieselbasierte Inselsysteme weisen jedoch, je nach Lage des Inselsystems, hohe Stromentstehungskosten aufgrund hoher Transportkosten für den Diesel auf. Diese können laut IRENA, je nach Region, 10 bis 100 Prozent des Einkaufspreises von Diesel betragen. Durch den Einsatz von Biogasanlagen, entsprechendes Bioenergiepotenzial vor Ort vorausgesetzt, ließe sich der Dieselgenerator ersetzen und die Stromentstehungskosten senken.

Der Einsatz von bisherigen Biogasanlagenkonzepten führt, aufgrund der Diskrepanz zwischen der kontinuierlichen Biogaserzeugung bei bisherigen Konzepten und dem fluktuierenden Energiebedarf und der fluktuierenden Energieerzeugung, zu einem hohen Energiespeicherbedarf in Form von Gasspeichern oder elektrischen Energiespeichern. Durch eine flexible bedarfsorientierte Biogaserzeugung ließe sich die notwendige Speichergröße reduzieren. Entsprechende Konzepte wurden bereits von Hahn et al und von Ganagin et al und Mauky et al vorgestellt.

Die bedarfsorientierte Biogaserzeugung wird jedoch bei den derzeitigen Methoden zur Planung und Dimensionierung von biogasbasierten Inselsystemen nicht berücksichtigt, da diese von einer kontinuierlichen Biogaserzeugung ausgehen. Im Rahmen dieser Arbeit werden auf Basis von bisherigen Methoden zur Dimensionierung von hybriden Inselsystemen erste Ansätze zur Berücksichtigung der bedarfsori-

entierten Biogaserzeugung bei der Planung und Auslegung von Biogashybrid-Inselsystemen entwickelt und diskutiert. Hierzu erfolgt im ersten Schritt eine Gegenüberstellung bisheriger Verfahren zur Auslegung und Dimensionierung von hybriden Inselsystemen. Im zweiten Schritt erfolgt eine Analyse und Diskussion möglicher Erweiterungen der Verfahren zur Berücksichtigung der bedarfsorientierten flexiblen Biogaserzeugung. Die möglichen Erweiterungen basieren hierbei auf Arbeiten von Mauky und Gaida bezüglich der Entwicklung von Betriebsstrategien für eine bedarfsorientierte flexible Biogaserzeugung bei Bestandsbiogasanlagen und Neuanalgen europäischer Bauart.

Entwicklung und Diskussion von Planungs- und Auslegungsmethoden für Biogashybrid-Inselsysteme unter Berücksichtigung der flexiblen bedarfsorientierten Biogaserzeugung

Abstrakt

Bei den bisherigen Planungen von Biogasbasierten hybriden Inselsystemen wird von einer kontinuierlichen Biogaserzeugung ausgegangen. Dies führt, aufgrund der hohen Fluktuationen der Erzeugung aus Wind und PV-Anlagen zu großen notwendigen Biogasspeichervolumen. Dies ist mit entsprechend hohen Kosten für die Gasspeicher verbunden. Durch die Berücksichtigung des Fütterungsmanagements bei der Planung des Inselsystems ließen sich die Investitionskosten reduzieren. Im Rahmen der Arbeit werden verschiedene Möglichkeiten der Integration des Fütterungsmanagements in die Planung von hybriden Inselsystemen untersucht. Im Rahmen dieses Beitrags wird nur eine Möglichkeit skizziert. Weitere Möglichkeiten werden im weiteren Verlauf der Arbeit untersucht und dargestellt.

Einleitung

Hybride Inselsysteme bestehen in der Regel aus mehreren Erzeugern, einem Energiespeicher sowie aus einem Dieselgenerator als Back-up. Bei einem biogashybrid Inselsystem, welches Gegenstand der Untersuchung ist, entfällt der Dieselgenerator. Die Back-up-Funktion wird hierbei durch die Biogasanlage mit übernommen. In Abbildung 1 wird ein Schema eines biogashybrid Inselsystems zur Versorgung eines landwirtschaftlichen Betriebes dargestellt.

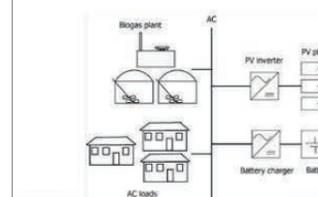


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Biogas-Hybrid-Inselsystems.

Bei der Auslegung des Inselsystems werden verschiedene Verfahren angewendet, welche im Rahmen der Arbeit dargestellt werden. Bei den bisherigen Ansätzen bei der Auslegung von biogashybrid Inselsystemen wird von einer konstanten Biogaserzeugung ausgegangen [1, 2]. Gerade bei hohen Energiefluktuationen führt dies zu großen notwendigen Gasspeichervolumen für die Zwischenspeicherung von Biogas, welches dementsprechend mit hohen Kosten verbunden ist. Die Biogaserzeugung lässt sich jedoch durch Fütterungsmanagement gezielt beeinflussen. Hierdurch kann der Gasspeicher verkleinert werden, wodurch wiederum Kosten eingespart werden können [3]. Unter Fütterungsmanagement versteht man die gezielte Beeinflussung der Biogaserzeugung durch gezielte Zugabe von Biomasse.

Materials & Methoden

Auf Basis von Literaturanalysen wird im ersten Schritt eine Zusammenstellung der am häufigsten verwendeten Optimierungsmethoden bei der Dimensionierung und Auslegung von Inselsystemen sowie zur Optimierung des Fütterungsmanagements durchgeführt. Basierend auf den Ergebnissen wird im zweiten Schritt nach den Kriterien verwendete Häufigkeit der Methode, Berechnungsdauer je Variable eine Methode für die Optimierung des Inselsystems sowie zur Optimierung des Fütterungsmanagements ausgewählt. Im darauffolgenden Schritt erfolgt die Analyse der Kombinationsmöglichkeit der beiden Verfahren.

Ergebnisse

Für die Optimierung des Fütterungsmanagements werden Unter anderem die modellpraktische Regelung sowie neuronale Ansätze verwendet [4]. Bei der modellpraktischen Regelung werden im Voraus verschiedene mögliche Zustände des Systems mithilfe eines mathematischen Modells des Systems analysiert. Der optimalste Zustand wird anschließend nach mehreren Kriterien ausgewählt und entsprechende Steuerungsgrößen für das System zur Erreichung des gewünschten Zustandes des Systems abgeleitet. Das mathematische Modell wird fortlaufend durch Messdaten des realen Systems kalibriert. Als mathematische Modelle des Biogasprozesses werden zum einen das ADM1 Modell verwendet [4], zum anderen Vereinfachungen des ADM1 Modells [5]. Beim ADM1 Modell wird der Biogasprozess detailliert mithilfe von Differenzgleichungen erster Ordnung nachgebildet [6]. Aufgrund der hohen Anzahl von Zustandsvariablen, das ADM1 Modell weist 32 Zustandsvariablen auf, ist, zur Erreichung einer kurzen Berechnungszeit, ein leistungsstarker Prozessor notwendig. Bei dem vereinfachten ADM1 Modell werden mehrere Reaktionen zusammengefasst. Die Genauigkeit des Modells ist für die Bestimmung der optimalen Parameter jedoch ausreichend [5]. Durch die Zusammenfassung von Prozessen reduziert sich die Anzahl der zu bestimmenden Zustandsvariablen, wodurch sich die Berechnung vereinfacht und die für eine kurze Berechnungszeit notwendige Rechenleistung sich verringert.

Bei der Dimensionierung und Auslegung von Inselsystemen werden am häufigsten intelligente Methoden, wie partikel swarm Optimierung oder der generische Algorithmus verwendet, gefolgt von Methoden der linearen Optimierung [7,8].

Ein möglicher Ansatz der Kombination der Optimierung des Fütterungsmanagements mit dem Verfahren der Auslegung und Dimensionierung des Inselsystems ist die Kopplung beider Verfahren mit Übergabeparameter. Übergabeparameter wären hierbei mögliche Biogaserzeugungspunkte in Verbindung mit Angaben bezüglich deren spezifischen Capex- und Opex-Kosten. Beim Start der Berechnung werden mögliche Gaserzeugungsvorgänge generiert und zusammen mit deren spezifischen Entstehungskosten an den Optimierer für die Dimensionierung und Auslegung des Inselsystems als sogenannte Punktwolke übergeben. Diese wählt, anhand der Kosten und Energiebedarf den entsprechenden Gaserzeugungsvorgang aus und sendet diese an den Optimierer des Fütterungsmanagements zurück. Auf Basis des ausgewählten Gaserzeugungsvorgangs werden für den nachfolgenden Berechnungsschritt wieder neue Gaserzeugungskurven erstellt und an den Optimierer für die Dimensionierung und Auslegung des Inselsystems übergeben. Der Ablauf wird schematisch in Abbildung 2 dargestellt.



Abbildung 2: Schematische Darstellung des Ablaufs des Austauschs der Gaserzeugungspunkte zwischen den beiden Optimierern.

Literatur

- [1] A. Bhatt, M. P. Sharma, R. P. Saini, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2016, 61, 53 – 69. DOI: 10.1016/j.rser.2016.03.030.
- [2] Distributed Renewable Energy for Off-Grid Communities: Strategies and technologies toward achieving sustainability in energy generation and supply (Eds. N. D. Bassam, P. Maegard, M. L. Schlichthof), Elsevier, Amsterdam, Boston 2013.
- [3] S. Bofinger, M. Bisau, C. Costa Gomez, J. Daniel-Gromie, N. Gerhardt, K. Hartmann, M. Jentsch, D. Kirchner, T. Reimann, V. M. Saint-Drenain, B. Schumacher, F. Schöne Meyer, T. Stetz, *Die Rolle des Stromes aus Biogas in zukünftigen Energieversorgungsstrukturen: Endbericht - Langfassung*, Harau 2010.
- [4] D. Gaida, *Dynamic real-time substrate feed optimization of anaerobic co-digestion plants*, Universität Leiden, Leiden 2014.
- [5] E. Mauky, S. Weierich, H.-J. Nägele, H. F. Jacobi, J. Liebertau, M. Nelles, *Chem. Eng. Technol.* 2016, 39 (4), 652 – 664. DOI: 10.1002/ceat.201500412.
- [6] D. J. Batstone, J. Keller, I. Angelidis, S. V. Kaluythny, S. G. Pavlostathi, A. Rizzo, W. T. M. Sanders, H. Siegrist, V. A. Vavilin, *Water Science & Technology* 2002, 45 (10), 65 – 73.
- [7] P. Prakash, D. K. Shastri, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2016, 57, 111 – 130. DOI: 10.1016/j.rser.2015.12.099.
- [8] R. Luna-Rubio, M. Trejo-Pereira, D. Vargas-Vázquez, G. J. Riva-Moreno, *Solar Energy* 2012, 86 (4), 1077 – 1088. DOI: 10.1016/j.solener.2011.10.016.

Fatih Gökgöz, Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Rostock

Koppelung von Strom- und dezentraler Kraftstofferzeugung in Biogasanlagen – Flexibilisierungsansatz und Potenzialstudie

Fatih Gökgöz, Velina Denysenko, Nadja Rensberg, Jaqueline Daniel-Gromke, Dr. Jan Liebetrau
 Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Rostock
 Justus-von-Liebig-Weg 6
 18051 Rostock
 Tel.: +49 (0)76 11004400
 E-Mail: Fatih.Goekgoez@dbfz.de

Biomethan ist ein hocheffizienter ökologischer Bio-kraftstoff. Es ist chemisch de facto identisch mit Erdgas und wird in Deutschland nach der Aufbe-reitung des Biogases fast ausschließlich direkt ins Erdgasnetz eingespeist. Der Einspeiseprozess dabei ist allerdings kostenintensiv und mit Mehraufwand verbunden. Die spezifischen Kosten dafür betragen ungefähr genau so viel wie die Aufbereitung selbst. Diese Einspeisekosten werden durch die EEG-Novelle, der Streichung des Gasaufbereitungsbonus und der Einsatzstoffvergütungsklassen für bestimmte Rohstoffe, nicht mehr kompensiert. Infolgedessen sind zukünftige Großanlagen mit Netzeinspeisung und anschließender dezentraler KWK-Verstromung nicht mehr wirtschaftlich und die Zahl neuer Bioga-saufbereitungsanlagen in Deutschland stark rück-läufig. Eine Möglichkeit sich dieser Situation zu stel-len, ist die Aufbereitung und der Absatz als Kraftstoff vor Ort, ohne eine technisch aufwendige und teure Netzeinspeiseanlage. Zum einen werden die hohen spezifischen Einspeisekosten eingespart und zum anderen wird durch die Kraftstoffnutzung des nahe-zu CO₂-neutralen Biomethans, eine zusätzliche Ein-nahme durch CO₂-Quotenverkaufe generiert. Weiter-hin besteht die Möglichkeit eine Biogasanlage (BGA) mithilfe einer bisher unbekanntenen Art und Weise zu flexibilisieren, so dass durch die zweigleisige Verwer-tung des Biogases folgende relevante Vorteile erge-ben:

- Erfüllung der Flexibilisierungsanforderung für die EEG-Anschlussforderung
- Einnahmen sowohl aus der Kraftstoffabsatz und der CO₂-Quotenverkaufe als auch vom Stromverkauf inkl. des Flexibilitätszuschlages. Potenziale für einen solches Anlagenkonzept bieten vor allem Standorte

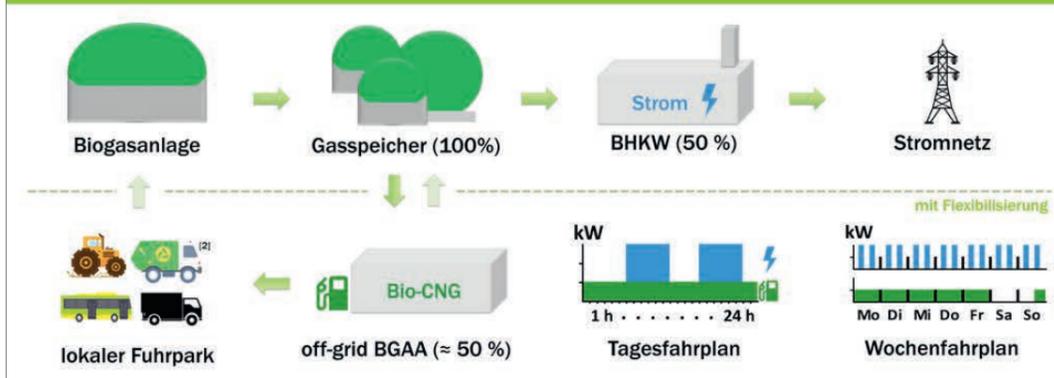
mit Biogas- und Absatzpotenzialen in der näheren Umgebung, wie z.B. in den Bioabfallanlagen, in den Klaranlagen, in der industriellen Landwirtschaft, sowie in der Lebensmittelindustrie. Im letzterem herrscht beispielsweise sowohl ein Angebot an orga-nischen Abfällen und somit das Potenzial für die Bio-gasproduktion als auch eine Nachfrage an Kraftstoff durch den Fuhrpark aus Logistikfahrzeugen.



Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

Koppelung von Strom- und dezentraler Kraftstofferzeugung in Biogasanlagen – Flexibilisierungsansatz und Potenzialstudie

Fatih Gökgöz¹, Velina Denysenko¹, Nadja Rensberg¹, Jaqueline Daniel-Gromke¹, Jan Liebetrau¹



1 Forschungsvorhaben

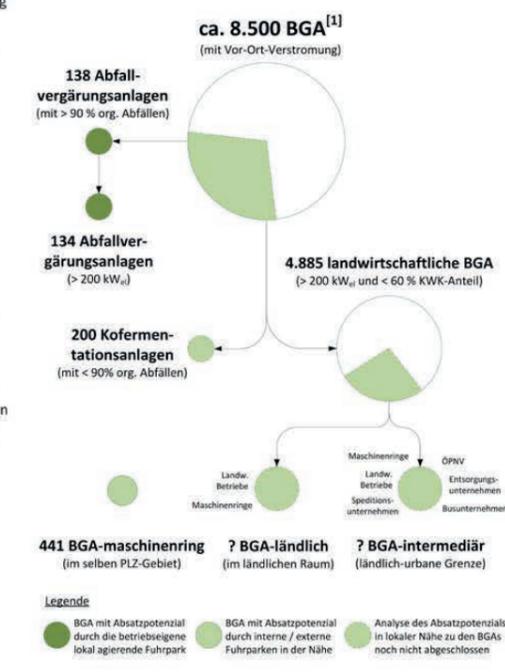
Im Rahmen der Promotion „Entwicklung und Optimierung netzautarker Biogasaufbereitungsanlagen mit integrierter Tankstellentechnik für eine lokale Kraftstoffversorgung mit Biomethan“ werden neben dem Schwerpunkt einer technischen Prozessoptimierung auch neue umsetzbare Anlagenkonzepte untersucht. In diesem Poster wird ein neuer Flexibilisierungsansatz für Biogasanlagen (BGA) mit Vor-Ort-Verstromung sowie das Umsetzungspotenzial in Deutschland vorgestellt.

2 Flexibilisierungsansatz

Das Neuartige in diesem Ansatz ist die Flexibilisierung der BGA durch eine anteilige Verschiebung der Biogasverwertung von der Stromproduktion auf die Kraftstofferzeugung (jeweils 50 %). Der Fokus liegt dabei auf BGA, die einen kalkulierbaren hohen Kraftstoffbedarf in der Nähe durch ein betriebserntes oder externes Fuhrpark aufweisen. Die Vorzüge dabei wären u. a.:

- Erfüllung der Flexibilisierungsanforderung für die EEG-Anschlussforderung mit 50 % Flexibilitätszuschlag ohne in die BHKW-Überbauung zu investieren
- zusätzliche Einnahmequelle die unabhängig vom EEG ist
- günstigere Gestehungskosten für Biomethan durch das Weglassen der Netzeinspeisungsanlage

Vorläufige Ergebnisse der Potenzialstudie



ca. 8.500 BGA^[1]
(mit Vor-Ort-Verstromung)

- 138 Abfallver-gärungsanlagen (mit > 90 % org. Abfällen)
- 134 Abfallver-gärungsanlagen (> 200 kW_e)
- 200 Kofermen-tationsanlagen (mit < 90% org. Abfällen)
- 4.885 landwirtschaftliche BGA (> 200 kW_e und < 60 % KWK-Anteil)

441 BGA-maschinenring (im selben PLZ-Gebiet) ? BGA-ländlich (im ländlichen Raum) ? BGA-intermediär (ländlich-urbane Grenze)

Legende

- BGA mit Absatzpotenzial durch die betriebseigene lokal agierende Fuhrpark
- BGA mit Absatzpotenzial durch interne / externe Fuhrparken in der Nähe
- Analyse des Absatzpotenzials in lokaler Nähe zu den BGAs noch nicht abgeschlossen

3 Potenzialstudie

Um das Umsetzungspotenzial zu ermitteln, wurde methodisch wie folgt vorgegangen:

- Festlegung von Standortkriterien wie Mindestleistung, KWK-Anteil
- Eingrenzung der Bestandsanlagen^[2]
- Untersuchung der lokalen Nähe zu pot. Absatzstellen, z. B. zw. BGA und Maschinenringen mit PLZ-Verschritt
- Anwendung des Stichprobenverfahrens zur Untersuchung der Peripherie landwirtschaftlicher BGA in zwei räumlichen Strukturen bzgl. des lokalen Absatzpotenzials

4 Fazit & Ausblick

Das Potenzial einer Kraftstofferzeugung in BGA mit lokalem Absatz ist - sowohl aus technischer als auch konzeptioneller Sicht - kurzfristig erschließbar. Die komplette Anlagentechnik ist ausgereift und kann schnell realisiert werden. Das Betriebskonzept bietet dabei eine wirtschaftliche Anlagenauslastung durch den Fokus auf Fuhrparks. Das Umsetzungspotenzial ist insbesondere bei dem Abfallvergärungsanlagen sehr hoch, da diese einen betriebserntes kontinuierlichen hohen Kraftstoffbedarf aufweisen. Bei den landw. BGA ist an der Grenze zum städt. Raum mit erhöhten Absatzpotenzialen zu rechnen. Der statistische Anteil an geeigneten Anlagen wird sich aber nachher im Stichprobenverfahren zeigen.

¹ DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
 Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
 Ansprechpartner: M.Eng. Fatih Gökgöz
 fatih.goekgoez@dbfz.de | Tel.: +49 (0)176 1100 4400

² Daniel-Gromke et al. (2017), DBFZ Report Nr. 30.
³ Paulsen, Bielefeld September 13, 2018, www.falicon.com.
⁴ DBFZ Datenbank Biogas sowie DBFZ-Auswertungen der BNetzA-Daten zur Stromerzeugung aus Biomasse (Bezugsjahr 2015)



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Jan Sprafke, Universität Rostock

Integration von Biogas- und Abfallvergärungsanlagen in industriellen Wärmeprozessen

Jan Sprafke
 Universität Rostock
 Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät / Professur Abfall- und Stoffstromwirtschaft
 Justus-von-Liebig-Weg 6
 18059 Rostock
 Tel.: +49(0)381-498-3416
 E-Mail: jan.sprafke@uni-rostock.de

Integration von Biogas- und Abfallvergärungsanlagen in industriellen Wärmeprozessen
 Um die Klimaschutzziele einzuhalten, ist es unumgänglich nicht nur den Strommarkt, sondern auch den Wärmemarkt auf regenerative Energien umzustellen. Biogas und insbesondere Biomethan sind dabei Schlüsselenergieträger durch deren hohes Substitutionspotenzial für Erdgas und den derzeit schon sehr hohen Erdgasanteil im Industriesektor. Die Bereitstellung und >Integration biogasbasierter thermischer Energie in den deutschen Wärmemarkt ist vergleichsweise teuer, die bereitgestellte Wärme wird oft nur ineffizient genutzt. Durch die Kombination von verschiedenen Konversionstechnologien ist es möglich, eine optimierte Wärmebereitstellung zu generieren und Prozessabläufe zu vereinfachen. Der gesamtdeutsche Endenergieverbrauch mit den Sektoren Verkehr, Haushalte, Gewerbe/ Handel/ Dienstleistungen (GHD) sowie Industrie lag im Jahr 2016 bei ca. 2542 TWh und im industriellen Sektor bei ca. 717 TW. Die Wärme, mit einem Anteil an der Endenergie von 53%, in Form von Warmwasser, Prozess- oder Raumwärme hat dabei einen besonderen Stellenwert im Gesamtsystem. Unter der Annahme das bei der Bilanzierung der Verkehrssektor entfernt wird, da er kein ortsverbundener Verbraucher ist und 99% seiner Endenergie in Form von mechanischer Energie umsetzt, ergibt sich sogar mit 80% Wärmeanteil am Gesamtenergiebedarf die Wichtigkeit der Implementierung regenerativer Energie in den verbliebenen Sektoren. Während die beiden Hauptsektoren Haushalte und Gewerbe/Handel/Dienstleistungen durch ihr relativ geringes Temperaturniveau für Warmwasserbereitstellung und Raumwärme und

den geringen Prozesswärmeanteil, durch regenerative Energieträger relativ einfach zu erschließen sind, gibt es im Bereich Industrie größere Herausforderungen zu bewältigen, die auf die Heterogenität des gesamten Sektors beruhen.

Inhaltlich sollen im Poster die Wirtschaftszweige mit einer guten Integrierbarkeit von Biogas bzw. BHKW-Abwärme aufgeführt werden sowie mögliche Herausforderungen bei der Integration im Rahmen Potenzialermittlung im industriellen Sektor. Fachlich wurde für diese Analyse ein Top-Down Ansatz gewählt das heißt Daten für den gesamten Industriesektor wurden analysiert, unter Berücksichtigung und Einbeziehung der vorher definierten Wirtschaftszweige. Zur Bestimmung der Potentiale wird folgende Methodik angewandt:

1. Analyse des industriellen Prozesswärmebedarfs
2. Analyse der Energieträger zur Endenergiebereitstellung
3. Auswahl industrieller Prozesse und Wirtschaftszweige
4. Ermittlung des Potenzials für Biogas

Die flexible und effektive Wärmebereitstellung in Form von Wärme, LBG, Biomethan oder Biogas insbesondere im industriellen Sektor ist eine der Schlüsseltechnologien im zukünftigen Energiemarkt. Weitere Vorteile sind im Bereich der industriellen Symbiose zu sehen durch die nachhaltige Nutzung von Stoff- und Energieströmen.



Integration von Biogas- und Abfallvergärungsanlagen in industriellen Wärmeprozessen

Hintergrund

Die Nutzung und Einbindung regenerativer Energie in industriellen Prozessen wird größtenteils über elektrische Energie realisiert. Während für die Erzeugung elektrischer Energie diverse regenerative Energieträger (Biomasse, Wind, Wasser, Solarstrahlung) genutzt werden können kann nur durch Biomasse, Geothermie und/ oder Solarthermie thermische Energie direkt bereitgestellt werden.

Die Herausforderung bei der Implementierung thermischer Energie im Industriesektor ist, dass der Großteil der thermischen Energie in Form von Prozesswärme benötigt wird. Im Gegensatz zum Temperaturniveau von Warmwasser und Raumwärme, dass durch regenerative Energieträger einfach zu erreichen ist, wird im Prozesswärmeniveau unterschieden zwischen Prozessen im Niedertemperatur- (<100 °C), Mitteltemperatur- (100-500 °C) und Hochtemperaturbereich (> 500 °C).

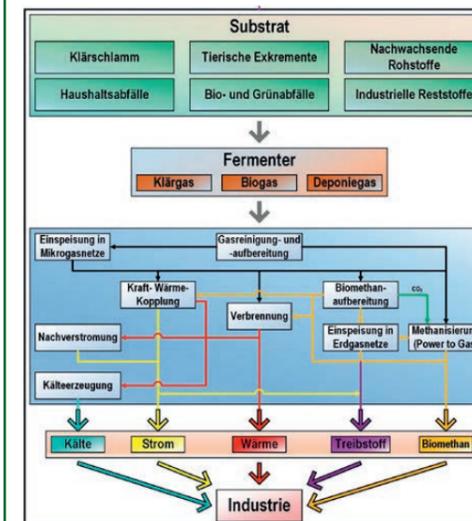


Abbildung 1: Technologiekette der Vergärungsprozesse

Schlussfolgerungen

1. Bioabfall- und Abfallvergärungsanlagen besitzen ein hohes Integrationsvermögen.
2. Durch die Nutzung von Biomethan als Brennstoff sind auch Prozesswärmen im Hochtemperaturbereich erzielbar.
3. Im Industriesektor besteht ein sehr großes Potential für thermische Energie aus Biomasse.
4. Dezentrale Energieerzeugung und -speicherung können eine lohnende Alternative bzw. Ergänzung zur konventionellen Energiebereitstellung sein und Ressourcen schonen.

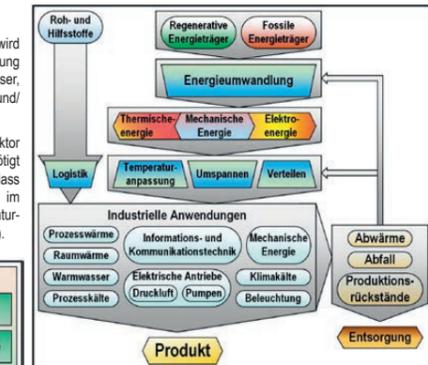


Abbildung 2: Industrielle Energiewandlungskette

Problemaufstellung
 Wie können Biogas- und Abfallvergärungsanlagen in industrielle Wärmeprozesse integriert werden?

Ziel und Methoden

- Abätzung des Integrationsvermögens durch:
- > Identifizierung von Schlüsseltechnologien zur Einbindung von Ab- und Überschusswärme aus Vergärungsanlagen (Abbildung 1)
 - > Ermittlung der industriellen Energiewandlungskette (Abbildung 2)
 - > Temperaturniveau ausgewählter Wirtschaftszweige sowie von KWK-, Produktions- und Verbrennungsprozessen
 - > Evaluierung der gängigen Energiebereitstellung (Abbildung 3)
 - > Untergliederung der Umwandlungsprozesse in:
 - Prozesse zur Nutzung thermischer Energie (z.B. Kälteanlagen, Wärmetauscher, Wärmenetze, Wärmepumpen)
 - Prozesse zur Umwandlung thermischer in elektrische Energie (z.B. Organic Rankine Cycle, Kalina-Kreisprozess, Stirlingmotoren, Dampfturbinen und -motoren)

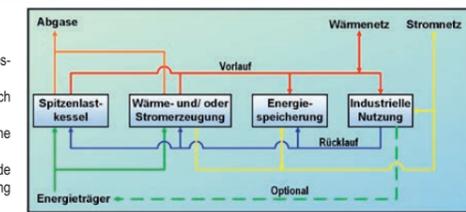


Abbildung 3: Industrielle Energiebereitstellung

Universität Rostock | Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät | Lehrstuhl für Abfall- und Stoffstromwirtschaft | Justus-von-Liebig-Weg 6 | 18059 Rostock

Jan Sprafke, Michael Nelles und Andrea Schüch

Poster-Speedpresentation
Thermo-chemische
Konversion

Saad Butt, Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig

High Temperature Oxidation of Pollutants on Solid State Catalysts

Saad Butt

Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig

Torgauer Str. 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-425

E-Mail: Saad.Butt@dbfz.de

In the present work, a new synthesis route i.e. solution combustion synthesis (SCS) has been introduced to coat ceramic substrates with different metal oxides catalysts. For this purpose, an extensive catalyst screening has been carried out, where eight potentially active catalysts for CO oxidation have been synthesized via SCS technique. The screening has been done in relation to two calcination temperatures of examined catalysts (i.e. 525 and 800 C). As the focus of this work is on developing a catalyst for a high temperature CO oxidation in a down-firing stove, the two most active catalysts for CO oxidation, namely Pd/La_{0.6}Ce_{0.4}MnAl₁₁O₁₉ and Pt/MnOx supported on Al₂O₃ foam have been characterized later using XRD, H₂ - TPR, mercury intrusion and SEM/EDX techniques.

Pt/MnOx/Al₂O₃ catalyst synthesized via SCS yielded a higher CO conversion, regardless of calcination temperature, as compared to impregnation route. The screening results showed that CO conversion of Pt/MnOx catalyst decreased from 80 % to 55 % when synthesized using SCS route and calcination temperature increased from 525 to 800 C. The characterization results revealed that poor redox properties of Pt/MnOx after calcination at 800 C reduced the CO conversion. In case of impregnation route, Pt/MnOx catalyst yielded only 37 % CO conversion owing to higher content of macropores. Pd/La_{0.6}Ce_{0.4}MnAl₁₁O₁₉/Al₂O₃ catalyst yielded the highest CO conversion of 94 % when synthesized using SCS route at 525 C. The CO conversion of the catalyst reduced from 94% to 77% after calcination at 800 C. The reduction in CO oxidation can be attributed to reduced specific surface area (higher content of macropores), less active larger elemental Pd particles, and larger crystallites of LaMnAl₁₁O₁₉ phase after calcination

at 800 C. The Pd doped hexaaluminate catalyst synthesized via impregnation route yielded only 2 % CO conversion owing to poor redox properties.

As a final step, Pt/MnOx and Pd doped hexaaluminate catalysts synthesized using SCS route have been installed in a down-firing stove to reduce CO emissions. Based on 100 h of operation in the stove, Pd doped hexaaluminate catalyst proved to be a more suitable choice for a long-term use in a combustion system.



Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

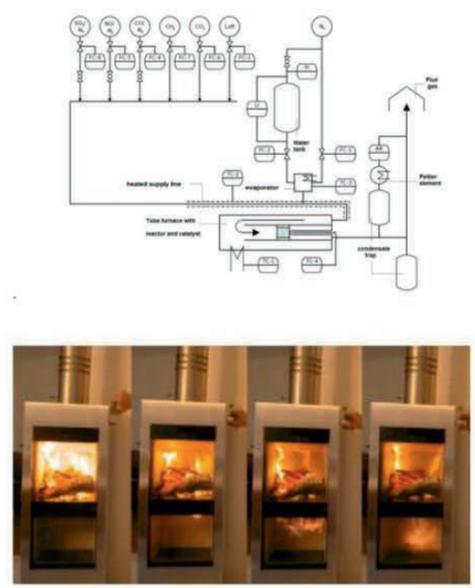
High Temperature Oxidation of Pollutants on Solid State Catalysts

M.Sc. Saad Butt

Aims and Objectives:

The scope of this work revolves around the synthesis of high-temperature stable catalysts and subsequently their integration into a unique down-firing stove ($Q_{\text{output}} = 8 \text{ kW}$). Against this backdrop, screening of a wide range of transition metal catalysts, principally based on their oxides, is the underlying focus of this study. Moreover, a new synthesis route has been developed for coating ceramic supports with catalysts.

Experimental Systems



Results and Conclusion:

Catalyst Screening + Installation in a Stove:

Various metal oxides based catalysts supported on Al₂O₃ foam have been examined on a test bed for respective CO conversion. Pt/MnOx and Pd/Hexaaluminate have been found to be the most active catalyst systems. In the end, both systems have been integrated into a down-firing stove in order to mitigate the emissions. Pd/Hexaaluminate catalyst has been found to be a suitable choice for a long-term application in a stove.

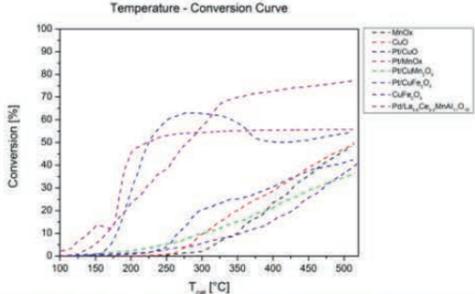


Fig.2: Temperature - Conversion curves corresponding to CO conversion with regard to various metal oxides based catalysts tested on a test bed

Tab 1: CO emissions from the down-firing stove with two catalyst systems installed in a fresh state

Experiment	CO[mg/Nm ³]	Reduction [%]
Without foam (1st heating period)	1443	
Uncoated foam (1st heating period)	3002	
Pt/MnOx (fresh)	870	40
Pd/Hexaaluminate (fresh)	1127	22

Tab 2: CO emissions from the down-firing stove with two catalyst systems after 100 h of aging

Experiment	CO[mg/Nm ³]	Reduction [%]
Without foam (2nd heating period)	3286	
Uncoated foam (2nd heating period)	3757	
Pt/MnOx (aged)	2126	35
Pd/Hexaaluminate (aged)	1147	65

Fig.1 : Top: Catalyst test bed for screening purpose; Bottom: Downfiring stove where the catalysts are envisaged to be installed in the lower chamber

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Ansprechpartner: Saad Butt
Saad.Butt@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-425 | Fax: +49 (0)341 2434-133



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Mirjam Müller, DBFZ/Hochschule für Technik und Wirtschaft Leipzig/Universität Leipzig

Charakterisierung und Integration für Oxidationskatalysatoren in Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen

Mirjam Müller

DBFZ / Hochschule für Technik und Wirtschaft Leipzig / Universität Leipzig

Torgauer Str. 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-473

E-Mail: Mirjam.Mueller@dbfz.de

Mit dem in den letzten Jahren steigenden Interesse für erneuerbare Energien und dem stetig wachsenden Umweltbewusstsein wird auch der Einsatz von Katalysatoren zur Emissionsminderung in Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen diskutiert. Bisher gibt es jedoch wenig Literatur zur Langzeitstabilität unter realen Betriebsbedingungen. Ebenso existiert keine umfassende Analyse des Verhaltens von Katalysatoren bei den vielfältigen Bedingungen, welche in Feuerungen wie Kaminöfen und Kesseln auftreten können. Da der katalytische Prozess von verschiedenen Prozessbedingungen abhängt, wird in einigen Fällen die gewünschte Emissionsminderung nicht oder nicht dauerhaft erzielt. Um eine effiziente Nutzung von Katalysatoren und somit eine hohe Aktivität und Langzeitstabilität zu garantieren, ist eine anwendungsspezifische Charakterisierung von Katalysatoren für Kleinfeuerungsanlagen sinnvoll.

Anhand des Betriebs von verschiedenen Feuerungen mit kommerziell verfügbaren Katalysatoren wurden essentielle Prozessparameter und deren Variation bei einem üblichen Praxisbetrieb analysiert. Einen wesentlichen Einfluss haben die Temperatur, die Druck- und Strömungsbedingungen als auch die Abgaszusammensetzung. Unterschiede können nicht nur bei verschiedenen Feuerungsanlagen auftreten, sondern auch in Abhängigkeit von der Verbrennungsphase oder auch dem eingesetzten Brennstoff. Während eine Reduzierung von Kohlenstoffmonoxid mit aktuell verfügbaren Edelmetallkatalysatoren vergleichsweise leicht möglich ist, sind die Anforderungen für die Minderung der ebenso auftretenden Kohlenwasserstoffe und Ruß wesentlich höher. Die Stabilität des Katalysators ist abhängig von der Zusammensetzung des Katalysators und

den Einsatzbedingungen.

Für die anwendungsspezifische Charakterisierung von Katalysatoren wurde eine Vorgehensweise entworfen, welche einen universellen Datensatz für den geeigneten Einsatz von Katalysatorproben in Biomasse-Kleinfeuerungen generieren soll, mit dem Ziel die Integration von Katalysatoren in Feuerungsanlagen zukünftig effizienter zu gestalten. Die Vorgehensweise wird mit drei kommerziell verfügbaren Katalysatorproben evaluiert. Aufgrund der in verschiedenen Literaturquellen beschriebenen hohen Aktivität für die Oxidation von Kohlenstoffmonoxid und Kohlenwasserstoffen wurden Manganoxid und dessen Kombination mit den Edelmetallen Platin und Palladium als aktive Phase für die Katalysatoren ausgewählt. In einem ersten Schritt wurde in einer Laboranlage bereits der Einfluss einiger Parameter unter Nutzung von Modellgas und statistischer Versuchsplanungsmethoden untersucht. Einen bedeutenden Einfluss hatten die Konzentration von Sauerstoff und die Konzentration der als Modellschadstoff genutzten Komponente Kohlenstoffmonoxid sowie die Raumgeschwindigkeit. Weiterhin wurden bereits Unterschiede hinsichtlich der thermischen Stabilität der Proben festgestellt. Die Proben mit Manganoxid und den Edelmetallen als aktiver Phase waren deutlich aktiver und stabiler als die Probe mit ausschließlich Manganoxid. Nach den Ergebnissen der Modellgasuntersuchungen ist bei allen Katalysatorproben eine deutliche Kohlenstoffmonoxidminderung im Realfall zu erwarten.



Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

Charakterisierung und Integration für Oxidationskatalysatoren in Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen

Mirjam Müller

FORSCHUNGSTHEMA

Mit dem Interesse für erneuerbare Energien und wachsendem Umweltbewusstsein gewinnt die Katalysatornutzung zur Emissionsminderung in Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen an Bedeutung. Um eine effiziente Nutzung von Katalysatoren zu garantieren, ist eine anwendungsspezifische Charakterisierung von Katalysatoren vor dem Praxiseinsatz sinnvoll. Daher wurde eine Vorgehensweise für die Charakterisierung von Katalysatoren entworfen, welche deren Integration in Feuerungsanlagen zukünftig effizient gestalten soll.

MATERIAL & METHODEN



Abb. 1: Vorgehensweise zur anwendungsspezifischen Charakterisierung von Katalysatorproben für Biomasse-Kleinfeuerungen

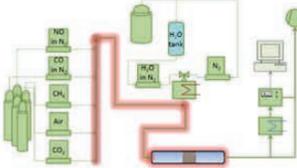


Abb. 2 (links): Schematische Darstellung der Laboranlage zur Durchführung der Modellgasuntersuchungen (Variation der Temperatur und Raumgeschwindigkeit sowie Test Einfluss der Hauptabgaskomponenten)

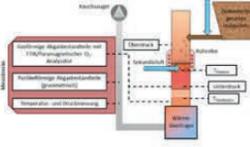


Abb. 3 (rechts): Schematische Darstellung der Laboranlage zur Durchführung der Realgasuntersuchungen (Aktivität und Alterung im Realgas, Beobachtung katalysatorinduzierter Prozessänderungen)

ERGEBNISSE

Die Vorgehensweise wurde exemplarisch mit kommerziell verfügbaren Katalysatorproben durchgeführt. Die Untersuchungen im Modellgas zeigten die prinzipielle Wirksamkeit der Katalysatoren und erste Trends in Bezug auf die Einsatzbedingungen.

- Kombination von Manganoxid mit Edelmetallen aktiver und stabiler

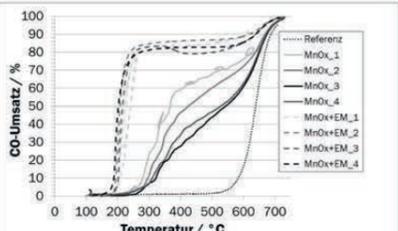


Abb. 4: Temperatur-Umsatz-Kurven in vier aufeinanderfolgenden Zyklen während der Modellgasuntersuchungen beginnend mit einer frischen Probe (MnOx = Manganoxid; EM = Edelmetalle; CO = Kohlenstoffmonoxid; Zwischen dem 2. und 3. Zyklus lagen eine mehrstündige Alterung bei 550 °C)

Ergebnis eines Faktor-Stufen-Tests zu Variation einzelner Parameter bei 550 °C im anwendungsspezifischen Bereich:

- Einfluss auf Konversionsrate durch: Konzentration O₂, Konzentration CO sowie Raumgeschwindigkeit
- Für NO und H₂O wurden keine bedeutenden Effekte beobachtet

Bei der Untersuchung der Katalysatoren im Realgas (bei 400-500 °C) bestätigte sich die bessere Wirksamkeit des Katalysators mit Edelmetallen.

- Geringere Konversionsraten als im Modellgas – bestimmte CO-Umsatzraten im O₂-Bereich 1-14 Vol.-% für MnOx 11-44 %, für MnOx+EM 40-65 %
- Mögliche Ursache: Veränderte Abgaszusammensetzung mit zusätzlichen Komponenten, darunter Staubpartikel

Zusammenfassung und Ausblick

Mit der aufgestellten Vorgehensweise zur Katalysatorcharakterisierung lässt sich die prinzipielle Eignung von Katalysatoren feststellen und ein Einsatzfenster für den Anwendungsfall in Biomasse-Kleinfeuerungen ermitteln. Finale Versuche an einer normalen Feuerung zur Evaluierung der Untersuchungen sind geplant.

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Ansprechpartner: Mirjam Müller
Mirjam.Mueller@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-473 | Fax: +49 (0)341 2434-133

In Zusammenarbeit mit:  UNIVERSITÄT LEIPZIG

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 21./21. September 2018

Amirhossein Zareihassangheshlaghi, Universität Leipzig

Impact of Varying Heating Regimes on Biogenic Silica Obtained from Rice Husk

Amirhossein Zareihassangheshlaghi, Hossein Beidaghy Dizaji, Prof. Dr. Mehdi Bidabadi, Dr. Ingo Hartmann, Dr. Volker Lenz, Prof. Dr. Dirk Enke, Thomas Zeng, Universität Leipzig
Ritterstraße 26, 04109 Leipzig
E-Mail: az2quhe@studserv.uni-leipzig.de

The present trend of rising energy consumption and the depletion of fossil resources is expected to stimulate an increase of renewable energy consumption. Beside solar and wind energy, bioenergy production, in particular the including exploitation and valorization of agricultural side products and biogenic residues will play an important role to enable this sustainable development. In this way, unique opportunities to combine energy generation, e.g. in biomass boilers, with the production of a valuable material is of great importance. Consequently, innovative and integrated approaches producing biogenic silica by burning SiO_2 -rich biomass such as rice straw and rice husk may contribute to this development. However, several measures have to be taken to significantly improve the technical application properties of the resulting rice straw and rice husk ash (porous silica-te), i.e.

porosity, specific surface, pore size, pore volume, particle size, completely amorphous, and thus further increase its potential for new innovative applications or as a substitute for industrial silicates. Since pretreatment affects RH composition of cellulose, hemicellulose, and lignin, it will differ thermal decomposition of RH. With knowing that removal of Carbonaceous Constituents during thermochemical conversion might be improved depending on the pretreatment strategy. The objective of the present work was to develop efficient pretreatment and thermal program to produce highly pure biogenic silica from RH. Thus, this study presents two routes to extract amorphous silica (SiO_2) from an Italian rice husk (RH) under specific thermal conditions. The first route was from unwashed rice husk and the second route was based on thoroughly washed rice husk (RHW) with distilled water at 60°C for 24 hours. A multi-step temperature

program was designed based on the results of Simultaneous Thermochemical Analysis (STA) for each of the samples to facilitate decomposition of organic compounds in the RH samples. Hence, each sample was heated up at 10 K/min to 170 , 300 , and 575°C . It was held for 1 h at 170 and 300°C , and for 10 h at 575°C . To determine the necessity of long residence time in the last step we repeated the experiment with different residence time.

The same study conducted in the conditions at which the heating rate of muffle furnace was 1 K/min . Remained RHA containing biogenic silica was characterized using different techniques, the elements of the resultant product determined by Energy-dispersive X-ray Spectroscopy (EDX), also amorphous nature of silica confirmed by X-ray Diffraction (XRD) and the microstructure and morphology by Scanning Electron Microscopy (SEM). The porosity and specific surface area were determined by using the Brunauer-Emmet-Teller (BET) method.

The extra steps also conducted to examine the necessity of multi-step temperature program to have an increased purity in the resultant rice husk ash (RHA). For this aim after measuring the morphology and chemical composition of resultant rice husk ash the best residence time and the best heating rate were chosen. Further study is planned to design precise temperature programs in order to reduce remaining organic components as much as possible, and consequently to produce highly pure biogenic silica for some high-tech applications such as zeolites synthesis, ordered mesoporous materials, catalyst support, or adsorbents, while applicability will be transferred to commercially available small scale combustion appliances in the future.



Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

Impact of Varying Heating Regimes on Biogenic Silica Obtained from Rice Husk

Amirhossein Zareihassangheshlaghi^{1,2}, Hossein Beidaghy Dizaji^{1,2}, Thomas Zeng², Ingo Hartmann², Volker Lenz², Dirk Enke¹, Mehdi Bidabadi³

INTRODUCTION

Optimized thermal treatment in burning of Italian rice husk (RH) to elevate the quality of obtained silica with efficient removing of impurities (Table. 1) is performed in order to yield purity, specific surface area (Table. 2), while avoiding crystallization (Fig. 2).

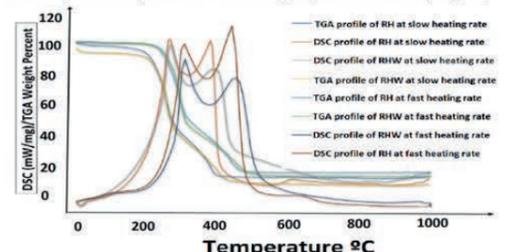


Fig. 1: DSC and TGA profile of samples obtained from thermal analysis.

MATERIALS AND TECHNIQUES

Based on TGA/DSC curves for each sample, after thoroughly washing RH for 24 h, RH-Washed (RHW) heated to 1 K/min to 170 , 300 , and 575°C . It was held for 1 h at 170 and 300°C , and for 10 h at 575°C . The same study conducted in the heating rate of 10 K/min with sequential steps at 150 , 330 and 650°C .

Mode	Code	Material	Heating Rate	Heating Time	Maximum Temperature
1	A	RH	Slow-1°C/min	10h	575°C
	B	RHW	Slow-1°C/min	10h	575°C
	C	RH	Slow-1°C/min	1h	575°C
2	D	RHW	Slow-1°C/min	1h	575°C
	E	RH	Fast-10°C/min	1h	650°C
3	F	RHW	Fast-10°C/min	1h	650°C
	G	RH	Fast-10°C/min	10h	650°C
4	H	RHW	Fast-10°C/min	10h	650°C



Table. 1: 4 modes of temperature-programmed combustion designed based on TGA/DSC analysis of all 8 samples.

Combustion Mode	Code	Material	Structure	Ash content (wt %)	SSA (m ² /g)
Fast Heating Rate and 10h Holding Time	A	RH	Amorphous	16.03%	80
	B	RHW	Amorphous	14.69%	231
	C	RH	Amorphous	15.43%	125
Fast Heating Rate and 1h Holding Time	D	RHW	Amorphous	13.86%	226
	E	RH	Amorphous	15.74%	178
Slow Heating Rate and 1h Holding Time	F	RHW	Amorphous	15.52%	274
	G	RH	Amorphous	15.73%	140
Slow Heating Rate and 10h Holding Time	H	RHW	Amorphous	15.52%	234

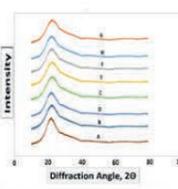


Fig. 2: XRD analysis of the ash samples

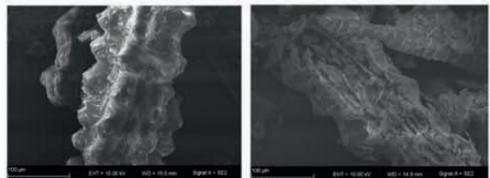


Fig. 3: SEM images from resultant ashes.

Sample Code	A %Weight	B %Weight	C %Weight	D %Weight	E %Weight	F %Weight	G %Weight	H %Weight
SiO_2	95.466	98.55	95.469	97.752	95.399	91.335	94.758	96.041
P_2O_5	1.677	0.14	1.503	0.152	0.181	1.508	1.618	0.197
K_2O	1.5	0.075	1.464	0.103	0.142	1.404	1.440	0.049
CaO	0.758	0.578	0.737	0.614	0.686	0.679	0.666	0.557
MgO	0.281	0.277	0.454	0.322	0.371	0.464	0.476	0.267
SO_2	0.148	0.131	0.235	0.134	0.138	0.265	0.265	0.110
Fe_2O_3	0.056	0.04	0.053	0.039	0.032	0.049	0.049	0.042
Al_2O_3	0.073	0.022	0.063	0.025	0.015	0.053	0.050	0.021
Others	0.041	0.102	0.022	0.859	3.036	4.243	0.684	2.716

Table. 3: Chemical composition of ash samples obtained from ICP analysis. Others measured inorganic oxides from Mn, Cr, Ba, Cl, Cu, Li, Ni, Zn and Ti.

RESULTS

- ✓ The maximum purity of silica belongs to combustion of RHW in second mode of temperature-programmed burning with over 97% purity confirmed by ICP analysis. (Table. 3).
- ✓ No sharp peak observed in XRD profiles: Amorphous SiO_2 (Fig. 2).
- ✓ In BET analysis: Both increasing of heating rate and holding time, decrease the specific surface area. (Table 2).
- ✓ In SEM images: The decomposition starts from inner epidermis.

CONCLUSION

- ✓ In overall, it can be concluded that holding time seems not to be a remedy for thermal treatment in extraction of silica.
- ✓ Higher specific surface area and purity obtained from washed RH samples.
- ✓ Also, results showed that, pretreatment with water decrease the concentration of K_2O and P_2O_5 .

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Contact Person: Hossein Beidaghy Dizaji
hossein.beidaghy@dbfz.de | Phone: +49 (0)341 2434-539 | Fax: +49 (0)341 2434-133




¹ University of Leipzig, Department of Chemical Technology, Leipzig, Germany
² DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig, Germany
³ Iran University of Science and Technology (IUST), Department of Energy Conversion, Tehran, Iran

Dennis Krüger, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Hochflexible Stromerzeugung durch Mikro-KWK-Systeme unter Nutzung von Holzkohle

Dennis Krüger
 Universität Rostock
 Torgauer Straße 116
 04347 Leipzig
 Tel.: +49 (0)341 2434-759
 E-Mail: dennis.krueger@dbfz.de

Durch die steigende Einspeisung erneuerbarer Energien in die Stromnetze, allem voran aus volatilen Quellen wie Solar- oder Windenergie, werden zukünftig verstärkt große Energiespeicherkapazitäten sowie Erzeugeranlagen mit einer schnellen Regelfähigkeit und einem weiten Lastbereich benötigt.

Im Bereich der Mikro-KWK-Anlagen kleiner 1 kWel konnte anhand eines Laborversuchsträgers mit einer Nennleistung von 550 W_{el} gezeigt werden, dass bei der Verwendung von Holzkohle sowohl ein sehr weiter und stabiler Lastbereich von ca. 18 - 100 Prozent Pel als auch eine sehr schnelle Regelfähigkeit von deutlich unter einer Minute im Bereich von 18 bis 91 Prozent Pel möglich ist.

Darüber hinaus verfügt das System auch über die Möglichkeit innerhalb eines begrenzten Rahmens eine Verschiebung zwischen elektrischer und thermischer Leistung vorzunehmen, so dass anstatt elektrische und thermische Leistung simultan zu verringern, die thermische Leistung angehoben und die elektrische Leistung verringert werden kann. Dies bietet interessante saisonale Regel- und Reaktionsoptionen zum netzdienlichen Anlagenbetrieb.



Hochflexible Stromerzeugung durch Mikro-KWK-Systeme unter Nutzung von Holzkohle

Dennis Krüger

Einleitung

Durch die steigende Einspeisung erneuerbarer Energien in die Stromnetze, allem voran aus volatilen Quellen wie Solar- oder Windenergie, werden zukünftig verstärkt große Energiespeicherkapazitäten sowie Erzeugeranlagen mit einer schnellen Regelfähigkeit und einem weiten Lastbereich benötigt.

Versuchsaufbau

Das Mikro-KWK-System (Abb. 1) besteht aus einem Gegenstrom-Festbettvergaser, Elementen zur Gasaufbereitung und Vormischung, einem Gasmotor mit elektrischem Generator und einem Wärmetauscher für das Abgas. Nach Kühlung und Filterung wird das Produktgas zum Gasmotor geleitet. Dieses wird mittels Lambda-Regelung in einem weiteren Schritt noch mit Luft zur Verbrennung vorgemischt.

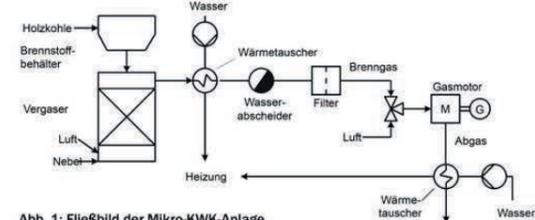


Abb. 1: Fließbild der Mikro-KWK-Anlage

Elektrische Leistungsregelung

Die Anlage hat eine maximale Leistung von 550 W_{el}. Die Leistungsregelung erfolgt mittels Brenngasdrosselung oder durch Lastverschiebung mit Hilfe der Motorsteuerung. Aufgrund dieser zwei unterschiedlichen Wege der Leistungsregelung ist es möglich, bei gleicher elektrischer Leistung mehr oder weniger thermische Leistung zur Verfügung zu stellen (Abb. 2).

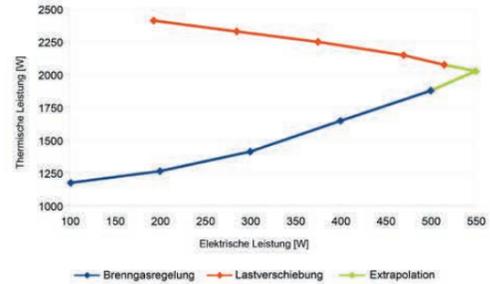


Abb. 2: Anlagensregelung mittels Drosselung der Brenngaszufuhr und Lastverschiebung

Schnelles Lastwechselverhalten

Die Anlage bietet ein schnelles Lastwechselverhalten. Bei der Leistungsregelung mit Drosselung der Brenngaszufuhr ist es möglich die elektrische Leistung zwischen 18 % und 91 % in ca. 30 s zu verändern (Abb. 3). Bei Lastverschiebung dauert es ca. 60 s um die elektrische Leistung im Bereich von 36 bis 91 % zu ändern.

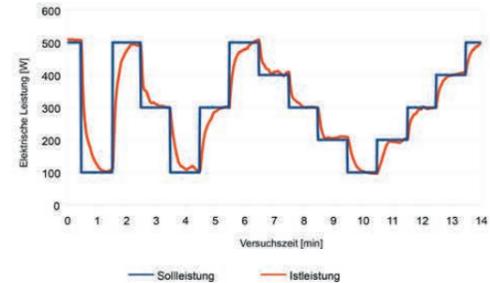


Abb. 3: Lastwechselverhalten bei Leistungsregelung mit Brenngaszufuhr

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
 Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
 Ansprechpartner: Dennis Krüger
 Dennis.krueger@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-759 | Fax: +49 (0)341 2434-133



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, 20./21. September 2018

Johann Hee, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Entwicklung qualitativ hochwertiger, naturbelassener Holzpellets zur eindeutigen Herstellerzuordnung vor und nach der Verbrennung

Johann Hee, Thomas Horst
RWTH Aachen
Templergraben 55
52062 Aachen
Tel.: +49 (0)241 8095 715
E-Mail: hee@teer.rwth-aachen.de

Fragestellung

Das Heizen mit Holzpellets hat sich in Deutschland in den letzten 20 Jahren stetig etabliert. So gilt Deutschland mittlerweile europaweit als umsatzstärkster Markt für Holzpellets und Pelletheizungen. Die vollautomatisierten Anlagen treten dabei in direkten Wettbewerb mit konventionellen, fossil befeuerten Heizungen. [1] Bis Ende 2017 ergab sich ein Bestand von 436.750 Pelletfeuerungen, mit einem prognostizierten Zubau von ca. 30.000 Anlagen für das Jahr 2018. [2] Der für die Pelletproduktion nötige Rohstoff Holz stammt in Deutschland zu 90 Prozent aus heimischer und nachhaltiger Waldbewirtschaftung. Durch den Einsatz dieser hochwertigen Ausgangsstoffe, ist es möglich hohe Qualitätsstandards einzuhalten. Im Zuge dessen sind 99 Prozent der in Deutschland produzierten Pellets nach DINPlus oder ENPlus zertifiziert. [3]

In der Praxis zeigen sich beim Endverbraucher dennoch vereinzelt Störungen bis hin zu Schäden an der Anlagentechnik. Häufig sind Verschlackungen der Brennkammer oder Korrosion aufgrund mangelhafter Brennstoffqualität die Ursache. Ein eindeutiger Herkunftsnachweis bzw. die Identifikation des Pelletherstellers ist anlagenbetreiber- bzw. herstellerseitig kaum möglich. So können auch Holzpellets aus Tropenhölzern und mit Schadstoffen belasteten Althölzern von Dritten mit tatsächlich hochwertigen Pellets vermischt werden. Diese werden dann fälschlicherweise als Produkte des ursprünglichen Pelletherstellers deklariert. Die Folge sind Kundenreklamationen sowie Unsicherheiten in die Glaubwürdigkeit der Qualitäts- und Nachhaltigkeitsver-

sprechen. Die aus den Betriebsstörungen resultierenden Kosten für Reparaturen und Stillstandszeiten werden vom Anlagenbetreiber beim Pellethersteller geltend gemacht, was neben dem Imageverlust eine zusätzliche finanzielle Belastung bedeutet.

Das vorgestellte Projekt hat im Rahmen einer AiF ZIM Förderung die Entwicklung optischer und analytischer Kontrollverfahren zur Nachverfolgung von Holzpellets sowohl vor als auch nach der Verbrennung zum Ziel. Diese Maßnahmen dienen zur Qualitätssicherung und Steigerung der Markttransparenz.

Durchführung

Zur optischen Identifikation werden Markierungsverfahren aus anderen Industriezweigen hinsichtlich der mechanischen Belastung der Holzpellets, Markierungsgeschwindigkeit, Möglichkeit der Integration in den bestehenden Produktionsprozess sowie der Wirtschaftlichkeit recherchiert und evaluiert. Von großer Bedeutung sind zudem die Umweltverträglichkeit und die Dauerbeständigkeit der Markierung. Ausgewählte Verfahren werden im Labormaßstab getestet und die markierten Pellets gemäß den Zertifizierungsvorgaben analysiert. Für die eindeutige Herkunftsbestimmung nach der Verbrennung wird eine Matrix für Additive erstellt, welche nach der Verbrennung analytisch vollständig nachweisbar, umweltverträglich und wirtschaftlich sind. Zudem wird beachtet, dass die Additive sich in der Materialzusammensetzung von der des Holzes nicht unterscheiden, um der Naturbelassenheit gemäß der

1. BImSchV zu genügen. Die entwickelten Rezepturen werden im Labormaßstab und in Großanlagen beim Industriepartner getestet und mögliche Änderungen der Pelleteigenschaften untersucht.

Ergebnisse

Als Markierungsverfahren zum optischen Nachweis wurde die Bedruckung mit Lebensmittelfarbe ausgewählt. Die für den Druck nötige Vereinzelnung und Sortierung der Pellets konnte durch am Markt verfügbare Trommelsortierer für Metallstifte und Federn dargestellt werden.

Das Verfahren hat keinen messbaren Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Pellets. Mehrere potenzielle Additive wurden untersucht und in unterschiedlichen Rezepturen der Pelletierung zugeführt. Nanoskalige Elemente in Reinform erwiesen sich als ideale Lösung. Eine Änderung der mechanischen Eigenschaften der Holzpellets konnte nicht nachgewiesen werden. Das Erweichungsverhalten der Asche änderte sich geringfügig, lag jedoch weiterhin über den Vorgaben der Zertifizierungsanforderungen. Der analytische Nachweis konnte durch ICP-MS- und REM-EDX-Verfahren erbracht und die in den Verbrennungsrückständen enthaltenen Additive eindeutig zu-gewiesen werden.

Wissenschaftlicher Beitrag

Die Ergebnisse aus den experimentellen Untersuchungen im Projekt sollen Aufschluss über die Möglichkeiten einer eindeutigen Herstellerzuordnung von Holzpellets im Sinne einer Qualitätssicherung unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen geben. Die entwickelten Pellets können durch die Nachverfolgbarkeit als Beispiel der Produzentenverantwortung gesehen werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): Pelletheizungen Marktübersicht. FNR, 2013
[2] Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband: Pelletfeuerungen. Pelletfeuerungen in Deutschland. URL: <https://depv.de/de/pelletfeuerungen>
[3] Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband: ENPlus Qualitätssicherung. URL: <https://depi.de/de/enplus-qualitaetssicherung>

Pellettracing





Entwicklung qualitativ hochwertiger, naturbelassener Holzpellets zur eindeutigen Herstellerzuordnung vor und nach der Verbrennung

Hintergrund

- Deutschlandweiter Bestand von ca. 436.000 Pelletfeuerungen Ende 2017
- Rohstoffe für Holzpellets stammen in Deutschland zu 90% aus heimischer, nachhaltiger Bewirtschaftung
- 99% der Pellets sind DINPlus oder ENPlus zertifiziert
- Dennoch vereinzelt Auftreten von Störungen bis hin zu Schäden an der Anlagentechnik beim Endverbraucher
 - Verschlacken der Brennkammer
 - Korrosion der feuerfesten Ausmauerung
- Mangelhafter Brennstoff als Ursache vermutet
 - Vermischung hochwertiger Pellets mit Pellets von Dritten
 - Teilweise Schadstoffbelastung durch Altholz, oder Tropenholznutzung
 - Eindeutige Herstellerzuordnung aktuell nicht möglich



- Kundenseitig Reklamationen sowie Unsicherheiten in Glaubwürdigkeit der Qualitäts- und Nachhaltigkeitsversprechen
- Imageverlust und finanzieller Schaden durch Regress bei Pelletherstellern

Projektziele und -durchführung

- Ermittlung von Möglichkeiten und Grenzen einer Nachverfolgbarkeit von Pellets durch Markierungen
- Steigerung der Markttransparenz durch optische und analytische Kontrollverfahren, einhergehende Qualitätssicherung
- Anpassen adäquater Technologien und Weiterentwicklung des Produktionsprozess innerhalb Rechte und Normen

Abzug aus Produktionsprozess



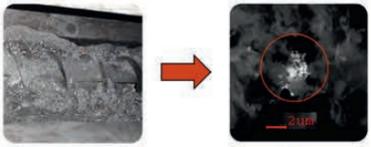
Sortierung/ Linearisierung



Optische Markierung



Quantitativer/Qualitativer Nachweis spezifischer Tracer in der Asche



Additivieren natürlich im Holz vorhandener Tracer zur Pelletrezeptur

Konstruktive und verfahrenstechnische Integration in bestehenden Produktionsprozess

Projektergebnisse

- Optische Markierung ermöglicht eine schnelle und simple Herstellerzuordnung
- Analytische Identifikation des Herstellers auch nach der Verbrennung über Tracer möglich
- Dauerbeständigkeit der Markierungen und keine Unterschreitung der Pellets hinsichtlich DIN/ENPlus Kriterien

Johann Hee, M.Sc.
hee@teer.rwth-aachen.de
www.teer.rwth-aachen.de

Wüllerstraße 2
52062 Aachen

Telefon: 0241-80-95715
Telefax: 0241-80-92624

Doktorand RWTH Aachen University
Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe
Wissenschaftlicher Mitarbeiter metabolon Ilt

Förderung
Das Forschungsprojekt mit dem Förderzeichen ZF4224201 KO6 wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.






Andrea Dernbecher, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Experimentelle und numerische Untersuchung einer Scheitholzfeuerung

Andrea Dernbecher, Dr. Ingo Hartmann
Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-417
E-Mail: Andrea.Dernbecher@dbfz.de

Für den weiteren Ausbau von Bioenergie im Bereich der häuslichen Energie- und Wärmeerzeugung ist die Verwendung innovativer Technologien erforderlich. Neue Herausforderungen für Biomassefeuerungen entstehen durch die Änderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen, dem Wunsch nach Anlagen mit hoher Effizienz und auch durch ein steigendes Bewusstsein der Kunden für umweltfreundliche und emissionsarme Feuerungen. Die numerische Strömungssimulation (Computational Fluid Dynamics, CFD) ist ein wertvolles Werkzeug, um diese Herausforderungen anzugehen und Entwicklung innovativer Verbrennungstechnik voranzutreiben. Zur Minderung von Emissionen können Primär- oder Sekundärmaßnahmen zum Einsatz kommen. Primärmaßnahmen sind die Verbesserungen einer Feuerung durch eine Optimierung des Brennraums und der Betriebsbedingungen. Durch die optimierte Verbrennung wird die Entstehung von Emissionen bereits im Brennraum reduziert. Sekundärmaßnahmen beziehen sich auf die nachträgliche Entfernung von Emissionen aus dem Abgasstrom [1], CFD-Simulationen können genutzt werden um einerseits die Wirksamkeit der Maßnahmen zur Emissionsminderung abzuschätzen und andererseits den Einfluss der Maßnahmen auf die Strömungsverhältnisse im Brennraum vorherzusagen. In dieser Studie wurde eine Scheitholzfeuerung mittels Verbrennungsversuchen und CFD-Simulationen untersucht. Ziel der Untersuchung war die Validierung der verwendeten Simulationsmethode. Darüber hinaus wurden die CFD-Ergebnisse genutzt, um einen besseren Einblick in die Prozesse innerhalb der Feuerung zu erhalten und Verbesserungspotenziale aufzuzeigen. Das erstellte Modell soll in der Folge genutzt werden, um den Einfluss von Veränderungen an der Geometrie

oder zusätzlicher Einbauten auf die Strömung innerhalb der Feuerung zu untersuchen. Die Messungen an der Scheitholzfeuerung dienen einerseits zur Bestimmung von Eingangsdaten für die Simulation und andererseits zur Validierung der Simulationsmethode. Dazu wurden Verbrennungsversuche über mehrere Abbrände mit Buchenscheitholz durchgeführt. Die Temperatur wurde an charakteristischen Positionen im Brennraum und in der Luftführung gemessen. Der Abgasvolumenstrom und die Zusammensetzung des Abgases wurden gemessen. Für die Untersuchung der Feuerung mittels CFD wurde der Brennraum in ein dreidimensionales Modell überführt.

Die Geometrie wurde mittels snappyHexMesh, einem automatischen Vernetzungstool der OpenFoam-Bibliothek [2] vernetzt. Simulationen wurden mit der OpenSource Software OpenFoam durchgeführt, die entsprechenden Start- und Randbedingungen basierten auf den Ergebnissen der zuvor durchgeführten Versuche. Die notwendigen Modelle für die Darstellung des Biomassebetts, Turbulenz, Vermischung von Brennstoff und Luft, Verbrennungsreaktionen und Strahlung wurden auf die untersuchte Feuerung abgestimmt. Die Ergebnisse aus der Simulation und der Messung wurden hinsichtlich der Temperaturverteilung, der Gaszusammensetzung und des Flammenbildes miteinander verglichen und zeigten eine gute Übereinstimmung.

Literatur

1] Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren, 2nd ed. (Eds: M. Kaltschmitt, H. Hartmann, H. Hofbauer), Springer, Heidelberg, New York 2009. [2] OpenFOAM® - The Open Source Computational Fluid Dynamics (CFD) Toolbox, <http://www.openfoam.com>



Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

Experimentelle und numerische Untersuchung einer Scheitholzfeuerung

Andrea Dernbecher

Einleitung

In dieser Studie wurde die untere Brennkammer einer Sturzbrandfeuerung mittels Verbrennungsversuchen und Strömungssimulationen untersucht. Das Ziel der Untersuchung ist der verbesserter Einblick in die Strömungsverhältnisse in der unteren Brennkammer der Feuerung. Darüber hinaus werden die Simulationsergebnisse anhand der Messdaten evaluiert.

Experimentelle Untersuchung

Die Verbrennungsversuche erfolgten an mehreren aufeinander folgenden Versuchstagen mit jeweils 8 bis 10 Abbränden mit Brennholz aus der gleichen Charge. Die Feuerung verfügt über eine Luftregelung der Primärluft, für deren Sensorik eine zusätzliche Düse an der Brennkammer angebracht ist. Die Temperatur wurde an charakteristischen Positionen im Brennraum und in der Luftführung gemessen. Die Zusammensetzung des Abgases wurde mittels FTIR gemessen.

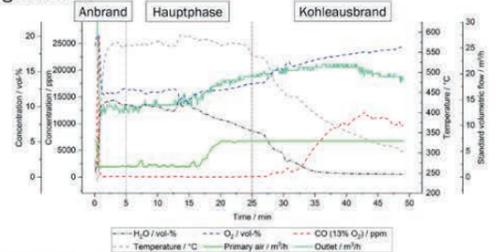
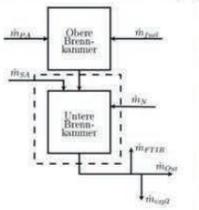


Abb. 1 zeigt den Verlauf wichtiger Kenngrößen für einen Abbrand. Die Temperatur wurde seitlich in der unteren Brennkammer gemessen. Für jede Phase der Verbrennung wurden Mittelwerte über alle Versuche berechnet. Die Daten für die stationäre Strömungssimulation beruhen auf den Mittelwerten der Hauptphase.



Die Massenströme der Primärluft, des Brennholzes und der Düse wurden aus den Versuchsergebnissen berechnet, der Massenstrom der Sekundärluft aus der Bilanz in Abb. 2 bestimmt. Die Zusammensetzung des Brenngases basiert auf Literaturangaben für Buchenholz¹.

Abb. 2: Bilanzierung der Feuerung.

Strömungssimulation

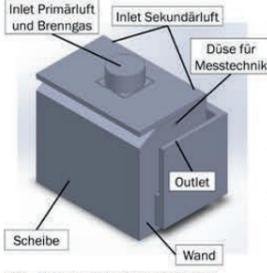


Abb. 3 zeigt die Geometrie der simulierten unteren Brennkammer und die definierten Randflächen. In dem Modell ist die Wand nicht wärmedurchlässig, für die Scheibe wurde ein konstanter Wärmeaustausch definiert. Die Temperaturen der Inlet-Massenströme basieren auf den gemessenen Temperaturen.

Das k-ε realizable Turbulenzmodell, das Verbrennungsmodell Partially Stirred Reactor (PaSR) und ein globaler Reaktionsmechanismus wurden für die Simulation in OpenFOAM verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

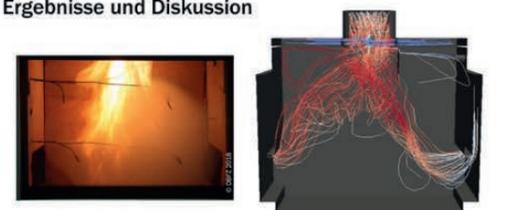


Abb. 4: Vergleich der Flamme und der Stromlinien. Die Farbe der Stromlinien zeigt die Temperatur in Kelvin.

Qualitativ ist eine gute Übereinstimmung von Mess- und Simulationsergebnissen zu sehen. Das Temperaturniveau der Simulation ist deutlich höher als im Versuch. Dies ist bedingt durch den globalen Reaktionsmechanismus.

¹ Scholz, D. (2012): Numerische Simulation und messtechnische Evaluierung der Schadstoffemissionen aus Strohholzfeuerungen. Dissertation, Univ. Stuttgart.

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Ansprechpartnerin: Andrea Dernbecher
Andrea.dernbecher@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-417 | Fax: +49 (0)341 2434-133

Gefördert durch:
Bundministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Claudia Kirsten, DBFZ / TU Berlin / TU Bergakademie Freiberg

Bindemechanismen – Was hält ein Pellet zusammen?

Claudia Kirsten, Dr. Volker Lenz, Dr. Hans-Werner Schröter, Prof. Dr. Jens-Uwe Repke
Deutsches Biomasseforschungszentrum / TU Berlin / TU Bergakademie Freiberg
Torgauer Str. 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-534
E-Mail: claudia.kirsten@dbfz.de

Die Verarbeitung von biogenen Rest- und Abfallstoffen zu qualitativ hochwertigen Pellets ist eine Möglichkeit der Bereitstellung von Festbrennstoffen mit definierten Eigenschaften. Das Einhalten von normierten physikalisch-mechanischen Größen wie Abriebfestigkeit und Schüttdichte ist unabdingbar, um eine stabile Förderung der Brennstoffpellets zu gewährleisten. Hohe Feinanteile infolge von instabilen Pellets oder erhöhtes Bruchrisiko können das Verbrennungsverhalten sowie die Emissionsbildung negativ beeinträchtigen.

Um den Verdichtungsprozess und dessen Einflussgrößen greifbarer zu gestalten, wurden am Beispiel von landschaftspflegeheu und Gärresten als potentielle Rest- und Abfallstoffe verschiedene Pelletierversuche sowohl mit einer Ringmatrizenpresse (RMP) als auch mit Hilfe eines Einzelpresskanals (EPK) durchgeführt. Da Inhaltsstoffe und Struktur der Rohstoffe von vielen Faktoren abhängen, variieren diese teils stark und stellen damit eine besondere Herausforderung für die Rohstoffaufbereitung dar. Somit liegt der Fokus auf den rohstoffseitigen Einflussgrößen wie dem Wassergehalt, den Partikelgrößen/-verteilungen und den Inhaltsstoffen.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Darstellung und Diskussion, warum das Material in Pellets zusammenhält. Das Thema „Theorien der Bindemechanismen und -kräfte“ weist eine hohe Komplexität auf und ist durch Überlagerungseffekte nicht endgültig nachweisbar. Dennoch können vor allem bildgebende Analysemethoden wie Stereomikroskop- oder REM-Aufnahmen sowie EDX ausgewählte Pelletchargen mit den verschiedenen Analysemethoden bewertet.

Zusammenfassend werden im Beitrag verschiedene Einflussmöglichkeiten, mit Fokus Rohstoffparameter,

auf die Pelletqualität dargestellt. Zur Untermauerung der Thesen über den Materialzusammenhalt fanden unterschiedliche bildgebende Nachweismöglichkeiten Anwendung. Dabei zeigen die Untersuchungen, dass die genutzten Analysemethoden durchaus Hinweise auf vorherrschende Bindemechanismen geben. Des Weiteren werden deutliche Unterschiede im Materialzusammenhalt im Pellet der gewählten Rohstoffe sichtbar.



Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ
gemeinnützige GmbH

Bindemechanismen – Was hält ein Pellet zusammen?

Claudia Kirsten¹, Volker Lenz¹, Hans-Werner Schröter², Jens-Uwe Repke³

HINTERGRUND

Die Verarbeitung biogener Rest- und Abfallstoffe zu qualitativ hochwertigen und norm-konformen Pellets setzt das Verständnis des vom Rohstoff abhängigen *Agglomerationsverhaltens* voraus. Agglomeration ist das Zusammenfügen von feinen festen Partikeln zu größeren Teilchenverbänden unter Wirkung von *Bindemechanismen* und *Bindekräften*. Die *Pelletierung* gehört der *Pressagglomeration* an, wobei durch Druck und Temperatur in Abhängigkeit von *Rohstoff- und Prozessparametern*, das Material zu Pellets verdichtet wird.

ROHSTOFF- UND PROZESSPARAMETER

Rohstoff

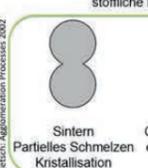
- Inhaltsstoffe wie Lignin
- Partikel-/Fasergröße /-verteilung
- Wassergehalt
- Bindemittel, Additive

Prozess

- Pressenleistung - Drehzahl, Anpressdruck
- Förderung in den Pressenraum
- Kollergeometrie/Oberflächen
- Geometrie der Matrizenbohrungen
- Abstand zwischen Koller/Matrize

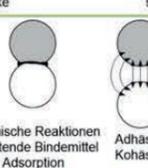
BINDEMECHANISMEN UND BINDEKRÄFTE

Bindemechanismen mit stoffliche Brücke



Sintern
Partielles Schmelzen
Kristallisation

Bindemechanismen ohne stoffliche Brücke



Chemische Reaktionen
ethärtende Bindemittel
Adsorption

Adhäsion
Kohäsion

Formschluss

Hauptvalenzbindekräfte

- Atom-, Ionen- und Metallbindungen
- Nebenvalenzbindekräfte
- Van der Waals- und H₂-Brückenbindungen

UNTERSUCHUNGSMETHODIK

Aufbereitung

- Zerkleinerung mit Hammermühle, Variation Siebeinsatz
- Verdichtung mittels Ringmatrizenpresse (RMP)

Analysen und Bewertung

- Schüttdichte (EN 15103), Abriebfestigkeit (EN 15210-1)
- REM- und Mapping-Aufnahmen

AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE

Am Beispiel der Heu- und Gärrestverdichtung

Einfluss der Partikel-/Fasergröße

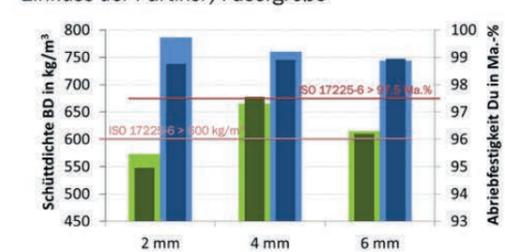


Abb. 1: Erzielte Schüttdichte (BD) und Abriebfestigkeit (Du) von Heu- und Gärrestpellet verdichtet bei gleichen Pelletierprozessbedingungen der RMP

- Pelletierung von Heu: Optimale Partikelgröße bei Zerkleinerungsgrad von 4 mm
- Pelletierung von Gärresten: normkonforme Pellets unabhängig der Zerkleinerung

Einfluss Inhaltsstoffe

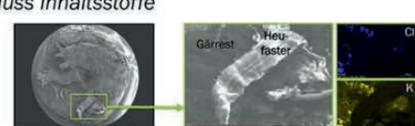


Abb. 2: Bruchfläche eines Heu-Gärrestpellet, Mischung 50/50 Ma.-% (REM)

- Faserstruktur nur noch vom Heu im Pellet erkennbar → Formschluss als Bindemechanismus
- Detektion von Elementen (z.B. Cl, K) nur im Gärrest des Pellets → Deutung von Schmelzprozessen und Festkörperbrücken

FAZIT zu Bindemechanismen bei Pellets

Heu-These: Hauptbindemechanismus ist Formschluss → Haupteinfluss durch Zerkleinerung

Gärrest-These: Bindungen mit stofflichen Brücken sind Hauptmechanismen → Abhängig von Inhaltsstoffen und Wassergehalt und Einfluss durch Pelletierprozessparameter

¹ DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Ansprechpartner: Claudia Kirsten
claudia.kirsten@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-534 | Fax: +49 (0)341 2434-133

² TU Bergakademie Freiberg, Institut für Thermische Verfahrenstechnik, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik, Leipziger Straße 28, 09599 Freiberg

³ TU Berlin, Fachgebiet Dynamik und Betrieb technischer Anlagen, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Daniel Reißmann, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ / Universität Leipzig

Künftige Entwicklungspfade für Hydrothermale Prozesse in Deutschland bis 2030

Daniel Reißmann, Dr. Alberto Bezama, Prof. Dr. Daniela Thrän
 Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ / Universität Leipzig
 Department Bioenergie
 Torgauer Straße 116
 04347 Leipzig
 E-Mail: Daniel.Reissmann@ufz.de

Hydrothermale Prozesse (HTP) sind geeignete Verfahren zur Umwandlung sehr wässriger und schlammiger Biomassen in kohlenstoffhaltige Endprodukte. Da sie zur optimalen Prozessführung ohnehin 70 bis 90 Prozent Wasseranteil im Substrat benötigen, wird ihnen ein hohes Potential zur Verwertung wässriger biogener Rest- und Abfallstoffe, die bislang nicht oder weitgehend ineffizient verwertet werden, zugesprochen. Allein in Deutschland ist aktuell ein technisches Potential derartiger Biomassen von 16,8 Tonnen Trockensubstanz pro Jahr für HTP kalkuliert worden. Momentan sind allerdings verschiedene rechtliche, ökonomische und technologische Hemmnisse (z.B. die rechtliche „Abfalleigenschaft“ von HTP-Produkten die verhindert, dass diese als Brennstoffe anerkannt werden) erkennbar, die eine breite Durchsetzung von HTP in Deutschland behindern. So ergab eine vorläufige Marktrecherche, dass es in Deutschland aktuell weniger als 15 in Betrieb befindliche HTP Anlagen gibt, vorrangig Pilot- oder Demonstrationsanlagen, die noch kein industrielles Niveau erreicht haben. Auf Basis von Trendprojektionen zur Entwicklung des verfügbaren HTP-fähigen Biomassepotentials, wurde eine Szenarioanalyse mit Experteneinbindung durchgeführt, welche für den Zeithorizont 2030 einen großtechnischen Einsatz von HTP in Deutschland annimmt. Insbesondere rechtliche Änderungen (z.B. Zulassung von HTC-Kohle als Regelbrennstoff, Ende der „Abfalleigenschaft“ für HTP Produkte) wurden als zentrale Entwicklungstreiber in die Szenarien integriert und mittels Expertenbefragung und -workshop validiert. Ergebnis sind verschiedene potentielle Entwicklungspfade für HTP in Deutschland, die insbesondere Aussagen zum HTP Anlagenpark und den Verwertungsquoten für

das verfügbare Biomassepotential anhand der Trendprojektionen treffen. Anhand modellierter HTP-Fallstudien wird für jedes der Szenarien eine multikriterielle Bewertung inklusive Sensitivitätsbetrachtung durchgeführt, die zeigt welche Entwicklungskorridore besonders vielversprechend sind. Das multikriterielle Bewertungsverfahren wurde im Vorfeld speziell für die HTP Bewertung entwickelt. Die modellierten Fallstudien repräsentieren exemplarische HTP-Anlagen, die auf Basis des Szenarios denkbar scheinen und vom heutigen Status Quo abgeleitet werden. Mittels annahmebasierter Modellrechnungen zu Anlagenkapazität, Kosten-, Effizienz-, Umwelt- und Produktqualitätskennzahlen, die in das multikriterielle Verfahren einfließen, lassen sich erste Aussagen zu quantitativen Zielkorridoren für vielversprechende HTP-Entwicklungspfade in Deutschland ableiten. Es werden Basisdaten zu heute existierenden Anlagen zur Berechnung genutzt. Die Ergebnisse können wichtige Richtungsweisungen für künftige Entscheidungen zur HTP Technologieforderung und für andere Investitionen geben. Zudem werden rechtliche Anpassungsmaßnahmen aufgegriffen und deren Einfluss auf die HTP-Technologieentwicklung erstmals auch anhand quantitativer Betrachtungen untermauert. Dies kann auch der Politik wichtige Informationen für etwaige gesetzliche Anpassungen geben. Der Beitrag der HTP-Szenarien zum Erreichen der bundespolitischen Ziele bis 2030 für die Energieversorgung und den natürlichen Ressourcenschutz werden zudem aufgezeigt, um den potentiellen Beitrag von HTP zum Erreichen der Ziele einer nachhaltigen Entwicklung in Deutschland aufzuzeigen.

Künftige Entwicklungspfade für Hydrothermale Prozesse in Deutschland bis 2030

Trends, rechtlicher Anpassungsbedarf und vielversprechende Zielkorridore

Daniel Reißmann
 Prof. Dr. Daniela Thrän*
 Dr. Alberto Bezama
 Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Dep. Bioenergie, Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig
 *Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH, Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig
 Kontakt: daniel.reissmann@ufz.de

Hintergrund

Alein in Deutschland stehen derzeit schätzungsweise über 30 Millionen Tonnen Trockensubstanz an ungenutzten biogenen Rest- und Abfallstoffen zur Verfügung [1]. Viele davon mit hohen Wasseranteilen, was vor allem bei Logistik und Vorbehandlung hohe Kosten verursachen kann. Dennoch stellt die Nutzung derartiger Stoffströme eine vielversprechende Kohlenstoff- und Energiequelle dar, weshalb geeignete Verwertungswege von hohem Interesse sind. Hydrothermale Prozesse (HTP) scheinen auf den ersten Blick für wässrige Biomassen gut geeignet, da sie zur optimalen Prozessführung ohnehin 70 bis 90% Wasseranteil im Substrat benötigen. Abhängig von den Prozessbedingungen (Temperatur, Druck, Prozessdauer, Katalysatoren etc.) können mittels HTP hochwertige kohlenstoffhaltige Produkte erzeugt werden, die für energetische und stoffliche Zwecke nutzbar sind [2].

Dennoch sind HTP in Deutschland momentan noch nicht zur industriellen Reife gelangt, obwohl bereits seit 2008 zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten stattfinden. Diese Studie fragt nach den hauptsächlichen Gründen für die bislang eher gebremste Entwicklung, nach Erfolgs- und Risikofaktoren für die Entwicklung bis 2030 und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten. Darauf aufbauend werden drei Zukunftsszenarien für die HTP Entwicklung in Deutschland abgeleitet. Diese sollen im Rahmen kommender Studien genauer analysiert werden.

Ergebnisse

Besonders relevante Schlüsselreife & Eintrittswahrscheinlichkeiten

Schlüsselereignis der HTP Entwicklung bis 2030	Relevanz laut Experten-einschätzung	Geschätzte Eintrittswahrscheinlichkeit
Behördliche Produktanerkennungsbescheide für HTP Produkte werden eingeführt.	Äußerst relevant	>25-50%
Eine Verordnung zum Ende der Abfalleigenschaft wird eingeführt & HTP Produkte werden als Regelbrennstoffe anerkannt.	Äußerst relevant	>40-75%
Nährstoffe werden verstärkt zurückgewonnen und als Düngemittel erschlossen.	Sehr bis äußerst relevant	>50-75%
Eine kosteneffiziente Lösung zur Prozesswasserbehandlung wird entwickelt.	Sehr relevant	>50-75%
Die Produktqualitäten werden standardisiert.	Relevant bis sehr relevant	>40-75%
HTP werden verstärkt in bestehende Entsorgungsanlagen integriert.	Relevant bis sehr relevant	>25-50%

Zusammenhänge zwischen Ereignissen (Fuzzy cognitive map) & Szenarien

“Up-Swing“/Relevante Schlüsselereignisse treten ein (S=hoch)
 (1) Abfallende-VO und/oder Anerkennungsbescheide (2) Verstärktes Nährstoffrecycling (3) Technologiesprünge (z.B. Systemintegration, kosteneffiziente Prozesswasserbehandlung) (4) Produktqualitätsstandards

“Lockstep“/Wahrscheinlichste Ereignisse treten ein (S=mittel)
 (1) Regelbrennstoffanerkennung (2) Keine Standardisierung (3) Kosteneffiziente Lösung zur Prozesswasserbehandlung (4) Steigender Konkurrenzdruck auf Energie- und Materialmärkten

“Slowdown“/Wesentliche Risiken treten ein (S=hoch)
 (1) Genehmigungsrechtliche Verschärfungen und striktere Grenzwerte (2) Keine Regelbrennstoffanerkennung (keine Abfallende-VO) (3) Keine Standardisierung (4) Keine Technologiesprünge (z.B. Systemintegration, Prozesswasserbehandlung)

Methodik

Die Herleitung der Szenarien fand mittels eines breiten Stakeholderprozesses statt. Auf Basis der Ergebnisse vorheriger Studien [2,3] fand zunächst ein Focus Group Workshop zur Ableitung von Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der HTP Entwicklung in Deutschland statt. Die Ergebnisse wurden mittels einer Expertenbefragung validiert. Anschließend wurden im Rahmen eines Expertenworkshops wesentliche Treiber der künftigen Entwicklung von HTP abgeleitet. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde ein Fragebogen für eine Delphi-Expertenbefragung erstellt und an 51 HTP Stakeholder in Deutschland und Europa per Online Umfrage versendet.

Länder

- Deutschland
- Schweiz
- Österreich
- Italien
- Norwegen
- Dänemark

Stakeholder

- Wirtschaft
- Politik
- Wissenschaft & Verbände
- Politik & Verwaltung
- Multiplikatoren

Es fanden zwei Befragungsrunden statt. Über beide Runden ergab sich eine Rücklaufquote von rund 40%. Im Kern wurde die Relevanz künftiger Ereignisse, besondere Entwicklungsrisiken und Eintrittswahrscheinlichkeiten abgefragt. Zudem wurden die Teilnehmenden um Einschätzungen zu Ihrer Urteilssicherheit gebeten.

Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass rechtliche Anpassungen als äußerst relevant und teils auch als wahrscheinlich angesehen werden. Sie beeinflussen insb. die Marktsituation von HTP. Folgend sollen die Szenarien anhand zentraler Deskriptoren qualitativ und quantitativ analysiert werden. Mittels multikriterieller Bewertungen sollen vielversprechende Zielkorridore für die künftige Entwicklung von HTP abgeleitet werden.

Literatur:

[1] Brosowski A, Thrän D, Mantau U, Mehro B, Erdmann G, Adler P, Stinner W, Reinhold G, Hering T & Blanke C (2016) A review of biomass potential and current utilisation - Status Quo for 93 biogenic waste and residues in Germany. Biomass and Bioenergy, 95: 257-72. DOI: 10.1016/j.biombioe.2016.10.017. [2] Reißmann, D., Thrän, D., Bezama, A. (2018): Hydrothermal processes as treatment paths for biogenic residues in Germany: A review of the technology, sustainability and legal aspects. Journal of Cleaner Production 172: 239-252. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.10.151. [3] Reißmann, D., Thrän, D., Bezama, A. (2018): Techno-economic and environmental suitability criteria of hydrothermal processes for treating biogenic residues: A SWOT analysis approach. Journal of Cleaner Production 200: 293-304. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.280.

Tanja Schneider, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)

Verstromung von biogenen Reststoffen in einem wirbelschicht-gefeuerten Stirlingmotor

Tanja Schneider, Dr. Dominik Müller, Prof. Dr. Jürgen Karl
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)
Fürther Straße 244f, 90429 Nürnberg
Tel.: +49(0)911 5302-9038
E-Mail: Tanja.t.Schneider@fau.de

Bisher bleiben große Teile biogener Festbrennstoffe für die kleinskalige Stromerzeugung ungenutzt, da sie in derzeit verfügbaren Rostfeuerungen große Probleme bereiten. Grund dafür sind vor allem die notwendigen hohen Verbrennungstemperaturen, welche Verschlackungen an Wärmeübertragerflächen begünstigen [1]. Die Nutzung von kleinsten Wirbelschichtfeuerungen für Mini- und Mikro-KWK-Konzepte erlaubt dagegen eine effiziente Kühlung der Feuerung durch direkt eingebrachte Tauchheizflächen, beispielsweise eines Stirlingmotors. Durch den damit geringen notwendigen Luftüberschuss können, ohne unzulässige Überschreitung von Ascheschmelztemperaturen bei gleichzeitiger Brennstoffflexibilität, hohe Feuerungswirkungsgrade erreicht werden [2] [3].

Für erste Versuche im Labormaßstab wurde in den letzten Jahren am EVT eine kompakte 30 kW_{th} Wirbelschichtfeuerungsanlage mit einem integrierten 3 kW_e Stirlingmotor entwickelt und aufgebaut. Um eine effektive Partikelrückführung von ausgetragenen Bettmaterial und Asche sicherzustellen, wurde der eingesetzte Horizontalzyklon mit Hilfe numerischer Simulationen ausgelegt und optimiert. Es zeigt sich, dass sowohl CO- als auch Feinstaubemissionen problemlos unter den Grenzwerten der 1. BImSchV liegen, wobei bereits elektrische Wirkungsgrade von 10% erreicht werden [4].

Basierend auf diesen Ergebnissen wird im derzeitigen Projekt "BioWasteStirling" eine hocheffiziente, brennstoffflexible und skalierbare Pilotanlage, bestehend aus einer 45 kW_{th} Wirbelschichtfeuerungsanlage gekoppelt mit einem 5 kW_e Stirlingmotor von Frauscher Thermal Motors, entwickelt und im Rahmen eines Feldtests auch im Dauerversuch erprobt. Im Fokus stehen dabei Langzeittests mit verschiedensten

holzartigen Brennstoffen und weiteren schwierigen biogenen Reststoffen. Des Weiteren werden Untersuchungen zum Erosionsverhalten der Tauchheizflächen in der Wirbelschicht abhängig von Materialauswahl und -design sowie Bettmaterial angestellt. Dieser Beitrag knüpft daher direkt an die Vorarbeiten an und soll einen kurzen Überblick über das derzeitige Projekt geben. Dahingehend sollen die bisherigen Arbeiten zur Auslegung und Skalierung der Pilotanlage vorgestellt werden, wobei unter anderem CPFD-Simulationen mittels Barracuda VR genutzt wurden. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse der Inbetriebnahme und der ersten Versuche mit Holzpellets präsentiert werden, welche die Skalierbarkeit des Anlagenkonzepts nachweisen und eine erfolgreich Inbetriebnahme aufzeigen.

Quellen:

- [1] C. Yin, L. A. Rosendahl, and S. K. Kaer, "Grate-firing of biomass for heat and power production," Prog. Energy Combust. sci., vol. 34, no. 6, pp. 725-754, Dec. 2008.
- [2] M. Kuosa, J. Kaikko, and L. Koskelainen, "The impact of heat exchanger fouling on the optimum operation and maintenance of the Stirling engine," 2006.
- [3] E. Cardozo, C. Erlich, A. Malmquist, and L. Alejo, "Integration of a wood pellet burner and a Stirling engine to produce residential heat and power," Appl. Therm. Eng., vol. 73, no. 1, pp. 671-680, 2014.
- [4] D. Müller, "Kleinskalige Wirbelschichtfeuerungen zur Kraft-Wärme-Kopplung mit Stirlingmotor[4] D. Müller, "Kleinskalige Wirbelschichtfeuerungen zur Kraft-Wärme-Kopplung mit Stirlingmotoren," Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2018.

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, September 2018

Verstromung von biogenen Reststoffen in einem wirbelschichtgefeuerten Stirlingmotor

Tanja Schneider, M. Sc., Dr.-Ing. Dominik Müller, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl
Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik (EVT), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Fürther Str. 244f, 90429 Nürnberg

Mikro-KWK mit Festbrennstoffen

Bisher bleiben große Teile biogener Festbrennstoffe trotz ihrer hohen Verfügbarkeit und ihres naturgemäß hohen CO₂-Minderungspotentials für die kleinskalige Stromerzeugung ungenutzt. Grund dafür sind vor allem die hohen notwendigen Verbrennungstemperaturen zur effizienten Stromerzeugung, welche in konventionellen Rostfeuerungen zu Verschlackungen führen. Demgegenüber steht der Betrieb mit hohem Luftüberschuss zur Vermeidung von Verschlackungen mit einem reduzierten Feuerungswirkungsgrad und einer geringen elektrischen Leistung.

Abbildung 1: Schematische Anordnung des Wärmeübertragers eines Stirlingmotors im Bett einer Wirbelschichtfeuerungsanlage mit Horizontalzyklon

Konzeptidee

Die Nutzung von kleinsten Wirbelschichtfeuerungen für Mini- und Mikro-KWK-Konzepte erlaubt dagegen eine effiziente Kühlung der Feuerung durch direkt eingebrachte Tauchheizflächen, beispielsweise eines Stirlingmotors (Abbildung 1). Durch den damit geringen notwendigen Luftüberschuss können, ohne unzulässige Überschreitung von Ascheschmelztemperaturen bei gleichzeitiger Brennstoffflexibilität, hohe Feuerungswirkungsgrade erreicht werden.

Abbildung 2: Aufbau der Pilotanlage bestehend aus einer 45 kW_{th} Wirbelschichtfeuerungsanlage und einem 5 kW_e Stirlingmotor (Darstellung ohne Messinstrumentierung, Dämmung und weiterer Peripherie)

Projekt „BioWasteStirling“

Basierend auf den Vorversuchen an einer Laboranlage am EVT wurde im BMW-Projekt „BioWasteStirling“ nach der beschriebenen Konzeptidee eine 45 kW_{th} Wirbelschichtfeuerungsanlage gekoppelt mit einem 5 kW_e Stirlingmotor von Frauscher Thermal Motors, konzipiert und soll in einem mobilen Containerkonzept im Feldtest bei der SWW Wunsiedel erprobt werden (s. Abbildung 2). Im Fokus stehen dabei erstmals Langzeittests mit verschiedensten holzartigen Brennstoffen und weiteren schwierigen biogenen Reststoffen wie zum Beispiel Heu- und Strohpellets, gepresste Gärreste oder Restkohlenstoff aus der Holzvergasung.

Inbetriebnahmeversuche

Bereits die ersten Versuche der Pilotanlage in Laborumgebung zeigen, dass die Nennleistung des Motors von 5 kW_e mit der Wirbelschichtfeuerungsanlage problemlos erreicht werden kann. Bei einer mittleren Feuerungswärmeleistung von ca. 40 kW_{th} wurde ein elektrischer Wirkungsgrad von ca. 12,5 % realisiert (s. Abbildung 3).

Abbildung 3: Leistungsmessung und Wirbelschichttemperatur während des ersten Inbetriebnahmeversuchs (Holzpellets, Luftzahl $\lambda = 1,5$, $Q_{FWK} = 40 \text{ kW}$)

Weitere Messungen zur Charakterisierung der Wirbelschichtfeuerungsanlage zeigen für die CO-Emissionen einen charakteristischen Verlauf über die Luftzahl λ mit einem Minimum von ca. 50 ppm bei $\lambda = 1,45$ (Holzpellets, $Q_{FWK} = 32 \text{ kW}$, Betttemperatur 800°C)

Abbildung 4: CO-Emissionen abhängig von der Feuerungswärmeleistung (Holzpellets, Luftzahl $\lambda = 1,5$, Betttemperatur 800°C)

Zudem zeigt die Variation der Querschnittsbelastung der Wirbelschichtfeuerungsanlage, dass sich eine höhere Feuerungswärmeleistung und, bei konstanter Luftzahl λ , eine resultierende höhere Fluidisierung ebenfalls positiv auf die CO-Emissionen auswirken (s. Abbildung 4). Die gemessenen CO-Emissionswerte liegen für die dargestellten Betriebspunkte alle unter den Grenzwerten der 1. BImSchV.

Begleitet durch das TFZ Straubing sollen weiterführend ebenfalls Messungen zu Feinstaubemissionen durchgeführt, sowie weitere herausfordernde biogene Brennstoffe untersucht werden.

Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl

Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg
Fürther Straße 244f, 90429 Nürnberg

Tanja Schneider, M. Sc.
+49 (0)911 5302 9038
tanja.t.schneider@fau.de

www.evt.tf.fau.de
September 18

*Poster-Speedpresentation
Bioraffinerien/Biokraftstoffe*

Frederico Gomes Fonseca, Karlsruhe Institut für Technologie (KIT)

Moisture content as a design and operational parameter for fast pyrolysis

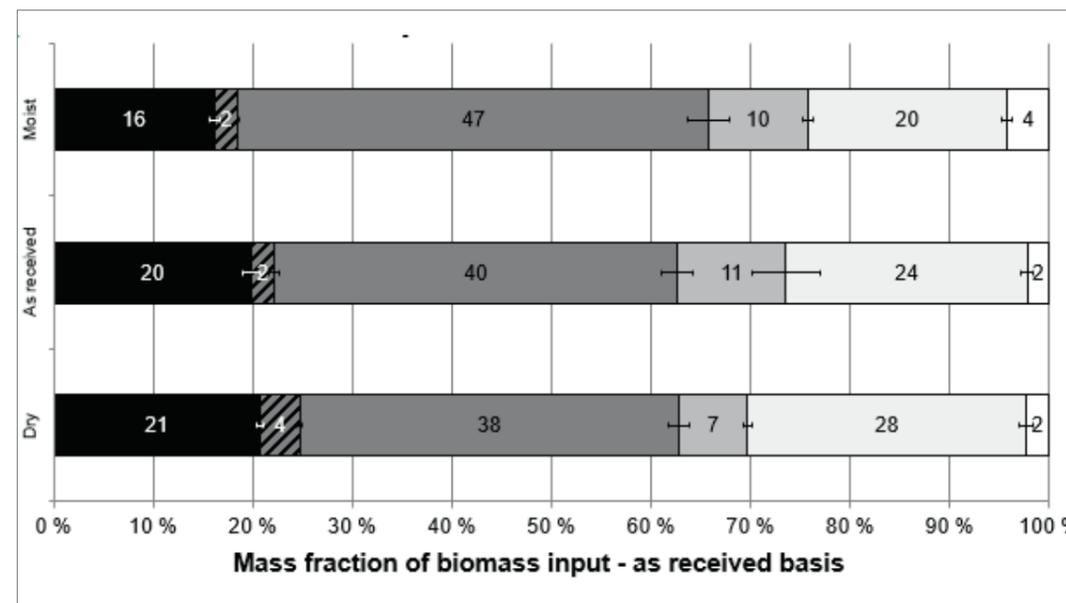
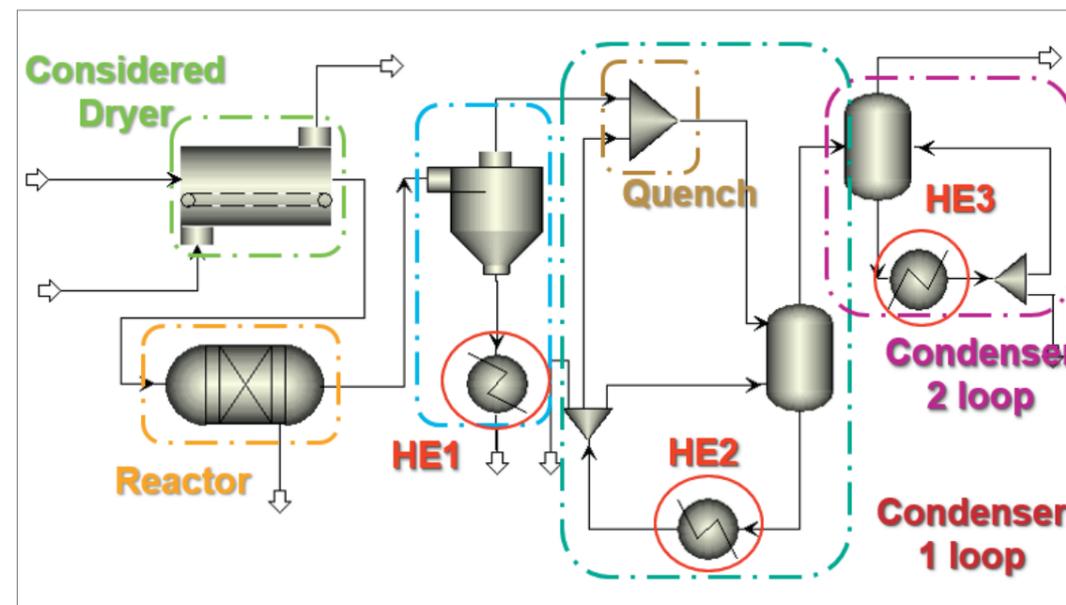
Frederico Gomes Fonseca, Dr. Axel Funke, Andreas Niebel, Prof. Dr. Ana Paula Soares Dias, Prof. Dr. Nicolaus Dahmen
 Karlsruhe Institut für Technologie (KIT)
 Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
 76344 Eggenstein-Leopoldshafen
 E-Mail: frederico.fonseca@kit.edu

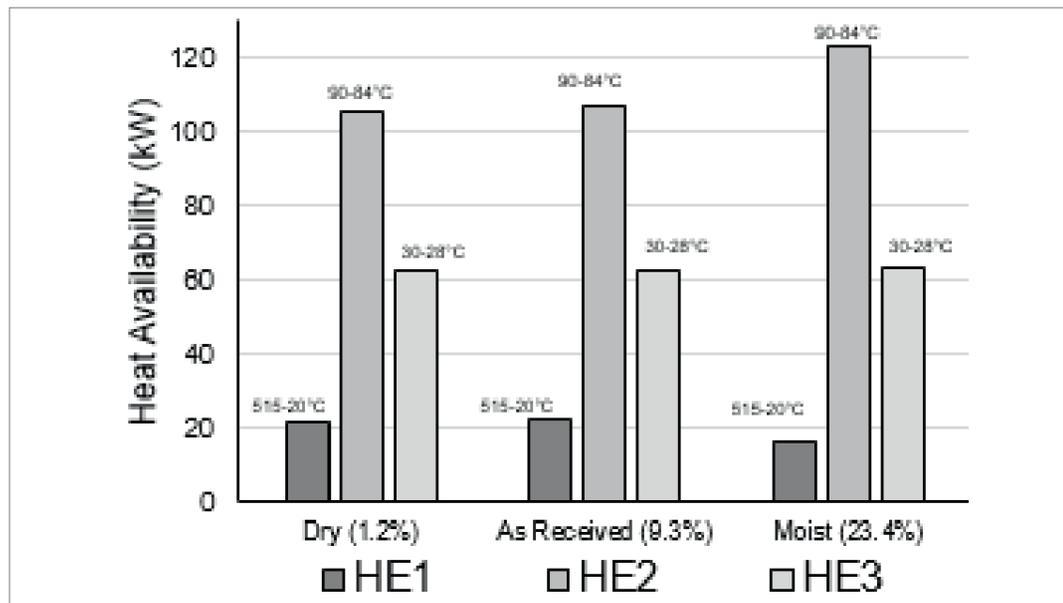
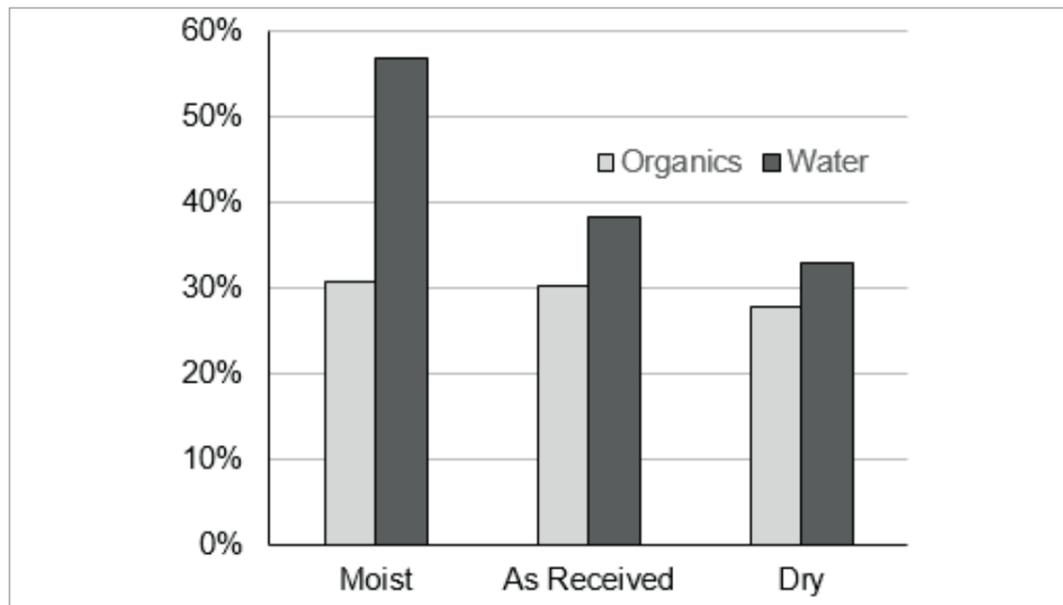
The bioliq® process, situated in the KIT – Campus Nord, stands as the materialisation of a project which intends to produce refined chemicals and fuels from low-value lignocellulosic waste, through fast pyrolysis of said biomass, gasification of pyrolysis products and multi-step synthesis of high valuable products. One of the future goals of this process is for multiple fast pyrolysis plants to be installed closer to the farming grounds, and then transporting the products, of greater energetic volumetric value as the raw feedstock, for further conversion.

A major factor influencing the behaviour and yields of the fast pyrolysis process is the moisture content on the feedstock. To tackle that issue, fast pyrolysis trials were performed in a pilot plant (8 kg/h feedstock), featuring a double screw reactor and two fractional condensers. These were performed using wheat straw with different moisture contents (1.2%, 9.2%, and 23.6%), and different sweeping gas flowrate (an increase of 1.9 Nm³/h). For normal operation sweeping rates, a higher moisture content leads to higher liquid yields, although the organic phase in this bio-oil peaked for intermediate feedstock moistures. Increasing the sweeping rate leads to a higher liquid yield, richer in organics, for an intermediate moisture feedstock.

Information and yields obtained at the pilot were scaled up to industrial scales (500 kg/h of feedstock). The viability of employing the pyrolysis products as heat sources for the process was calculated for the different moisture contents, and it was verified that the process could be operated without resorting to external fuels. An Aspen Plus model

was created to estimate heat availability in different parts of the system, and a hypothetical dryer was simulated, in order to exploit these heat sources.





Matthis Kurth, Deutsches Biomasseforschungszentrum / TU Berlin

Entwicklung einer wasserabscheidenden Membran zur Umsatzsteigerung des Methanisierungsprozesses

Matthis Kurth, Prof. Dr. Stefan Rönsch

Deutsches Biomasseforschungszentrum / Technische Universität Berlin

Torgauer Straße 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-363

E-Mail: Matthis.Kurth@dbfz.de

Die chemische Industrie in Deutschland hat in der Sektorkopplung im Zuge der Energiewende eine Schlüsselrolle. Dabei dienen verschiedene technische Verfahren zur Nutzung von überschüssigem Strom der Flexibilisierung des Stromnetzes. Ein wichtiger Teil davon sind sogenannte Power-To-X Prozesse, die den anfallenden Strom flexibel in speicherbare oder anderweitig nutzbare Produkte, wie Methan überführen. Dabei ist die thermochemische Methanisierung eine wichtige Technologie, da dadurch das Gasnetz als Speicher genutzt werden kann und somit eine zur Flexibilisierung des Strommarktes möglich wird. Die Methanisierung ist verglichen mit fossilem Erdgas ökonomisch noch nicht konkurrenzfähig. Durch die Verwendung einer wasserabscheidenden Membran soll der Umsatz der Methanisierungsreaktion erhöht werden und somit den Prozess kostengünstiger gestalten zu können.

Durch die Entwicklung einer temperaturbeständigen und selektiven Membran kann es möglich werden Methanisierungsreaktoren kleiner und somit besser skalierbar herzustellen. Am DBFZ sollen verschiedene wasserabscheidende Membranen auf Trägerrohren hergestellt werden.

Die im Labormaßstab entwickelten Membranen werden auf ihre Beständigkeit, Permeabilität und Selektivität für verschiedene Gase getestet. Die durch diese Experimente erhaltenen Daten werden verwendet, um ein Stofftransportmodell zu erstellen, welches die Trennwirkung der Membran valide darstellen kann.



Entwicklung einer wasserabscheidenden Membran zur Umsatzsteigerung des Methanisierungsprozesses

Matthis Kurth*, Stefan Rönsch

Motivation

Durch die Methanisierung von CO_2 und H_2 kann überschüssiger Strom in Form von synthetischem Erdgas im vorhandenen Gasnetz gespeichert werden. Die Gesteuerungskosten des hergestellten Gases sind mit denen von fossilem Erdgas jedoch derzeit nicht konkurrenzfähig.

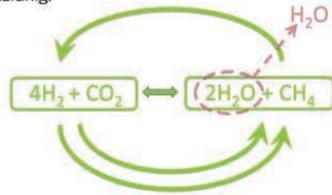


Abb. 1 Prinzip der selektiven Produktentfernung; durch die selektive Entfernung eines der Produkte kann der Umsatz gesteigert werden.

Eine bessere Wirtschaftlichkeit kann durch kompaktere Reaktoren mit hohen Umsätzen und Reaktionsraten erreicht werden. Bei hohen Temperaturen ist zwar die Reaktionsrate sehr hoch, das chemische Gleichgewicht liegt aber ungünstig. Durch die selektive Wasserabtrennung (Abb. 1) wird das chemische Gleichgewicht aufgrund der unterbundenen Rückreaktion derart verschoben, dass auch bei hohen Temperaturen ein hoher Umsatz der Methanisierungsreaktion möglich ist (Abb. 2).

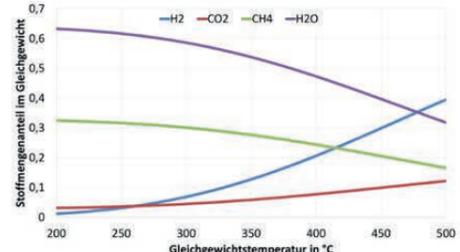


Abb. 2 Chemisches Gleichgewicht der Methanisierungsreaktion bei 1 bar(a) in Abhängigkeit von der Temperatur; die Reaktionsrate steigt mit zunehmender Temperatur

Vorgehensweise

Die selektive Produktentfernung soll durch glasartige, poröse Membranen erreicht werden. Es werden verschiedene Membrantypen auf Al_2O_3 -Trägern (Abb. 3) hergestellt die auf ihre Selektivität, Permeabilität und Beständigkeit geprüft werden. Für diese Untersuchungen ist die in Abb. 4 dargestellte Testzelle entworfen und hergestellt worden.



Abb. 3 Al_2O_3 Röhren nach Beschichtung

Zusätzlich wird über eine numerische Simulation des Stofftransportprozesses in der Membran das Prinzip der Stofftrennung identifiziert. Die Simulation hilft, das Potential dieser Technologie für zukünftige Anwendungen besser einzuschätzen.

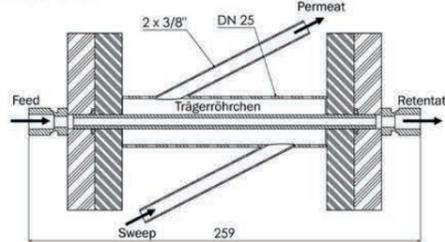


Abb. 4 Technische Zeichnung der entworfenen Testzelle, in der mit Membran versehene Trägerrohre auf Permeabilität untersucht werden

Ausblick

Die Entwicklung einer wasserabscheidenden Membran mittels Sol-Gel-Verfahren und eine Untersuchung des Stofftransportes durch eine numerische Simulation wird weiter voran getrieben.

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
*Ansprechpartner: Matthis Kurth
matthis.kurth@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-363

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, 20./21. September 2018

Roy Nitzsche, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Gewinnung von Hemicellulosezuckern aus Holzhydrolysaten mittels Adsorption und Membranfiltration

Roy Nitzsche, Arne Gröngröft, Prof. Dr. Matthias Kraume
Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-574
E-Mail: Roy.Nitzsche@dbfz.de

Die Nutzung und Konversion lignocellulosehaltiger Biomassen zu Energie, Kraftstoffen und Chemikalien kann dazu beitragen die weltweite Energieknappheit, abnehmende Erdölreserven und einen zunehmenden Klimawandel zu bewältigen.

Lignocellulosehaltige Rohstoffe, wie z.B. Buchenholz, können in sogenannten Bioraffinerien in ihre Hauptbestandteile Cellulose, Hemicellulose und Lignin aufgetrennt werden. Ein vielversprechendes Verfahren für diesen Aufschluss ist der Organosolv-Prozess, aufgrund der relativ milden Prozessbedingungen und einfach zurückgewinnender Lösungsmittel. Die feste Cellulosefraktion wird dabei abgetrennt und weiter zu Zellstoff verarbeitet. Gelöstes Lignin wird ausgefällt und als Additiv in Bindemitteln verwendet. Die übrigbleibende wässrige Lösung, das sogenannte Holzhydrolysat (HH), enthält relevante Mengen an Hemicellulose, Lignin und deren monomere Abbauprodukte Zucker, Furane, Phenole und organische Säuren. Aufgrund der geringen Konzentrationen und inhomogenen Zusammensetzung findet dieser Prozessstrom bislang noch keine Verwertung. Um dieses Potential zukünftig stofflich nutzbar zu machen, sollen mittels verschiedener Prozesskonfigurationen bestehend aus Adsorption, Ultrafiltration (UF) und Nanofiltration (NF) die relevanten Komponenten fraktioniert und aufkonzentriert werden.

Aufgrund ihrer vielseitigen Einsetzbarkeit und Funktionalität sind die polymeren und monomeren Hemicellulosezucker dabei von besonderem Interesse. Zur Isolation der polymeren Hemicellulosezucker aus dem HH wird eine Prozesskombination aus Adsorption und UF untersucht. Der Prozess der Adsorption soll Fouling auf den nachfolgenden Membranen durch die selektive Abtrennung von Lignin minimie-

ren. Es werden verschiedenen Adsorbentmaterialien (Polymere und Zeolithe) und Adsorbent-zu-Lösungs-Verhältnisse (1:5 - 1:33 m/V) gescreent, um eine maximale Entfernung von Lignin bei minimalen Verlusten an Hemicellulosezucker zu erzielen. Darüber hinaus wurden Isothermen und kinetische Studien zur Quantifizierung der Adsorptionsprozesse durchgeführt. Ziel der UF ist ein hoher Permeat-Flux, hohe Hemicellulose-Retention sowie niedrige Lignin-Retention. Zur Identifikation geeigneter Membranen und Prozessparameter wurde statistische Versuchssplanungen nach der Response surface methodology angewandt. Die untersuchten Membraneigenschaften sind Materialart (RC, PS, PES, PPIPA, CFP) und Molecular weight cut-off (1.000 - 10.000 Da). Die berücksichtigten Prozessparameter sind Druck ($p = 4 - 10$ bar), Temperatur ($T = 25 - 55^\circ\text{C}$) und pH-Wert ($\text{pH} = 2,5 - 7$). Geeignete UF-Membranen haben einen MWC0 zwischen 1.000 Da und 4.000 Da und bestehen aus PES oder PPIPA. Hoher Flux wird durch hohe Drücke, Temperaturen und pH-Werte begünstigt und liegt bei 30 -35 l/m²h. Hohe Hemicellulose-Retention wird durch hohe Drücke und niedrige Temperaturen und pH-Werte begünstigt und zeigt maximale Werte von 80 -100 %. Niedrige Lignin-Retention wird durch niedrige Drücke und pH-Werte und hohe Temperaturen begünstigt und liegt zwischen 12 -35 %. Der optimale Betriebspunkt stellt somit einen Kompromiss der definierten Anforderungen dar. Vorherige Adsorption von Lignin zeigte eine deutliche Reduktion des Foulings und eine Erhöhung des Permeat-Fluxes auf bis zu 74 l/m²h. Mittels des Adsorbenters SEPABEADS SP700 konnten über 93 % des gelösten Lignins entfernt werden bei gleichzeitigen Verlusten an Hemicellulosezucker von weni-

ger als 6 %. Die Extended Freundlich Isotherme und das kinetische Modell intrapartikuläre Diffusion korrelieren am besten mit den experimentell bestimmten Werten. Die Isolation monomerer Hemicellulosezucker (Xylose) von Störstoffen wie organischen Säuren und Furanen wird mittels der Membrantechnik NF untersucht. Die untersuchten Substrate sind zum einen ein unbehandeltes HH und zum anderen HH, welche unter verschiedenen Prozessbedingungen (p , T , pH , t) hydrothermal vorbehandelt werden. Die Filtrationsexperimente werden bei variierenden Drücken (10, 20, 30, 40 bar), Temperaturen (25, 35, 45, 55 °) und Cross flow velocities (5, 8, 11, 14 L/min) unter vollständigen Rückfluss durchgeführt. Zusätzlich wird eine 12 stündige Filtration bei 35 °C, 20 bar und 8 L/min realisiert. Untersuchte Membranen weisen MWC0's zwischen 150 - 300 Da auf und bestehen aus PA und PPIPA. Bei den Rückflusseexperimenten mit unbehandeltem HH wurden Xylose-Retentionen von bis zu 100%, Essigsäure-Retentionen von bis zu 25% und Furfural-Retentionen von bis zu 42% und erhebliche Fluxabnahmen beobachtet. Das heißt, die Trennung ist stark durch Foulingprozesse beeinflusst. Durch die hydrothermale Vorbehandlung der HH konnte dieses Fouling deutlich reduziert werden mit Xylose-Retentionen von 100%, Essigsäure-Retentionen kleiner 1% und Furfural-Retentionen kleiner 25%. Die 12 stündige Filtration zeigt Fouling- und Verdichtungseffekte, da eine Fluxabnahme von ca. 88 Prozent nachgewiesen wurde. Es wurde eine Volume reduction von 0,91 und eine Anreicherung der Zucker um den Faktor sechs erreicht.



Gewinnung von Hemicellulosezuckern aus Holzhydrolysaten mittels Adsorption und Membranfiltration

Roy Nitzsche, Arne Gröngroft, Matthias Kraume

Motivation & Vorgehensweise

Hydrolysate aus Holzaufschlüssen enthalten relevante Mengen an Hemicellulose und Lignin sowie deren Abbau-Produkte Monozucker, Furane, Carbonsäuren und Phenole. Aufgrund der geringen Konzentrationen und inhomogenen Zusammensetzungen finden diese Prozessströme bislang noch keine Verwertung. Um dieses Potential zukünftig stofflich nutzbar zu machen, müssen Separationskaskaden entwickelt werden, mit denen die relevanten Komponenten effizient fraktioniert und aufkonzentriert werden können. Untersucht werden Prozesskonfigurationen bestehend aus Adsorption und der Membrantechniken Ultrafiltration und Nanofiltration (Abb. 1). Weiterer Untersuchungsgegenstand sind der Einfluss von Adsorber- und Membranmaterialien, Prozessbedingungen und Vorbehandlung durch hydrothermale Prozesse.

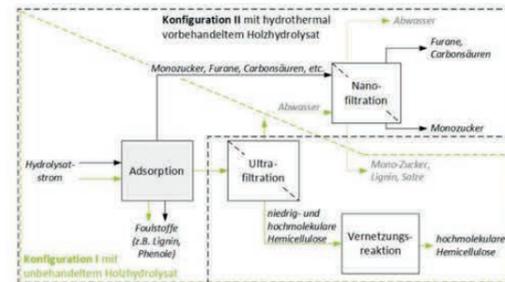


Abb. 1 Schematische Darstellung der untersuchten Prozesskonfigurationen.

Adsorption*

von Lignin/Phenolen aus Buchenholzhydrolysat an zeolithischen und polymeren Adsorbentien wurde bei Adsorber-zu-Lösungs-Verhältnissen (A:S) von 1:5 bis 1:33 untersucht. Die vorherrschenden Bindungsmechanismen und -enthalpien wurden durch Modellierung von Multikomponenten-Isothermen bestimmt. Mit dem polymeren Adsorber SP700 konnten 95% Lignin bei Verlusten an Hemicellulose und Monozuckern von 8% bei A:S = 1:5 realisiert werden. Die Adsorption wird dabei am besten durch die Extended-Langmuir-Isotherme beschrieben (Abb. 2).

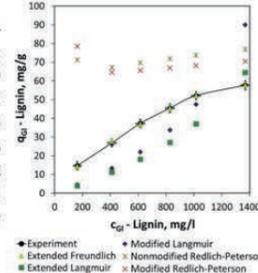


Abb. 2 Multikomponenten-Isothermen für die Adsorption von Lignin an SP700.

Ultrafiltration (UF)

von Hemicellulose aus Buchenholzhydrolysat wurde mit dem Ansatz der Wirkungsflächenmethode untersucht. Die betrachteten Einflussfaktoren waren Transmembrandruck (TMP), Temperatur, pH-Wert, Membranmaterial und Molekulargewicht cut-off (MWCO). Die Zielgrößen waren Flux, Hemicellulose- und Lignin-Retention. Die entwickelten Wirkungsflächenmodelle wurden mittels ANOVA validiert und wiesen Bestimmtheitsmaße (R^2) zwischen 0,92 und 0,99 auf. Für die Anwendung am geeignetsten zeigte sich die Polypiperazinamid-Membran UA60 mit einem MWCO von 1-3 kDa. Mit der Membran konnte ein max. Flux von 50 l/m²h (Abb. 3 (a)), Hemicellulose-Retention von max. 100% (Abb. 3 (b)) und Lignin-Retention von min. 35% erzielt werden.

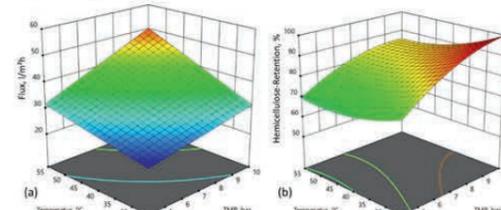


Abb. 3 3D-Flächendiagramm für (a) den Flux und (b) die Hemicellulose-Retention der Membran UA60 in Abhängigkeit von Temperatur und TMP bei pH = 2,5.

Nanofiltration (NF)

wurde untersucht um aus einem hydrothermal vorbehandelten Buchenholzhydrolysat Monozucker von Fermentationsinhibitoren, wie Essigsäure und Furanen, abzutrennen. Erste Ergebnisse zeigten, dass in Abhängigkeit des TMP hohe Fluxe von 100 - 150 l/m²h, hohe Zuckerretentionen von 92 - 100%, niedrige Essigsäureretentionen von 0 - 30% und mittlere Retentionen der Furane von 22 - 63% erzielt werden können (Abb. 4).

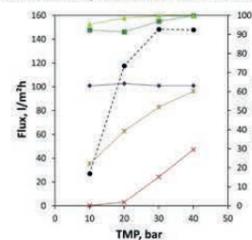


Abb. 4 Einfluss des TMP bei der NF auf Flux und Retentionen (T=55°C, pH=2).

Fazit

Adsorption, UF und NF sind geeignete Separationsprozesse zur Aufarbeitung und Wertschöpfung von Holzhydrolysaten. Sie haben großes Potential, aufgrund niedriger Energie- und Hilfsstoffverbräuche und damit geringen Betriebskosten.

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Roy Nitzsche
roy.nitzsche@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-574

Gefördert durch:



In Kooperation mit:



Jakob Köchermann, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Production of furfural from D-xylose and organosolv hemicellulose in water/ethanol mixtures

Jakob Köchermann, Janine Schreiber, Dr. Marco Klemm
Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-359
E-Mail: jakob.koechermann@dbfz.de

In recent years, the production of furfural from D-xylose and hemicellulose rich streams from the pulp and paper industry were extensively discussed. However, one problem that has always been described was the formation of insoluble humins by self- and cross-polymerization of furfural. Due to these side reactions the product yield and selectivity decreases. Therefore, the use of biphasic systems or ionic liquids was investigated to avoid this issue. Promising results have been shown but such systems could be costly due to expensive solvents and the subsequently recovery processes. Another approach to suppress polymerization of furfural is the usage of alcohol/water mixtures as reaction medium. Alcohol can react with the sugars and stabilize the reactive intermediates.

For our exploration, as reaction medium ethanol/water with different mass ratios were tested. Xylose was used as model compound for organosolv hemicellulose and sulfuric acid as homogeneous catalyst. The experiments were conducted in a thermostatically heated 500 ml stirred tank reactor at three temperatures (180, 200 and 220 °C). To avoid the heating phase, the xylose was dissolved in water and transferred in a liquid charging pipette made of stainless steel. The educt solution was added to the ethanol/water mixture only after the reaction temperature was reached. Immediately after addition, a first sample was taken by a liquid sample valve with dip tube. Five more samples followed after 5, 15, 30, 60 and 180 min. Afterwards the reactor was cooled down to ambient by thermostat as fast as possible. Subsequently, insoluble humins were separated from the reaction medium by vacuum filtration. The process liquor samples were analyzed by

liquid chromatography (HPLC-DAD) and the humins were quantified by weighing.

Since ethanol is used as solvent for the organosolv process, the hemicellulose stream after the pulping contains residues of that alcohol. Therefore, we were interested on furfural polymerization suppress capacity of different ethanol/water mixtures. This approach has an interesting benefit since after furfural separation ethanol/water stream can be reused for the organosolv process.

Preliminary results show a correlation between the ethanol/water ratio and the amount of formed humins. The ethanol content has also a strong influence and leads to an increase of furfural yield. Furthermore, reference experiments with pure water were conducted. The results are promise for further explorations with real organosolv hemicellulose that should be carried out in the next step.



Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

Production of furfural from D-xylose and organosolv hemicellulose in water/ethanol mixtures

Jakob Köchermann*, Janine Schreiber, Marco Klemm

Motivation

During hydrothermal production of furfural from D-xylose or xylooligosaccharides, self- and cross-polymerization reactions (Fig. 1) decrease the product yield and selectivity. In recent years, the use of biphasic systems or ionic liquids was investigated to avoid this issue. Promising results have been shown but such systems could be costly due to expensive solvents and the subsequent recovery processes. A further approach to suppress those side reactions is the usage of alcohol/water mixtures as reaction medium. Therefore, the influence of different water/ethanol mass ratios on D-xylose conversion as well as furfural yield was examined in this study.

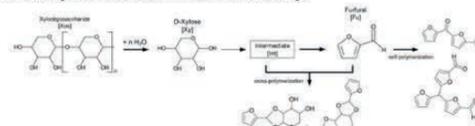


Fig. 1 Reaction of xylooligosaccharide to D-xylose and furfural including side reactions

Methodology

Experiments were conducted in a stirred tank reactor at three temperatures (180, 200 and 220 °C). To avoid the heat up phase, the reactants (D-xylose or organosolv hemicellulose) were added to the ethanol/water mixture by a liquid charging pipette after reaction temperature was reached. Samples were taken immediately after adding the reactant and at 5, 15, 30, 60, and 180 min. By liquid chromatography (HPLC-DAD), the samples were analyzed. Insoluble humins were separated from the reaction medium by vacuum filtration and quantified by weighing.

Results and discussion

I. Ethanol influence on D-xylose conversion

The D-xylose conversion rate is not influenced by the ethanol ratio, but increased by rising temperatures (Fig. 3.).

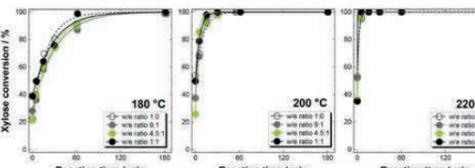


Fig. 2 D-xylose conversion for different water/ethanol ratios at 180, 200, and 220 °C

II. Ethanol influence on furfural yield

Furfural yield increases with rising ethanol ratio (Fig. 3). Higher reaction temperatures enhance the formation rate of furfural but also the decomposition. A correlation between ethanol content and the degradation rate of furfural could not be observed.

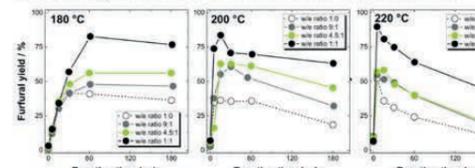


Fig. 3 Furfural yield at different water/ethanol ratios for 180, 200, and 220 °C

By rising ethanol ratios the mass of formed humins decreases (Fig. 5). Possibly, furfural underlie a steric hindrance by hydrogen bonds with ethanol molecules (Hu et al. 2014), which prevent the formation of humins (Fig. 4).

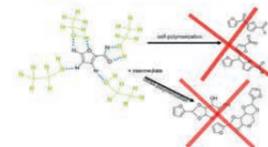


Fig. 4 Steric hindrance of furfural by hydrogen bonds

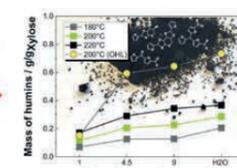


Fig. 5 Mass of formed humins at different water/ethanol ratios

III. Ethanol influence under the use of organosolv hemicellulose (OHL)

High ethanol ratios can inhibit the xylooligosaccharide hydrolysis to D-xylose, which has a negative effect on the available D-xylose. Low ethanol ratios did not effect the furfural yield in comparison to experiments with water (Fig. 6). Compared to D-xylose trials, a water/ethanol mass ratio of 1:1 decreases the furfural yield (Fig. 6). Adding ethanol reduced the mass of formed humins (Fig. 5).

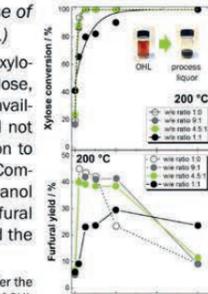


Fig. 6 Xylose conversion and furfural yield under the usage of OHL

Conclusion

Water/ethanol mixtures can increase the furfural yield and inhibit the formation of humins. The usage of ethanol could be beneficial for ethanol based organosolv pulping process.

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
*Contact Person: Jakob Köchermann
jakob.koechermann@dbfz.de | Phone: +49 (0)341 2434-359



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20th/21st September 2018

Hu, X., Westerhof, R. J., Dong, D., Wu, L., Li, C. Z. 2014. Auto-catalyzed conversion of xylose in 20 solvents: insight into interactions of the solvents with xylose, furfural, and the acid catalyst. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2 (11), 2969-2976

*Poster-Speedpresentation
Systemanalyse Bioenergie*

André Brosowski, Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig

Nationales Ressourcenmonitoring von biogenen Reststoffen, Abfällen und Nebenprodukten

André Brosowski, Udo Mantau, Prof. Dr. Bernd Mahro, Prof. Dr. Anja Noke, Felix Richter, Tim Krause, Roland Bischof, Thomas Hering, Christian Blanke, Prof. Dr. Ralf Bill, Prof. Dr. Daniela Thrän
 Deutsches Biomasseforschungszentrum
 Torgauer Straße 116
 04347 Leipzig
 Tel.: +49(0)341 2434-718
 E-Mail: andre.brosowski@dbfz.de

Die Sustainable Development Goals (SDG) der Vereinten Nationen fordern u.a. weltweit bezahlbare und saubere Energie. Bis 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien im globalen Energiemix deutlich erhöht werden. Bioenergie leistet bereits jetzt einen wesentlichen Beitrag. In welchem Umfang dieser Beitrag zukünftig noch erhöht werden kann, setzt ein umfangreiches Wissen zur aktuellen Verfügbarkeit und Nutzung von biogenen Ressourcen voraus. Fehlende Standards in der Berechnung von Biomassepotenzialen führen bisher zu teilweise erheblichen Ergebnisbandbreiten und Unsicherheiten. Im Vortrag wird ein universell einsetzbares, systematisches und fortschreibbares Monitoringsystem vorgestellt, mit dem eine transparente und konsistente Datensammlung/-verarbeitung und Ergebnispräsentation sektorenübergreifend erreicht wird. Ausgehend von einer mehrstufigen Kategorisierung von ca. 90 Einzelbiomassen aus den Bereichen: Land-/Forstwirtschaft, Siedlungsabfall, industrieller Abfall und sonstigen Biomassen umfasst das Monitoringsystem ca. 1.500 biomassespezifische Berechnungselemente, welche im Ergebnis auf zehn Schlüsselinformationen reduziert werden. Hierzu gehören das theoretische Potenzial, technische Potenzial, nicht nutzbare Potenzial, genutzte Potenzial, ungenutzte Potenzial sowie die Differenzierung in die stoffliche, energetische und integrierte stofflich-energetische Nutzung. Zwei weitere Schlüsselinformationen erfassen eine unklare Datenlage und unklare Nutzung. Ausgehend von der Einzelbiomasse und deren Eigenschaften können die Schlüsselinformationen mehrerer Biomassen flexibel zusammengeführt und hinsichtlich unterschiedlicher Zielanforderungen interpretiert

werden. Eine Beispielabfrage ist: Welchen Impact hätte Biomethan im Verkehrssektor, wenn alle ungenutzten Potenziale in Biogasanlagen eingesetzt werden würden? Mit Hilfe des Monitorings können die Relevanz und Aussagekraft einzelner Biomassen oder deren potenzielle Verwendung quantitativ beschrieben werden. Darauf aufbauende Priorisierungen unterstützen die Entscheidungsfindung für die Ausrichtung zukünftiger Aktivitäten, bestehende Stoffströme zu optimieren, ungenutzte Potenziale zu mobilisieren oder dringenden Forschungsbedarf zu identifizieren

Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ
gemeinnützige GmbH

Nationales Ressourcenmonitoring von biogenen Reststoffen, Abfällen und Nebenprodukten

André Brosowski¹, Udo Mantau², Bernd Mahro³, Anja Noke³, Felix Richter⁴, Tim Krause¹, Roland Bischof⁵, Thomas Hering⁶, Christian Blanke², Ralf Bill⁶, Daniela Thrän^{1,7}

WARUM?
 Sektorenübergreifende Informationen zur biogenen Rohstoffbasis und deren Nutzung unterstützen die Strategieentwicklung für eine konsequente Optimierung bestehender Stoffströme und für eine nachhaltige Erschließung ungenutzter Biomassen. Das Ressourcenmonitoring führt Informationen aus fünf Sektoren transparent, konsistent und für einzelne Bezugsjahre zusammen.

DATENVERARBEITUNG (INTERN)

(AKTUALISIERBARE) BASISDATEN

- BIOMASSE-KATEGORISIERUNG
- BERECHNUNGSELEMENTE: 001, 002, 00X
- DATEN-QUALITÄT: QUELLE, DYNAMIK, REG. EBENE
- SCHLÜSSEL-INFORMATIONEN: 10
- KONTEXTUALISIERUNG: STROM, WÄRME, KRAFTSTOFF
- (GEO)CODE: ID, 15-stellig

DATENBEREITSTELLUNG (EXTERN)

- WEBSITE: START
- DATENBANK: t, TM
- FLOWCHARTS
- SANKEY DIAGRAMME
- IMPACT: %
- MAPPING

DOWNLOAD

STRUKTUR DES MONITORINGSYSTEMS

EINZEL-BIOMASSEN ca. 90

LANDWIRTSCHAFTLICHE NEBENPRODUKTE
HOLZ- UND FORSTWIRTSCHAFTLICHE RESTSTOFFE
SIEDLUNGSABFÄLLE UND KLÄRSCHLAMM
INDUSTRIELLE RESTSTOFFE
BIOMASSEN VON SONSTIGEN FLÄCHEN

BERECHNUNGSELEMENTE >1.000

Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Torgauer Str. 116, D-04347 Leipzig, INFRO, Harburger Schulstraße 6-12, D-21079 Hamburg, Hochschule Bremen, Neustadtsweg 30, D-28199 Bremen, *Wissenschaftszentrum für Sozialforschung, Elisenstraße 11, D-50674 Köln, **Wissenschaftszentrum für Politikwissenschaft, Elisenstraße 11, D-50674 Köln, ***Wissenschaftszentrum für Sozialforschung, Elisenstraße 11, D-50674 Köln, ****Wissenschaftszentrum für Sozialforschung, Elisenstraße 11, D-50674 Köln, *****Wissenschaftszentrum für Sozialforschung, Elisenstraße 11, D-50674 Köln

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
 Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
 Ansprechpartner: André Brosowski
andre.brosowski@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-718 | Fax: +49 (0)341 2434-133

Geleitet durch:
 Wissenschaftszentrum für Politikwissenschaft
 Wissenschaftszentrum für Sozialforschung
 Wissenschaftszentrum für Sozialforschung
 Wissenschaftszentrum für Sozialforschung

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Niels Kirstein, Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Leipzig

Zukünftige Nutzung biogener Festbrennstoffe vor dem Hintergrund des Zwei-Grad-Ziels

Niels Kirstein, Christiane Hennig, Prof. Dr. Daniela Thrän
Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Leipzig
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-601
E-Mail: Niels.Kirstein@dbfz.de

Biogene Festbrennstoffe sind weltweit die am meisten genutzten Bioenergieträger. Ihre Verwendung reicht von der Verbrennung in traditionellen Feuerstätten, vornehmlich in Schwellen- und Entwicklungsländern, bis hin zum Einsatz in modernen Energieerzeugungsanlagen unterschiedlicher Größe zur Wärme- und Stromproduktion. Für feste Bioenergieträger kommt eine große Bandbreite unterschiedlicher Rohmaterialien in Frage, wobei Biomasse aus der Forst- und Holzwirtschaft den bedeutendsten Teil stellt. Zusätzlich können die Rohstoffe auch aus Rückständen und Nebenprodukten der landwirtschaftlichen Produktion stammen, wie z. B. Stroh. Aufgrund ihres unterschiedlichen Ursprungs können die Einsatzstoffe ein weites Spektrum an brennstofftechnischen Eigenschaften aufweisen. Durch thermo-chemische Veredelungsverfahren ist es möglich, sie in Sekundärenergieträger mit klar definierten Eigenschaften zu transformieren, die in Normen und Standards festgeschrieben werden. Eine definierte und überwachte Brennstoffqualität ist Voraussetzung für viele Konversionsprozesse und vereinfacht zudem den Brennstoffhandel.

Vor dem Hintergrund des Ziels der internationalen Klimapolitik, die globale Erderwärmung auf weniger als zwei Grad Celsius im Vergleich zum Niveau vor Beginn der Industrialisierung zu begrenzen, sind umfangreiche Treibhausgaseinsparungen notwendig, die u.a. langfristig anhand einer Defossilisierung der Energieerzeugung zu erzielen sind. In einem künftigen Energieversorgungssystem, welches überwiegend durch die Verwendung verschiedener Erneuerbarer Energien gestützt wird, gilt es für die Bioenergie, Bereiche zu besetzen, die andere Energieträger nicht oder nur zu sehr hohen Kosten besetzen können.

Die Anforderungen an Bioenergieträger im Allgemeinen und an biogene Festbrennstoffe im Speziellen befinden sich im Wandel. Die zukünftige Nutzung wird maßgeblich durch die politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen beeinflusst. Mit der Neufassung der EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien für die Jahre 2020 bis 2030 werden bspw. zum ersten Mal europaweite Nachhaltigkeitskriterien für Festbrennstoffe festgelegt.

Im Rahmen des Posterbeitrags wird der Status quo der Nutzung biogener Festbrennstoffe abgebildet. Dies dient als Überblick der derzeitigen Biomassenutzungspfade von den Rohmaterialien über die Aufbereitung zu Bioenergieträgern und deren Anwendung in Konversionsanlagen bis zur Endenergiebereitstellung. Ausgehend von der heutigen Nutzung soll in den nächsten Schritten des Promotionsvorhabens untersucht werden, inwiefern sich sowohl die Rohstoffbasis als auch die Einsatzbereiche für biogene Festbrennstoffe zukünftig verändern werden und welche Implikationen sich dadurch für deren Qualitätsanforderungen ergeben..



Zukünftige Nutzung biogener Festbrennstoffe vor dem Hintergrund des Zwei-Grad-Ziels

Niels Kirstein¹, Christiane Hennig¹ und Daniela Thrän^{1,2}

Hintergrund

- Angesichts des Ziels der internationalen Klimapolitik, die globale Erderwärmung auf weniger als zwei Grad Celsius im Vergleich zum Niveau vor Beginn der Industrialisierung zu begrenzen, sind umfangreiche Treibhausgaseinsparungen notwendig, die u.a. langfristig anhand einer Defossilisierung der Energieerzeugung zu erzielen sind.
- In einem Energieversorgungssystem, welches überwiegend durch die Verwendung verschiedener Erneuerbarer Energien gestützt wird, gilt es für die Bioenergie, Bereiche zu besetzen, die andere Energieträger nicht oder nur zu sehr hohen Kosten besetzen können.
- Die Anforderungen an Bioenergieträger im Allgemeinen und an biogene Festbrennstoffe im Speziellen befinden sich im Wandel. Die zukünftige Nutzung wird maßgeblich durch die politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen beeinflusst. Mit der Neufassung der EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien (RED II) für die Jahre 2020 bis 2030 werden zum ersten Mal europaweite Nachhaltigkeitskriterien für Festbrennstoffe festgelegt.

Status quo der Festbrennstoffnutzung

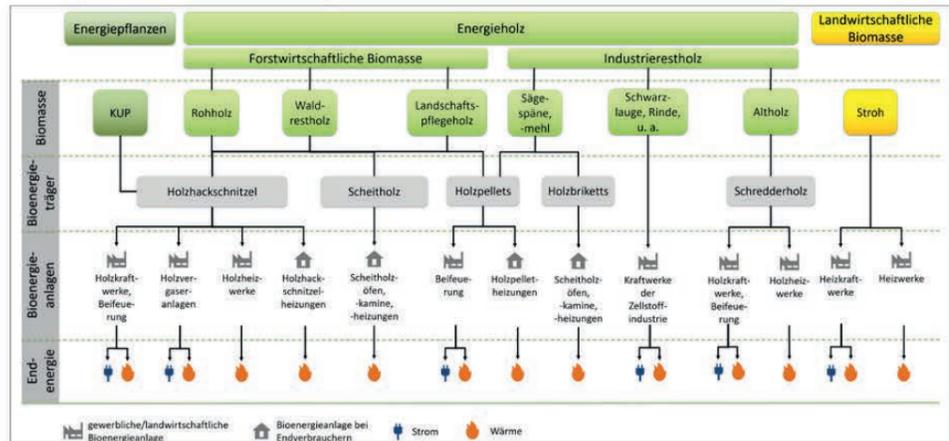


Abb. 1: Biomassenutzungspfade zur Herstellung und Anwendung von Festbrennstoffen. Darstellung angelehnt an Agentur für Erneuerbare Energien, 2013.

Forschungsfrage

- These: Sowohl die Rohstoffbasis als auch die Einsatzbereiche für biogene Festbrennstoffe werden sich verändern. Ihre heutige Nutzungsform (Rohstoffarten und -qualitäten sowie Technologien, siehe Abb. 1) ist 2050 nicht mehr nachgefragt. Hier spielt insbesondere der Ersatz konventioneller Brennstoffe mit biogenen Festbrennstoffen in der Industrie eine wesentliche Rolle.
- Frage: Wo und in welcher Form finden Festbrennstoffe und damit verbundene Technologien neue Einsatzfelder?
- Vorgehen: Zunächst sollen die politischen Rahmenbedingungen bis 2050 analysiert werden. Daraus lassen sich Anwendungsfelder bestimmen, die für den Festbrennstoffeinsatz zukünftig in Frage kommen. Anhand dieser Einsatzmöglichkeiten wiederum können die Qualitätsanforderungen abgeleitet werden, die der Brennstoff erfüllen muss und die später in Form von Standards und Normen definiert werden können. Zusätzlich werden die identifizierten Einsatzfelder einer ökonomischen Bewertung unterzogen.

Referenz: Agentur für Erneuerbare Energien, 2013, Nutzungspfade von Biomasse, Energieholz Energiepflanzen und Reststoffen [Online]. Verfügbar unter: <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/nutzungspfade-von-biomasse-energieholz-energiepflanzen-und-reststoffen> (01.09. 2018).

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Kontaktperson: Niels Kirstein
Niels.Kirstein@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-601 | Fax: +49 (0)341 2434-133

¹ DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum, Bereich Bioenergiesysteme, Leipzig
² UFZ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Department Bioenergie, Leipzig



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Matthias Jordan, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ

The future role of bioenergy in the German heat sector in competition with other renewable technologies

Matthias Jordan

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ

Permoserstraße 15

04318 Leipzig

Tel: +49(0)341 2434-590

E-Mail: matthias.jordan@ufz.de

Global climate change, depleting energy resources and energy security are issues affecting all nations. In Germany the energy transition is in full progress and ambitious emission and efficiency targets are defined by the government. Meeting these targets is only possible by switching to renewable technologies in the energy sector. A major share of the greenhouse gas reduction needs to be covered by the heat sector, which accounts for ~ 35% of the energy based emissions and 54% of the final energy demand in Germany today. In the heat sector biomass is the renewable key player today, accounting for 85% of the renewable energy. The role of biomass in energetic use is hotly debated if stemming from cultivation (e.g. concurrence to food, biodiversity, etc.). On the other hand are its clear advantages as weather independency, the possibility of simple storage and flexible utilization. These properties open up a wide field of application for biomass from residues and energy crops in the different markets of the heat sector. But in which markets is biomass competitive against other renewable applications? In our investigation the cost optimal allocation of biomass in different heat sub-sectors is investigated under long-term scenarios. Representative bioenergy-, fossil- and other renewable technology concepts are defined for each sub-market, including economical, technical and environmental data. The technological competition is modelled within the framework of the actual climate protection plan. Therefore an optimization approach is used minimizing the total system costs. The results will show if bioenergy technologies will be a competitive option in a future sustainable heat sector and how their potential role differs in different heat sub-sectors. A comprehensive sensitivity analysis

will show the degree of uncertainty of the model results. Final results of the study are not yet available. On my Poster I would like to present the methodological approach and the kind of results that will be generated and how a sensitivity analysis can determine the degree of uncertainty of the results.

Die zukünftige Rolle der Bioenergie im deutschen Wärmesektor

Matthias Jordan

Hintergrund

- Klimaziele in Deutschland: Reduktion der Emissionen um 80-95%
- Der Wärmesektor verantwortet 35% der energiebedingten Emissionen
- 54% des deutschen Endenergiebedarfs fallen im Wärmesektor an
- Biomasse deckt 85% der heutigen erneuerbaren Wärme
- Anbaubiomasse steht in Konkurrenz zu anderen Nutzungsformen
- Biomasse ist speicherbar, Wetter unabhängig und flexibel einsetzbar
- Dies ermöglicht ein breites Anwendungsfeld für Biomasse

Eigenschaften des deutschen Wärmesektors:

- Heterogene Struktur (Wohngebäude, Gewerbe/Handel/Dienstl., Industrie)
- Unterschiedlichste Nachfragen (Saisonal, halb-/ganztags, Nieder-/Hochtemperatur)
- Unterschiedlichste Eigentümerstrukturen
- Verschiedenste Nutzer / Anwendungen

→ In welchem Bereich des Wärmesektors ist Bioenergie wettbewerbsfähig unter Erfüllung der definierten Klimaziele?

Methode

Input

- Technologie Daten
- Variable Kosten
- Investitionskosten
- THG Emissionen
- Wirkungsgrad
- Lebenszeit
- Technologie Komponenten
- ...

→

BENSIM Modul „Heat“

Minimierung der Gesamtkosten bis 2050 mittels mathematischer Optimierung

→

Output

- Jährliche Entwicklung der Technologieverteilung
- Biomasse Nutzungspfade
- Emissions-Anteile
- Kosten
- In 4 Szenarien auf den verschiedenen Märkten

Szenarien Restriktionen:

- Politische Ziele (80% / 95% THG Reduktion)
- Limitiertes Biomassepotential (Anbau/ kein Anbau)
- Wärmebedarfsentwicklung auf den verschiedenen Teilmärkten
- Rohstoffpreisentwicklungen

TC

$$TC = \sum_{l,j,b} V_{G,l,j,b} \times PRD_{l,j,b} + \sum_{l,m,j} N_{l,m,j} \times INV_{l,m,j} \times \frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t - 1}$$

- Zur Abbildung des Wettbewerbs wurde ein **Optimierungsansatz** gewählt
- Der Wärmesektor wurde in insgesamt 19 Teilmärkte mit ähnlichen Eigenschaften z.B. der Wärmebedarfsentwicklung eingeteilt
- Auf jedem Teilmarkt stehen ca. 4-7 Technologiekonzepte in Konkurrenz
- Der aktuelle Anlagenbestand stellt den Startzustand dar
- Die limitierte Biomasse wird optimal zwischen den Teilmärkten verteilt
- Das Modell beinhaltet ein Modul zur Rohstoffkostenpreisentwicklung
- Die **Zielfunktion** minimiert die Gesamtsystemkosten von 2011 - 2050 (Variable Kosten + Investition der einzelnen Technologiemodule)

Vorläufige Ergebnisse

- Abbildung 1 zeigt eine mögliche Entwicklung der Technologiekonzepte in ausgewählten Teilmärkten und damit den ökonomisch idealen Transformationspfad unter Erfüllung der Klimaziele in den einzelnen Szenarien
- Die Ergebnisse können zeigen in welchen Teilmärkten die Biomasse kosteneffizient verortet werden sollte

Ausblick

- Welchen Einfluss haben die Unsicherheiten der Eingangsparameter (Sobol's Sensitivitätsanalyse)
- Wie hoch sollte eine CO₂-Steuer sein um die Klimaziele im Wärmesektor zu erfüllen?
- Wie lässt sich das individuelle Akteursverhalten / Investitionsverhalten im Modell berücksichtigen?
- Welche Rolle spielen räumliche Einflüsse (urban/rural, Biomasseverfügbarkeit, Infrastruktur, Flächenverfügbarkeit)?

Kontaktadressen:
 Matthias Jordan
 Tel.: +49 341 2434 590
matthias.jordan@ufz.de
 Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ
 Permoserstraße 15 / 04318 Leipzig

Betreuer:
 Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän
 Markus Milinger

Frazer Musonda, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

How can the available biomass resources be optimally allocated to the German bioeconomy?

Frazer Musonda
 Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
 Permoserstraße 15
 04318 Leipzig
 Tel: +49(0)341 2434-588
 E-Mail: frazer.musonda@ufz.de

Biomass, currently the only low-cost source of renewable carbon and having manifold applications, will play a pivotal role in Germany's transition from a fossil intensive economy to a green economy. Due to these manifold applications and limited land for cultivation, it is imperative to analyze the optimal allocation of biomass resources to different competing sectors i.e. power, heat, transport and chemicals based on different goal functions to ensure that it is used efficiently and effectively. Some examples of such goal functions are, maximizing economic value of biomass, maximizing environmental benefit i.e. CO₂ abatement and maximizing social benefit. In the context of Germany, systematic assessments for the optimal deployment of biomass to competing sectors based on these goal functions is an avenue that has not been fully analyzed.

This current work seeks to facilitate knowledge on the optimal allocation of biomass based on multi-criteria analyses i.e. maximizing green house gases savings and the economic value of biomass deployment. This will be implemented by the use of scenario analysis on a bottom up model that will be developed in General Algebraic Modeling System (GAMS) and Matlab called BENSIM. The allocation of biomass will be optimized with varying storylines for the evolution of available land for cultivation, feedstock's agricultural yields, feedstock costs, conversion efficiencies and investment costs developments as a consequence of technological learning up to the year 2050.

The results will show the future relevance of biomass deployment in Germany's climate change mitigation strategies, the optimal pathways based on

maximum economic and environmental benefit and the potential trade-offs between the two objectives.

How can the available biomass resources be optimally allocated to the German bioeconomy? A scenarios analysis based on conflicting economic and environmental objectives

Frazer Musonda
 Dep. Bioenergy, UFZ – Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig, Germany (frazer.musonda@ufz.de)

Motivation

Biomass, a limited resource and currently the only low cost source of renewable carbon finds applications in different sectors of the bioeconomy. It can be used for energetic purposes such as in the generation of heat and power, and the production of different transportation fuels. It can also be used for non-energetic purposes such as production of myriad drop in and novel chemicals.

Because of its limited nature and diverse applications, it is imperative to analyze optimal allocation strategies to the competing uses in order to maximize the effectiveness of its deployment.

This research focuses on biomass allocation in the German bioeconomy based on multi-objective optimization of environmental and economic objectives.

Method

Figure 1: Modeling Framework

Mathematical formulation

$$\text{Max } z1 = \sum_i (MV_{i,t} + Prod_{i,t}) - (MC_{i,t} + Biomass_{i,t} + Inv_{i,t} + AddCap_{i,t}) \quad (1)$$

$$\text{Max } z2 = \sum_i GHG_{i,t} + Biomass_{i,t} \quad (2)$$

Subject to constraints

$$L_{i,t} \geq \sum_j Biomass_{j,t} \quad (3)$$

$$F_{i,t} \geq \sum_j Biomass_{j,t} + Cal_j \quad (4)$$

$$Prod_{i,t} \leq Cap_{i,t} \quad (5)$$

$$PwUP_{i,t} \geq Prod_{i,t} \quad (6)$$

$$RtUP_{i,t} \geq Prod_{i,t} \quad (7)$$

$$TrUP_{i,t} \geq Prod_{i,t} \quad (8)$$

$$ChUP_{i,t} \geq Prod_{i,t} \quad (9)$$

Objective Function Coefficients

Figure 2: Credits to gate life cycle analysis

Assumptions

- > The yearly available agricultural land of 2,4 million ha and 511400 TJ technical potential of forest biomass with a corresponding 20% of residues
- > 50 % renewable electricity grid by 2030 and 100 % by 2050
- > 50 % renewable heating for conversion processes
- > 15 % increase in agricultural yields upto 2050
- > 20, 20, 30, 50 % increases in upper sectoral demands for the power, heat, transport and chemicals sectors respectively relative to the base year

Preliminary results

Figure 4: Pareto set

- > Available biomass could contribute to a cumulative maximum of 3794 million tons of GHG savings
- > The corresponding cumulative maximum value for the economic objective is € 2550 billion
- > Emphasis on economic value objective for biomass allocation results in 221 million tons potential GHG savings forfeited
- > This is equivalent to over 2 years of savings on average in both objectives and trade off
- > Emphasis on the GHG savings results in 133 billion forfeited

TRADE OFF

€ 52 Billion
 -43 million tons GHG savings

Max Value
 € 2550 billion
 -221 million tons CO2e

Max GHG savings
 3794 million tons CO2e
 € 133 billion

Figure 3: Biomass allocation based on economic objective, environmental objective and trade off

Figure 3: Biomass allocation based on economic objective, environmental objective and trade off

Figure 5: Life cycle costs system boundary

Figure 5: Life cycle costs system boundary

Figure 6: Yearly GHG savings and economic value based on economic objective, environmental objective and trade off

Figure 6: Yearly GHG savings and economic value based on economic objective, environmental objective and trade off

Conclusions

- > The level of conflict between the two objectives is significant in absolute terms
 - > 221 million tons of GHG savings
 - > €133 billion of economic value
- > German climate action plan targets 543-562 million tons of CO₂ savings by 2030
 - > The available agricultural land and forest biomass technical potential in Germany could potentially contribute to 111 and 96 million tons CO₂ savings in environmental and economic objectives respectively by the year 2030.
 - > With a tradeoff translating into €52 billion being forfeited instead of €133 billion, a contribution of 108 million tons CO₂ savings can be achieved by 2030

Beike Sumfleth, Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Leipzig

Certification of low ILUC risks in emerging markets

Beike Sumfleth

Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig

Torgauer Str. 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-575

E-Mail: Beike.Sumfleth@dbfz.de

Indirect land use change (ILUC) plays an important role in the debate about the sustainability certification of biofuels since recent years. In a growing bioeconomy ILUC probably gets crucial for the production of other biobased products, too. Therefore, the implementation of low ILUC risk indicators for the certification of biobased products seems necessary. The question occurs, how can the low ILUC risk be assessed in certification. To answer it, this review paper compiles existing approaches and studies dealing with low ILUC risk indicators for sustainability certification with ILUC model derived indicators contributing low ILUC risk. The overall aim of the paper is to get a comprehensive overview of existing and additional low ILUC risk indicators for sustainability certification in emerging markets of biobased products. To reach this aim, a twofold approach will be applied, based on an enormous literature review. On one side it will analyse existing approaches for low ILUC risk certification and studies dealing with ILUC risk mitigation measures. This will be characterised by a transfer of indicators sourced from existing approaches like i.e. the Low Indirect Impact Biofuels (LIIB) methodology. Related studies examining ILUC mitigation measures, low ILUC risks or low indirect impacts of biobased products and biomaterials will complete this part of the approach. On the other side an analysis of common ILUC models like i.e. MIRA-GE-BioF and GLOBIOM will be conducted to complement the existing indicators. Whereby, additional model derived low ILUC risk indicators will be identified. Besides, additional models studying ILUC risks and ILUC mitigation strategies will be examined. Furthermore, the latter approach will be supported by results of the project Star-ProBio Deliverable D7.1, which examines several key drivers and parameters

to reduce the risk for ILUC, sourced from an analysis of ILUC models. These results will be used as a basis for further analyses in this review paper.

It is expected, that the applied approach will result in a comprehensive set of indicators feasible to measure low ILUC risk in the sustainability certification of biobased products. It will illustrate the actual status of existing indicators obtained from approaches and studies address low ILUC risk. These findings will be complemented by indicators derived from common ILUC models suitable for certification.

In the next steps, based on specific case studies the project will proof, if a common environmental assessment method, i.e. Life Cycle Assessment (LCA) can be used to examine the robustness and applicability of the identified indicators in the sustainability certification of biobased products. Therefore, two important feedstocks for the use in biomaterials production will be chosen. In accordance to the project Star-ProBio the feedstocks preferably will be corn, straw or rapeseed.

This examination is part of a dissertation project, embedded in an international project at the DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum, named Star-ProBio.



Deutsches Biomasseforschungszentrum DBFZ
gemeinnützige GmbH

Certification of low ILUC risks in emerging markets

Review Paper of the Dissertation Project of Beike Sumfleth¹

Introduction

Indirect land use change (ILUC) plays an important role in the sustainable biofuel supply. In a growing bioeconomy ILUC risks probably emerge for biobased products, too. Therefore, this paper will answer the question how low ILUC risks can be assessed in sustainability certification. It compiles existing approaches and studies dealing with low ILUC risk indicators for certification with ILUC model derived indicators. The aim is to get a comprehensive overview of existing and additional low ILUC risk indicators for sustainability certification in emerging markets of biobased products.

Approach

A twofold approach will be applied, based on an enormous literature review. It analyses existing approaches and studies dealing with low ILUC risk indicators in certification, which will be complemented by ILUC model derived indicators, as illustrates Fig. 1.

Expected results and next steps

The approach of this paper will result in a set of indicators to measure low ILUC risks feasible for the sustainability certification of biobased products. It will show the actual status of existing indicators obtained from approaches and studies address low ILUC risks. These findings will be complemented by indicators derived from common ILUC models suitable for certification. Based on specific case studies in the next steps the project will proof, if a common environmental assessment method, i.e. Life Cycle Assessment (LCA) can be used to examine the robustness and applicability of the identified indicators in the sustainability certification of biobased products.

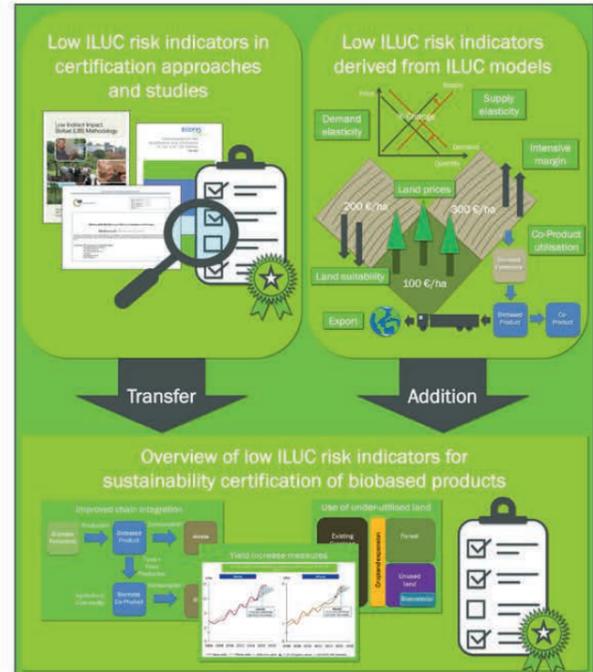


Fig. 1 : Approach of transfer and addition of low ILUC risk indicators for certification of biobased products identified in a comprehensive literature review (graphics above f.l.t.r.: van de Staalj et al. (2012), RSB (2015), Peters et al. (2016), own elaborations; graphics below f.l.t.r.: own elaboration, Peters et al. (2016), own elaboration abridged from Takriti et al. (2016), own elaboration)

¹ DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum, Bioenergy Systems Department, Work Group Applied Sustainability Assessment, Leipzig

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Contact Person: Beike Sumfleth
Beike.Sumfleth@dbfz.de | Phone: +49 (0)341 2434-575 | Fax: +49 (0)341 2434-133





1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Indrani Kar, Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig

Including soil impacts within a regional life cycle assessment of biobased products

Indrani Kar, Dr. Sinéad O'Keeffe, Prof. Dr. Daniela Thrän, Dr. Uwe Franko
Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig
Torgauer Str. 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-581
E-Mail: indrani.kar@dbfz.de

To meet the challenges of a carbon neutral future where climate change needs to be mitigated, the bioeconomy and biobased systems are becoming increasingly important (BECOTEPS, 2011).

Due to increasing intensity of land use to support the bioeconomy (Dale and Ong, 2014), the functions of soils and impacts to them are also under increasing scrutiny as they are an essential component of the global ecosystem (Garrigues et al., 2012), and will be at the fulcrum of a biobased economy. Maintaining healthy and functioning soils is a fundamental requirement for not only global sustainability (Vidal Legaz et al., 2017), but also for a bioeconomy to ensure secure and sustainable biomass supply for biobased products (Dale and Ong, 2014). As Banwart (2011) outlined, "The challenge is clear. We need rigorous forecasting methods to quantify and best use soil's natural capital, to assess options for maintaining or extending it, and to determine how declines can be reversed". Yet more often than not, the connection between biobased products, and the environmental consequences to the soils in which they are grown, is ignored.

Life cycle thinking and life cycle assessment (LCA) is a scoping tool that can make the connection between biomass products (food, materials, fodder, energy) and the environmental burdens both to and from soils (Garrigues et al., 2012; Vidal Legaz et al., 2017; Brandão et al., 2011; Mila i Canals et al., 2011). Environmental burdens to soil include loss or decrease of soil organic matter for instance (Batjes, 1996), while an environmental burden from soil would be greenhouse gas emissions (Henault et al., 2012; Brocks et al., 2014; Oertel et al., 2016). However, the inclusion of impacts to soil functions has

been challenging due to the spatial dependency of such impacts and the contrasting global approaches of LCA (O'Keeffe et al., 2016).

Ideally, assessing impacts to soil functioning using a life cycle approach requires the consideration of the entire production chain across all the various global locations, in order to consider the specific production conditions (e.g. technologies, climate and soil) in combination with the material and energy flows associated with the different management practices (Vidal Legaz et al., 2017).

Certain impacts to and from soils have more regional characteristics however, and these should be considered in any LCA of biobased systems (O'Keeffe et al., 2016). One of the biggest challenges is to find the appropriate level of complexity and comprehensiveness for assessing impacts to and from soil which can fit to life cycle approaches- this needs to come from a compromise between oversimplified and overcomplicated descriptions of the multiple functions and properties of soils (Garrigues et al., 2012).

Therefore, the aim of this presentation is to discuss the challenges in developing an approach for how to deal with the simplification of this complexity, to better assess biobased products and biobased systems in the bioeconomy.



Including soil impacts within a regional life cycle assessment of biobased products

Review paper on development of an approach to simplify regional soil complexity within a life cycle context
Indrani Kar¹, Sinéad O'Keeffe², Uwe Franko³, Daniela Thrän^{1,2}

Introduction
The connection between regional biomass products (e.g. food, feed, materials, chemicals, energy), and the environmental consequences for the soils in which they are grown, needs to be investigated in more detail (O'Keeffe et al., 2016a).

Soil quality in this project is defined as the capacity of soil to function in important ways (Karlen et al., 1997), through various soil processes. Due to the regional nature of soil, soil quality also depends on the location and scale of study (Garrigues et al., 2012; O'Keeffe et al., 2016a). This project focuses on responses of carbon and nitrogen soil processes to changes in management practices, soil type and climate in a regional bioenergy system (O'Keeffe et al., 2016a).

Modelling approach

INPUTS

- Cropping & livestock statistics + fertilizers
- Soil types
- Climate



CANDY

Franko et al., 1995

OUTPUTS

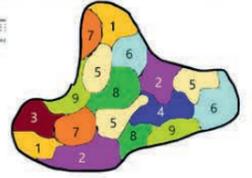
- Soil emissions to air
- Soil emissions to water
- C sequestration

STEP 1: CANDY, a Carbon and Nitrogen Dynamics (Franko et al., 1995) soil process model will be used to generate the soil indicators to identify the environmental burdens and benefits (outputs) relating to different biomass management schemes. This will enable the assessment of the soil functions: carbon storage, nutrient storage and cycling, and biomass productivity.



RELCA

O'Keeffe et al., 2016b



STEP 2: Sensitivity tests will be conducted to determine which are the most important parameters driving changes in the chosen soil indicators and hence soil functions. The results of these sensitivity tests will then be used to identify plausible means of aggregating different soil and climate conditions into Soil Response Units (SRU) or Soil Archetypes. Each unique SRU will have the same Emission Factors.

STEP 3: Spatially distributed Emission Factors derived in step 2 will be used by the RELCA, a Regional Life Cycle Inventory Assessment approach (O'Keeffe et al., 2016b), to explore a small case study in the focus region of Central Germany.

Next steps
Currently the project is in the modelling soil responses phase, using CANDY. Using statistical tools, output data will be analyzed for trends based on a number of carbon and nitrogen soil processes that are hypothesized to be more sensitive to changes in management, soil and climate combinations. Through aggregating these soil responses, the Soil Response Units or Soil Archetypes can then be developed.

References
Franko, U., Oelschlägel, B., Schenk, S. (1995): Simulation of temperature, water- and nitrogen dynamics using the model CANDY. *Ecological Modelling*, Vol. 81: 213-222.
Garrigues, E., Gerson, M., Angers, D., van der Werf, H., Walter, C. (2012): Soil quality in Life Cycle Assessment: Towards development of an indicator. *Ecological Indicators*, Vol. 18: pp. 434-442.
Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E. (1997): Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 61: 4-10.
O'Keeffe, S., Majer, S., Bezama, A., Thrän, D. (2016a): When considering no man is an island - assessing bioenergy systems in a regional and LCA context: a review. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 1-18.
O'Keeffe, S., Wochele-Marx, S., Thrän, D. (2016b): RELCA: a Regional Life Cycle Inventory for Assessing bioenergy systems within a region. *Energy, Sustainability and Society*, Vol. 6(12): 1-19.

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Contact Person: Indrani Kar
indrani.kar@dbfz.de | Phone: +49 (0)341 2434-581 | Fax: +49 (0)341 2434-133

¹ DBFZ, Bioenergy Systems Department, Leipzig
² UFZ, Department of Bioenergy, Leipzig
³ UFZ, Department of Soil Systems Science, Halle

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Alena Hahn, Deutsches Biomasseforschungszentrum/Universität Leipzig

Systematische Einordnung von Bioenergie-CO₂-Technologien zur Anwendung in Energieszenarien

Alena Hahn

Deutsches Biomasseforschungszentrum / Universität Leipzig

Torgauer Straße 116

04347 Leipzig

Tel. +49(0)341 2434-600

E-Mail: Alena.Hahn@dbfz.de

Energieszenarien spielen eine wichtige Rolle im politischen Entscheidungsprozess, etwa um Investitionsanforderungen zu identifizieren, Politikgestaltungsoptionen auszuloten und deren Auswirkungen zu bewerten. Angesichts des sich im Wandel befindlichen Energiesystems sind innovative Konzepte erforderlich, um den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft zu ermöglichen. Eine solche Option stellt bei der Bioenergiebereitstellung die CO₂-Abtrennung und -Verwertung dar. Im Sinne der Erweiterung von Wertschöpfungsketten kann das gewonnene CO₂ entweder als Rohstoff genutzt (carbon capture and utilization, CCU) oder zwecks Generierung einer CO₂-Senke geologisch gespeichert werden (carbon capture and storage, CCS). Unter dem Stichpunkt der Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) fließt dies zwar bereits in Teilen in globale Klimaszenarien ein, jedoch ist insbesondere der CO₂-Nutzungspfad in der Szenario-Modellierung unterbelichtet. Zudem finden solche Technologien in den spezifischeren Energieszenarien für Deutschland bisher keine umfassende Anwendung.

Es wird deshalb eine Klassifikation erarbeitet, um CO₂-negative Biomasse- und Bioenergieanwendungen systematisch einzuordnen und anhand dessen die Lücken der aktuellen Energieszenario-Landschaft hinsichtlich der Betrachtung solcher Technologien aufzuzeigen. Darauf basierend soll zudem ein methodischer Rahmen zur Erarbeitung von Indikatoren vorgestellt werden, welche die Bandbreite der zuvor identifizierten Bioenergie-CO₂-Technologieoptionen hinreichend charakterisieren und eine Implementierbarkeit in bestehende und künftige Energieszenarien möglich machen.



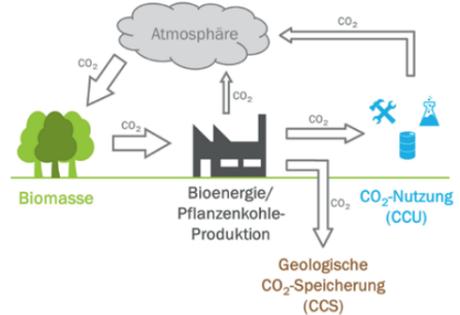
Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH

Systematische Einordnung von Bioenergie-CO₂-Technologien zur Anwendung in Energieszenarien

Alena Hahn¹, Nora Szarka¹

Kontext & Zielsetzung

- Angesichts des sich im Wandel befindlichen Energiesystems sind innovative Konzepte erforderlich, um den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft zu ermöglichen. Eine solche Option stellt bei der Bioenergiebereitstellung die CO₂-Abtrennung und -Verwertung dar.
- Unter dem Stichpunkt der Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS) fließt dies zwar bereits in Teilen in globale Klimaszenarien ein, jedoch ist insbesondere der CO₂-Nutzungspfad in der Szenario-Modellierung unterbelichtet. Zudem finden solche Technologien in den spezifischeren Energieszenarien für Deutschland bisher keine umfassende Anwendung.
- Es wird eine Klassifikation erarbeitet, um CO₂-negative Biomasse- und Bioenergieanwendungen systematisch einzuordnen und anhand dessen die Lücken der aktuellen Energieszenario-Landschaft hinsichtlich der Betrachtung solcher Technologien aufzuzeigen.



Geologische CO₂-Speicherung (CCS)

Abb. 1: Schematische Darstellung von BECCS bzw. BECCU. Im Sinne der Erweiterung von Wertschöpfungsketten kann das bei der Bioenergiegewinnung abgeschiedene CO₂ entweder zwecks Generierung einer CO₂-Senke geologisch gespeichert (bioenergy with carbon capture and storage, BECCS) oder als Rohstoff genutzt werden (bioenergy with carbon capture and utilization, BECCU).

Zwischenergebnisse

- Das in Abb. 2 erarbeitete Schema klassifiziert sämtliche Biomassenutzungskonzepte, welche zur Minderung von atmosphärischem CO₂ beitragen, nämlich biomassebasierte Negative Emissionstechnologien (NETs) sowie Bio-CCS und die Nutzung von CO₂ aus biogenen Quellen.
- Neben einem positiven Klimaschutzeffekt leisten BECCS und PtX zudem auch einen direkten Beitrag zur erneuerbaren Energieerzeugung. Indirekt trägt auch BECCU dazu bei, wenn das CO₂ etwa zur Algen- und damit zur Substrat-Produktion eingesetzt wird.
- Die Bandbreite dieser Optionen möglichst umfassend in Energie- bzw. Klimaszenarien zu erfassen, hat eine doppelte Relevanz: einerseits, um deren Kapazitäten zur CO₂-Senkung bis hin zu negativen Emissionen abzubilden, und andererseits, um etwaige Biomassenutzungskonkurrenzen zu identifizieren.

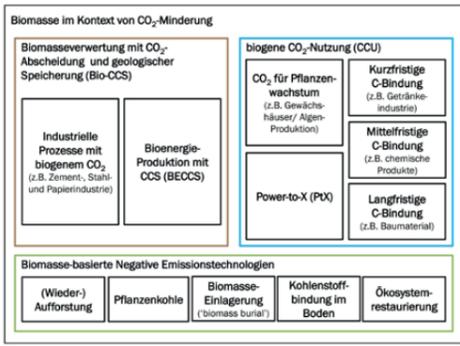


Abb. 2: Klassifikation von Biomasse-Verwendungsoptionen zur CO₂-Senkung

Ausblick

Die ausgearbeitete Klassifikation dient zur Bewertung von deutsche Langfristszenarien im Energie- und Klimabereich bezüglich deren Inklusivität von Biomasse-basierter NETs und Bioenergie-CO₂-Technologien. Basierend darauf soll sodann ein methodischer Rahmen zur Identifikation von Indikatoren erarbeitet werden, welche die Bandbreite dieser Technologieoptionen hinreichend charakterisieren und eine Implementierbarkeit in bestehende und künftige Energie- und Klimaszenarien möglich machen.

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Kontaktperson: Alena Hahn
Alena.Hahn@dbfz.de | Tel.: +49 (0)341 2434-600 | Fax: +49 (0)341 2434-133

¹ DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum, Bereich Bioenergiesysteme, Arbeitsgruppe Biomasse im Energiesystem, Leipzig



1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Walther Zeug, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung/Uni Leipzig

A Holistic Life Cycle Sustainability Assessment Approach for the Bioeconomy

Walther Zeug

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ / Universität Leipzig

Grimmaische Straße 12

04109 Leipzig

Tel. +49(0)341 235 4775

E-Mail: Walther.Zeug@ufz.de

Ecological, economic and social risks and chances result from an intensified and increasing use of bio-based resources as well as their shift to other countries through imports and a competition with the production of food in terms of product and land use. This leads to the need for a scientific discussion and assessment of these risks and opportunities. A measurement and evaluation of so called 'ecological', 'economic' or 'social sustainability' is the central motivation of the different approaches to life cycle assessments (LCA) that are used for several applications in politics, science and business and are applied in a multidisciplinary manner at several levels, both to global, national or regional value-chains, as well as to individual companies and specific products. The sole focus on sectoral or regional process chains is not sufficient, as e.g. the reduction of GHG in a specific industry does not mean that the global emissions would also be reduced decisively. Nevertheless, these regional analyzes are necessary in order to be able to map regional effects in the social and economic sphere and to make visible real ecological improvements at a lower aggregation level. The development of scientific and comparable methods for the holistic assessment of sustainability is still at an early stage and a number of research questions concerning means, background, methods, data, indicators and interpretation are open. First of all a holistic approach on sustainability needs a transdisciplinary understanding of the industrial metabolism and its relations to nature and society.

relations to nature. Thereby the relations of economy, environment and society can be defined to develop a holistic model and framework of the industrial metabolism in context of the sustainable development goals (SDGs). The SDGs itself are a global and democratically founded normative approach to a goal and indicator system which is the basis of the life cycle sustainability assessment (LCSA) approach which will be developed here.

The model and framework based on the described theories is applied to the structures of the bioeconomy and its products. An analysis of material and energy flows, monetary flows and labor by data from federal statistic institutes and participative companies set a basis of reference date for an assessment and evaluation of specific products and their life cycle. Furthermore interviews with stakeholders will be a part of data collection.

The basic theory of this new approach to a holistic sustainability assessment, are newer and traditional political economy and the sociology of the societal

A Holistic Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) Approach for the Bioeconomy

Motivation: Necessity of More Sustainable Practices and Bioeconomy as a Chance

Under bioeconomy, a series of stakeholders subsumes a broad spectrum of economic activities, industrial metabolisms, business models, agendas, strategies, visions or even utopias. Holistic sustainability, however, is not an intrinsic character but rather a possible potential which can be tapped, when a societal and economic transformation goes hand in hand with its specific analysis and assessment: a holistic life cycle sustainability assessment (LCSA) of the bioeconomy.

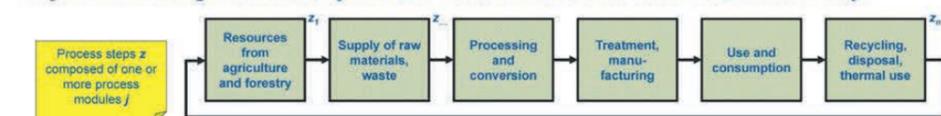
Preliminary Considerations: An Innovative and Normative Theoretical Framework of Holistic Sustainability

From a reductionist and mechanistic 'three-pillar-approach' to an integrative and holistic concept of sustainability including social, economic and ecological effects and their relations.

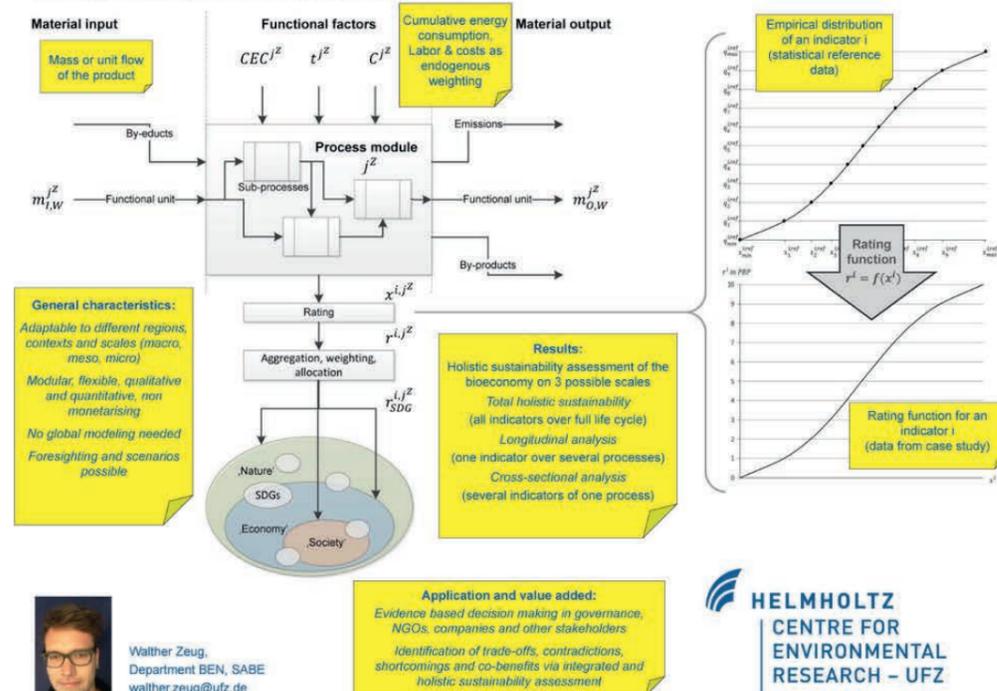
SRP (societal relations of production) SRN (societal relations with nature)



Object of Investigation: Life Cycle and Value-Added Chains of the Bioeconomy



Methods and Expected Results: Holistic, Descriptive and Modular Life Cycle Inventory & Relative and Universal Rating Approach



Walther Zeug,
Department BEN, SABE
walther.zeug@ufz.de
+49341/2354775

HELMHOLTZ
CENTRE FOR
ENVIRONMENTAL
RESEARCH – UFZ

Alexandra Pfeiffer, Deutsches Biomasseforschungszentrum

Datenschätze finden, analysieren und visualisieren: Eine Karte sagt mehr als 1000 Worte!

Alexandra Pfeiffer; Jasmin Kalcher
Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel. +49(0)341 2434-554
E-Mail: Alexandra.Pfeiffer@dbfz.de

Von öffentlichen Verwaltungen, aber auch von Forschungseinrichtungen, Firmen und der Zivilgesellschaft werden jedes Jahr große Mengen an raumbezogenen Daten erzeugt. Mehr und mehr Einrichtungen erkennen den hohen Stellenwert dieser Daten für eine wissenschaftliche Gesellschaft und machen der Öffentlichkeit Ihre Daten frei zugänglich.

Das vom BMVI geförderte Projekt OpenGeoEdu hat sich zum Ziel gesetzt, die Nutzung dieses „offenen Datenschatzes“ in verschiedenen Studiengängen zu etablieren, damit Studierende den Umgang mit offenen Daten erlernen und als selbstverständlich erleben.

Unter Leitung der Professur für Geodäsie und Geoinformatik der Universität Rostock werden hierzu E-Learning-Einheiten und offene Onlinekurse (MOOCs) entwickelt, die anhand von Best-Practice-Beispielen aus der angewandten Forschung die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten offener Daten veranschaulichen.

Das DBFZ zeigt, wie durch die Verknüpfung offener Datensätze (Geodaten, Statistiken, Fachdaten) aktuelle Forschungsfragen aus dem Themenbereich Energie und Umwelt beantwortet werden können. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf den folgenden Fragestellungen: (1) In welchem Umfang können Biomassen nachhaltig genutzt werden? (2) Wo befinden sich die Ressourcen? (3) Welchen Beitrag kann Biomasse zum Energiesystem leisten?

In dem E-Learning-Modul „Räumliche Verteilung von biogenen Ressourcen“ werden zur Beantwortung dieser Fragen umfangreiche Lernmaterialien zur

Verfügung gestellt. Um ein breites Angebot für unterschiedliche raumbezogenen Studiengänge zu schaffen, bereiten unsere Partner zudem praxisrelevante und spannende Fragestellungen aus den Bereichen Verkehr und Mobilität, Infrastruktur und Raumentwicklung, Landnutzung mit Copernicus sowie Citizen Science auf.

Datenschätze finden, analysieren und visualisieren: Eine Karte sagt mehr als 1000 Worte!

Jasmin Kalcher¹, Alexandra Pfeiffer¹





Das Projekt OpenGeoEdu

Ziel von OpenGeoEdu ist es, (Geo-)Daten für die Lehre und Forschung aufzubereiten und offen verfügbar zu machen. Der Umgang mit offenen Daten kann anhand von Best-Practice-Beispielen erlernt und in Form von E-Learning-Einheiten und offenen Online-Kursen (MOOCs) vermittelt werden.

Die vier Projektpartner stellen Lerneinheiten und Fallbeispiele geeignet für verschiedene Studiengänge und Interessen auf der Onlineplattform www.opengeoedu.de bereit:

- Biomassepotenziale (DBFZ)
- Umwelt, Mobilität und Verkehr (Universität Rostock)
- Flächennutzung, Gebäudebestand und Verkehrsinfrastruktur (IÖR)
- Landnutzung, Landbedeckung und Landmonitoring (BKG)

Für Lernende und Lehrende

OpenGeoEdu bietet durch das OpenDataPortal Recherchemöglichkeiten, Wissen und die Nutzung von offenen Daten (Statistiken und Shapefiles) in gebündelter Form.



Quelle: pixabay.com



Infolyer unter www.opengeoedu.de

Nutzungsmöglichkeiten

Teaser und Videos

Vorlesungen

Tutorials

offene Webseite →

Recherche, Wissen und Daten

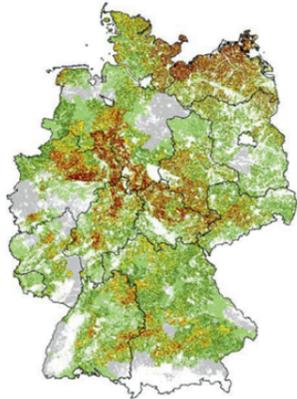
Übungen

Tests

mit Zugang →

Wahlpflichtfach mit ETCS Punkten

Best Practice Beispiel: Biomassepotenziale



1. Finden
Daten zu (lokalen) Biomasseaufkommen

2. Analysieren
Potentialberechnung von (lokaler) Biomasse

3. Visualisieren
grafische Darstellungen (Standortbestimmungen etc.)

Beispiel zur Visualisierung von Biomassepotential - Getreidestrohpotentiale auf Landkreisebene nach km²
© Brosowski, A. (2014)

Ein Verbundprojekt gefördert durch  Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

¹ DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Bereich Bioenergiesysteme, Arbeitsgruppe Ressourcenmobilisierung
Torgauer Straße 116 | 04347 Leipzig | www.dbfz.de
Ansprechpartnerinnen: Jasmin Kalcher | j.kalcher@dbfz.de
Alexandra Pfeiffer | alexandra.pfeiffer@dbfz.de

1. Deutsches Doktorandenkolloquium Bioenergie, Leipzig, 20./21. September 2018

Referentenprofile



Antwi, Edward

Rostock University
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock
Tel.: +49 (0)381 498 3414
E-Mail: edward.antwi@uni-rostock.de

Current position:

- PhD student



Arauzo, Pablo J.

University Hohenheim
Garbenstraße 9
70599 Stuttgart
Tel.: +49 (0)711 459 24709
E-Mail: pabloj.arauzo@uni-hohenheim.de

Professional stations:

- Master of Chemical Engineering at University of Zaragoza (UNIZAR), Spain
- Scholarship at Washington State University (WSU), USA
- Scholarship at Hawaii Natural Energy Institute (HNEI), USA
- Marie Curie scholarship, program Horizon 2020, EU

Current position:

- PhD candidate



Beer, Katrin

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Zschokkestr. 32
39104 Magdeburg
Tel.: +49 (0)391 67 56674
E-Mail: Katrin.Beer@ovgu.de

Berufliche Stationen:

- Engagement Global gGmbH
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
- Europäisches Institut für Energieforschung (EIFER/), KIT
- Stabstelle Energiedienstleistungen Badenova AG & Co KG, Freiburg
- Institut für Umweltsozialwissenschaften und Geographie

Aktuelle Position:

- Wissenschaftliche Mitarbeiterin
- Promotionsstudentin



Bindig, René

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-746
E-Mail: Rene.Bindig@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Betz, Matthias

Karlsruher Institut für Katalyseforschung (IKFT)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Tel.: +49 (0)721 608-23397
E-Mail: matthias.betz@kit.edu

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Brosowski, André

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49(0)341 2434-718
E-Mail: andre.brosowski@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Preise und Auszeichnungen:

- Elsevier, Earth Day 2017 Auszeichnung



Butt, Saad

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-425
E-Mail: Saad.Butt@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Dernbecher, Andrea

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-417
E-Mail: Andrea.Dernbecher@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- Studium Maschinenbau und Verfahrenstechnik an der TU Kaiserslautern

Aktuelle Position:

- Wissenschaftliche Mitarbeiterin
- Doktorandin



Dietrich, Sebastian

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-490
E-Mail: Sebastian.Dietrich@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- TU Dresden (Energietechnik)
- DBFZ (Bereich Bioraffinerien)

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Eickhoff, Isabell

Universität Rostock
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock
Tel.: +49 (0)381 498 3409
E-Mail: isabell.eickhoff@uni-rostock.de

Berufliche Stationen:

- Technisches Praktikum bei der Kreis Weseler Abfallgesellschaft mbH & Co. KG
- Laborpraktikum bei der Kreis Weseler Abfallgesellschaft mbH & Co. KG
- Praktikum beim Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik

Aktuelle Position:

- Wissenschaftliche Mitarbeiterin
- Doktorandin



Prof. Dr. Enke, Dirk

Universität Leipzig
Linnéstr. 3
04103 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 97 36 300
E-Mail: dirk.enke@uni-leipzig.de

Berufliche Stationen:

- 1989-1994: Chemiestudium, Technische Hochschule Merseburg und Universität Halle-Wittenberg
- 1998: Promotion zum Dr. rer. nat. am Fachbereich Chemie der Universität Halle
- 1999-2005: Wissenschaftlicher Assistent (C1), Institut für Technische Chemie und Makromolekulare Chemie, Universität Halle
- 2005: Habilitation zum Dr. rer. nat. habil. an der Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät, Universität Halle
- 2002-2009: Geschäftsführender Assistent, Institut für Technische Chemie und Makromolekulare Chemie, Universität Halle
- 2005-2009: Privatdozent am Institut für Chemie, Universität Halle, Bereich Technische Chemie
- seit 2009: Professor für Chemische Reaktionstechnik, Universität Leipzig

Aktuelle Position:

- Professor für Chemische Reaktionstechnik, Universität Leipzig



Flores, Ulises

Albert-Ludwigs-University Freiburg
Werthmannstr. 6
79085 Freiburg im Breisgau
Tel.: +49 (0)61 203 3789
E-Mail: Ulises.Flores@fobawi-uni-freiburg.de

Professional stations:

- Forestry, modeling

Current Position:

- PhD candidate

Awards and prizes:

- Awarded with the scholarship DAAD Forschungsstipendien für Doktoranden und Nachwuchswissenschaftler für mehr als 6 Monate
- Winner of the Local Youth Award 2012 given by Government Authorities (Mexico) in the category of Environmental Protection
- Winner of the National Contest "Break with Climate Change 2012" given by the Secretariat of Environment and Natural Resources (Mexico)



Gomes Fonseca, Frederico

Karlsruhe Institut für Technologie – Campus Nord
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
E-Mail: frederico.fonseca@kit.edu

Professional stations:

- Graduated from instituto superior técnico – Uni Lisboa (2015)
- Master Student Internship at IKTF – KIT-CN, "Moisture content as a design and operational parameter for fast pyrolysis" under Prof. Dr. Nicolaus Dahmen and Dr. Axel Funke
- Member of the BBW ForWerts Graduate Program

Current Position:

- Doktorand, Fast Pyrolysis Group



Gökgöz, Fatih

Universität Rostock
Justus-von-Liebig-Weg 6
18051 Rostock
Tel.: +49 (0)176 11004400
E-Mail: Fatih.Goekgoez@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Gastwissenschaftler am DBFZ
- Doktorand



Hahn, Alena

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel. +49(0)341 2434-600
E-Mail: Alena.Hahn@dbfz.de

Berufliche Stationen:

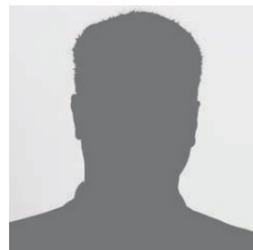
- seit 12/2017: Doktorandin am DBFZ
- 2016-2017: Junior Projektmanagerin für Airbus Umweltabteilung, MI-GSO, Toulouse
- bis 2016: Studium der Angewandten Politikwissenschaften, Universität Freiburg & SciencesPo Aix-en-Provence

Aktuelle Position:

- Wissenschaftliche Mitarbeiterin
- Doktorandin

Preise und Auszeichnungen:

- Alumna der Studienstiftung des deutschen Volkes



Hee, Johann

RWTH Aachen
Templergraben 55
52062 Aachen
Tel.: +49 (0)241 8095 715
E-Mail: hee@teer.rwth-aachen.de

Berufliche Stationen:

- seit 07/2017: Wissenschaftlicher Mitarbeiter :metabolon
- 07/2015-06/2017: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am TEER RWTH Aachen

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter
- Promotionsstudent

Preise und Auszeichnungen:

- DGAW Berlin 2016: Bester Vortrag



Jordan, Matthias

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Permoserstraße 15
04318 Leipzig
Tel: +49(0)3412434 590
E-Mail: matthias.jordan@ufz.de

Berufliche Stationen:

- Bis 2010 Studium am KIT in Karlsruhe
- 2010 - 2017: Entwicklungsingenieur für die Adam Opel AG und die Porsche AG im Auftrag der Bertrandt AG
- Seit 2017 Doktorand am UFZ

Aktuelle Position:

- Doktorand



Kar, Indrani

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-581
E-Mail: indrani.kar@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Wissenschaftliche Mitarbeiterin



Kirchner, Dirk

Universität Leipzig
Ritterstraße 24
04109 Leipzig
Tel.: +49 (0)176 62517515
E-Mail: dkirchner@email.de

Berufliche Stationen:

- 10/2008 - 07/2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Fraunhofer IWES im Bereich der Bioenergiesystemtechnik

Aktuelle Position:

- Doktorand im Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement, Universität Leipzig



Kirstein, Niels

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-601
E-Mail: Niels.Kirstein@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Kirsten, Claudia

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-534
E-Mail: claudia.kirsten@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Wissenschaftliche Mitarbeiterin
- StvAGL iFBS im Bereich Thermo-chemische Konversion am DBFZ



Köchermann, Jakob

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-359
E-Mail: jakob.koechermann@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- Studium Chemieingenieurwesen am KIT sowie TU Dresden
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter am DBFZ

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter
- Doktorand



Krüger, Dennis

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-759
E-Mail: Dennis.Krueger@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Kurth, Matthias

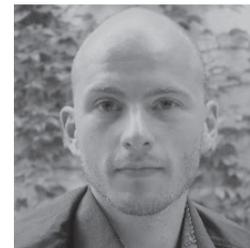
Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-363
E-Mail: Matthis.Kurth@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- seit 2018 Doktorand am DBFZ in der Arbeitsgruppe Synthesegasverfahren
- 2017-2018: Projektingenieur bei Arcus Planung und Beratung im chemischen Anlagenbau
- 2013-2017 Projektbeteiligung Planung und Aufbau Miniplant für ThyssenKrupp Industrial Solutions

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter
- Doktorand



Lauer, Markus

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-491
E-Mail: Markus.Lauer@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- MVV Energie AG, Mannheim
- DBFZ, Leipzig

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter
- Doktorand



Mauky, Eric

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-745
E-Mail: eric.mauky@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter
- Doktorand

Preise und Auszeichnungen:

- Innovationspreis der deutschen Landwirtschaft



Miliotti, Edoardo

Edoardo Miliotti
 Università di Firenze
 Viale Morgagni 40, 50134, Firenze, Italia
 Tel.: +39 (0)55 2758690
 E-Mail: edoardo.miliotti@unifi.it

Current position:

- R&D Energy Engineer, PhD Student at University of Florence



Müller, Mirjam

Deutsches Biomasseforschungszentrum / HTWK
 Leipzig / Universität Leipzig
 Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig
 Tel.: +49 (0)341 2434-473
 E-Mail: Mirjam.Müller@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- Studium Energie- und Umwelttechnik an der HTWK Leipzig

Aktuelle Position:

- Wissenschaftliche Mitarbeiterin



Musonda, Frazer

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
 Permoserstraße 15
 04318 Leipzig
 Tel: +49(0)341 2434-588
 E-Mail: frazer.musonda@ufz.de

Professional position:

- Bachelor degree in Chemical Engineering Process Engineering Trainee (1 year)
- MSc Energy and Environmental Engineering

Current position:

- PhD Research Student



Nelles, Prof. Dr. Michael

Deutsches Biomasseforschungszentrum
 Torgauer Straße 116
 04347 Leipzig
 Tel.: +49 (0)341 2434-113
 E-Mail: Michael.Nelles@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- Promotion zum Dr. mont., Fachbereich Industriel-ler Umweltschutz (Universität Leoben/Österreich)
- Professor und Leiter des Fachbereichs Techni-scher Umweltschutz (Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen; Fakultät Ressourcenmanage-ment, Göttingen)

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Geschäftsführer des DBFZ, in dieser Position seit 2012
- Professor, Inhaber des Lehrstuhls für Abfall- und Stoffstromwirtschaft an der Universität Rostock, in dieser Position seit 2006

Gremientätigkeit:

- Gastprofessuren in China, u.a. am Institut für Erneuerbare Energien an der Petroleum Universi-tät Peking
- Mitglied im Vorstand Bioeconomy e.V., BMBF-Exzellenz-Cluster Bioökonomie, Leuna,
- Mitglied der Leitungsgruppe Forschung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirt-schaft (BMEL)



Nitzsche, Roy

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-574
E-Mail: Roy.Nitzsche@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- 2006-2012: Studium Umwelttechnik an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Biomasseforschungszentrum gGmbH in dem Bereich Bioraffinerien in der Arbeitsgruppe Kraftstoff- und Fraktionierungsverfahren
- Promotion am Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) gGmbH zu dem Thema „Adsorption und Membranfiltration zur Aufarbeitung wässriger Produktlösungen in Lignocellulose-Bioraffinerien“

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Preise und Auszeichnungen:

- Studienpreis 2012 des Vereins zur Förderung der Luft- und Kältetechnik e.V.



Petig, Eckart

Universität Hohenheim
Schwerzstraße 44
70599 Stuttgart
Tel.: +49 (0)711 459 22570
E-Mail: eckart.petig@uni-hohenheim.de

Berufliche Stationen:

- Bachelor in Agrarwissenschaften an der Georg-August-Universität Göttingen, Schwerpunkt: Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus
- Master in Agrarwissenschaften an der Georg-August-Universität Göttingen, Schwerpunkt: Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter
- Doktorand

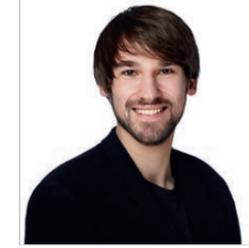


Pfeiffer, Alexandra

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel. +49(0)341 2434-554
E-Mail: Alexandra.Pfeiffer@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Wissenschaftliche Mitarbeiterin



Reinelt, Torsten

Deutsches Biomasseforschungszentrum /
Technische Universität Dresden
Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-374
E-Mail: Torsten.Reinelt@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- 2006 - 2011: Studium Umwelttechnik, Hochschule Mittweida
- Seit 2011: Technischer Mitarbeiter am DBFZ

Aktuelle Position:

- Technischer Mitarbeiter
- Promotion erfolgt nebenberuflich



Reißmann, Daniel

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)
Torgauer Str. 116
04347 Leipzig
E-Mail: daniel.reissmann@ufz.de

Berufliche Stationen:

- 2013: Master of Science in Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Nachhaltigkeitsmanagement
- 2013 - 2015: Geschäftsstellenleiter im Cluster Energie & Umwelttechnik der Stadt Leipzig
- 2013 - 2016: Projektmitarbeiter am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden
- seit 2016: Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Umweltbundesamt im Fachgebiet "Nachhaltige Raumentwicklung, Umweltprüfungen" in Dessau-Roßlau/Berlin
- seit 2016: Externer Doktorand am Department Bioenergie des Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)

Aktuelle Position:

- Doktorand
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Schenke, Lukas

RWTH Aachen
Templergraben 55
52062 Aachen
Tel.: +49 (0)241 80 90714
E-Mail: schenke@teer.rwth-aachen.de

Berufliche Stationen:

- 10/2009 - 03/2013: studentische Hilfskraft am L+F Technologie der Energierohstoffe (TEER)
- 04/2013 - 11/2013: Masterand beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Solarforschung
- seit 12/2013: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am L+F Technologie der Energierohstoffe (TEER)

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter
- Promotionsstudent



Schneider, Tanja

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg (FAU)
Fürther Straße 244f, 90429 Nürnberg
Tel.: +49 (0)911 5302 9038
E-Mail: Tanja.t.Schneider@fau.de

Berufliche Stationen:

- Duales Studium DHBW Mannheim in Zusammenarbeit mit Air Liquide
- Masterstudium Chemical Engineering FAU Erlangen-Nürnberg
- Wiss. Mitarbeiterin Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, FAU Erlangen-Nürnberg

Aktuelle Position:

- Wissenschaftliche Mitarbeiterin



Sumfleth, Beike

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0) 341 2434-575
E-Mail: Beike.Sumfleth@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- M. Sc. Umwelt- und Ressourcenmanagement

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter
- Doktorand



Sprafke, Jan

Universität Rostock
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock
Tel.: +49(0)381-498-3416
E-Mail: jan.sprafke@uni-rostock.de

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Thrän, Prof. Dr. Daniela

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ/
DBFZ / Universität Leipzig
Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-435
E-Mail: daniela.thraen@dbfz.de

Berufliche Stationen:

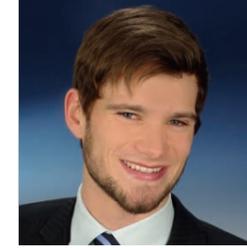
- Studium an der TU Berlin
- Promotion an der Bauhausuniversität Weimar
- Lehrstuhl Bioenergiesysteme an der Universität Leipzig

Aktuelle Position:

- Bereichsleiterin Bioenergiesysteme

Gremientätigkeit (Auswahl):

- Bioökonomierat
- IEA bioenergy task 40
- Energiebeirat Sachsen



Trabold, Thomas

Friedrich-Alexander-University
Erlangen-Nuremberg (FAU)
Fuerther Straße 244f, 90429 Nuremberg
Tel.: +49 (0)911 5302 9027
E-Mail: thomas.trabold@fau.de

Current Position:

- PhD student



Treiber, Peter

Friedrich-Alexander-University
Erlangen-Nuremberg (FAU)
Fürther Str. 244f, 90429 Nuremberg
Tel.: +49 (0)911 5302 9035
E-Mail: Peter.Treiber@fau.de

Berufliche Stationen:

- 2006 - 2012: Universität Bayreuth Studium Umweltingenieurwissenschaft
- 2012: wissenschaftl Mitarbeiter am Lehrstuhl für Techn Thermodynamik Uni Bayreuth
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Energieverfahrenstechnik FAU

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter
- Doktorand

Preise und Auszeichnungen:

- Best Presentation Award iSGA 4 International Symposium on Gasification 2014
- Best presentation in Session AIChE Annual Meeting San Francisco CA USA 2016



Winkler, Manuel

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0) 341 2434-532
E-Mail: Manuel.Winkler@dbfz.de

Berufliche Stationen:

- 2015: Dipl.-Ing. Chemie-Ingenieurwesen, Technische Universität Dresden
- 2016 - 2017: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer ICT
- 2017: Wissenschaftlicher Mitarbeiter am DBFZ

Aktuelle Position:

- Wissenschaftlicher Mitarbeiter
- Doktorand



Zareihassangheshlaghi, A.

Universität Leipzig
Ritterstraße 26
04109 Leipzig
Tel.: +49 (0)163 3621 231
E-Mail: az22quhe@studserv.uni-leipzig.de

Current Position:

- Master student



Zeng, Thomas

Deutsches Biomasseforschungszentrum
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0)341 2434-542
E-Mail: Thomas.Zeng@dbfz.de

Aktuelle Position:

- Team leader Innovative Solid Biofuels Department Thermo-Chemical Conversion



Zeug, Walther

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Permoserstr. 15
04318 Leipzig
Tel. +49(0)341 235 4775
E-Mail: Walther.Zeug@ufz.de

Professional stations:

- 11/2012 - 06/2014: student researcher at the DBFZ, Department of Bioenergy
- 07/2014 - 12/2017: Student researcher at the UFZ, Department of Bioenergy, research unit Environment and society

Current position:

- PhD candidate at Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ
- Department of Bioenergy, Research unit Environment and society



Zhou, Ying

Universität Rostock
Justus-von-Liebig-Weg 6
18059 Rostock
Tel: +49(0)381 4034 994
E-Mail: ying.zhou@uni-rostock.de

Current position:

- My research is major in waste management with especially focus on technological and environmental aspects to anaerobic digestion and hydrothermal treatment systems of food waste in different recycling routes and high added-value products application

Anhang

Ausrichter

Ausrichter des 1. Deutschen Doktorandenkolloquium Bioenergie ist die DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH.

Unser Auftrag

Das DBFZ wurde 2008 durch das ehemalige Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) mit dem Ziel gegründet, eine zentrale Forschungseinrichtung für alle relevanten Forschungsfelder der Bioenergie einzurichten und die Ergebnisse der sehr vielschichtigen deutschen Forschungslandschaft in diesem Sektor zu vernetzen. Der wissenschaftliche Auftrag des DBFZ ist es, die effiziente Integration von Biomasse als eine wertvolle Ressource für eine nachhaltige Energiebereitstellung wissenschaftlich im Rahmen angewandter Forschung umfassend zu unterstützen. Dieser Auftrag umfasst technische, ökologische, ökonomische, soziale sowie energiewirtschaftliche

Aspekte entlang der gesamten Prozesskette (von der Produktion über die Bereitstellung bis zur Nutzung). Die Entwicklung neuer Prozesse, Verfahren und Konzepte wird durch das DBFZ in enger Zusammenarbeit mit industriellen Partnern begleitet und unterstützt. Gleichzeitig erfolgt eine enge Vernetzung mit der öffentlichen deutschen Forschung im Agrar-, Forst- und Umweltbereich wie auch mit den europäischen und internationalen Institutionen. Gestützt auf diesen breiten Forschungshintergrund soll das DBFZ darüber hinaus wissenschaftlich fundierte Entscheidungshilfen für die Politik erarbeiten.



Save the Date



2nd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HYDROTHERMAL CARBONIZATION

Hydrothermal carbonization as a building block
for a sustainable bioeconomy

CALL FOR PAPERS

Topics covered in the symposium include, but are not limited to:

- **Material and energetic use of HTC-products,** ranging from adsorption, remediation, and nutrient recovery to solid and liquid fuel precursors as well as the use in biogas production,
- **Fundamental insights into the HTC-process** itself, ranging from kinetic and thermodynamic modeling to advanced product characterization,
- **Innovative applications of HTC-technology** in diverse process chains in agricultural, environmental, industrial, or energy sectors, ranging from modern biorefineries to disinfection or recycling of biogenic residues,
- **State-of-the-art in upscaling and commercialization,** including the economic and legal framework of HTC-technology and its products worldwide.

Abstract Submission Deadline: October, 31st, 12:00 midnight CET, 2018
Send to HTCSymposium@dbfz.de using the form available at www.dbfz.de/htc2019.

**14 – 16
MAY 2019
BERLIN**




Special Issue “Hydrothermal Technology in Biomass Utilization & Conversion”

- The possibility of converting biomass into fuels and products through wet processes is becoming more and more attractive, as new feedstock and applications are appearing on the scene of bioeconomy and bioenergy. Hydrothermal processing of various type of biomass, waste and residues thus rised the interest of many researchers and companies around the world, together with downstream upgrading processes and technologies: solid products as biochar, for instance, or liquid ones as crude bioliquids, are finding new market opportunities in circular economy schemes.
- The Special Issue aims at collecting recent innovative research works in the field, from basic to applied research, as well as pilot industrial applications/demo. The outcome will constitute a valuable set of references for those investing time and effort in research in the field.
- **Guest Editors:** Prof. Ing. David Chiamonti; Prof. Dr. Andrea Kruse; Dr. Ing. Marco Marco Klemm
- **Website:** http://www.mdpi.com/journal/energies/special_issues/Hydrothermal_Technology_Biomass_Utilization_Conversion
- **Deadline** for manuscript submissions: **15 January 2019**
- **Linkedin:** energies@mdpi.com



Energies Editorial Office
energies@mdpi.com

Teilnehmerliste

Nr.	Name	Vorname	Institution
1	Angelova	Dr. Elena	Deutsches Biomasseforschungszentrum
2	Antwi	Edward	Universität Rostock
3	Arauzo Gimeno	Pablo José	Universität Hohenheim
4	Bahrs	Prof. Dr. Enno	Universität Hohenheim
5	Beer	Katrin	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
6	Betz	Matthias	Karlsruher Institut für Katalyseforschung und -technologie (IKTF)
7	Bindig	René	Deutsches Biomasseforschungszentrum
8	Boße	Jasmin	Deutsches Biomasseforschungszentrum
9	Brosowski	André	Deutsches Biomasseforschungszentrum
10	Butt	Saad	Deutsches Biomasseforschungszentrum
11	Dernbecher	Andrea	Deutsches Biomasseforschungszentrum
12	Dietrich	Sebastian	Deutsches Biomasseforschungszentrum
13	Eickhoff	Isabell	Universität Rostock
14	Flores	Ulises	Albert-Ludwigs Universität Freiburg
15	Gallardo	Luis Miguel	Deutsches Biomasseforschungszentrum
17	Gökgöz	Fatih	Deutsches Biomasseforschungszentrum
18	Gomes Fonseca	Frederico	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
19	Hahn	Alena	Deutsches Biomasseforschungszentrum
20	Hee	Johann	:metablon IIb / RWTH Aachen
21	Hoffstede	Uwe	Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik
22	Jordan	Matthias	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
23	Kar	Indrani	Deutsches Biomasseforschungszentrum
24	Karl	Prof. Dr. Jürgen	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
25	Kirchner	Dirk	Universität Leipzig
26	Kirstein	Niels	Deutsches Biomasseforschungszentrum
27	Kirsten	Claudia	Deutsches Biomasseforschungszentrum
28	Köchermann	Jakob	Deutsches Biomasseforschungszentrum
29	Krüger	Dennis	Deutsches Biomasseforschungszentrum
30	Kruse	Prof. Dr. Andrea	Universität Hohenheim
31	Kurth	Matthis	Deutsches Biomasseforschungszentrum
32	Lauer	Markus	Deutsches Biomasseforschungszentrum
33	Lenk	Thomas	Technische Universität Chemnitz

Nr.	Name	Vorname	Institution
34	Leprich	Prof. Dr. Uwe	Htw saar
35	Leuchtweis	Christian	C.A.R.M.E.N. e.V.
36	Li	Yixing	FAU Erlangen-Nürnberg
37	Liebetrau	Dr. Jan	Deutsches Biomasseforschungszentrum
38	Lühmann	Taina	Deutsches Biomasseforschungszentrum
39	Lüssenhop	Phillipp	Technische Universität Hamburg
40	Mauky	Eric	Deutsches Biomasseforschungszentrum
41	Müller	Mirjam	Deutsches Biomasseforschungszentrum
42	Müller	Dr. Dominik	FAU Erlangen-Nürnberg
43.	Müller-Langer	Dr. Franziska	Deutsches Biomasseforschungszentrum
44	Musonda	Frazer	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
45	Nitzsche	Roy	Deutsches Biomasseforschungszentrum
46	Petig	Eckart	Universität Hohenheim
47	Pfeiffer	Alexandra	Deutsches Biomasseforschungszentrum
48	Reinelt	Torsten	Deutsches Biomasseforschungszentrum
49	Reißmann	Daniel	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
50	Rizzo	PhD Andrea Maria	Renewable Energy Consortium for R&D (RE-CORD)
51	Sauer	Prof. Dr. Jörg	Institut für Katalyseforschung und Technologie
52	Schenke	Lukas	RWTH Aachen
53	Schneider	Tanja	FAU Erlangen-Nürnberg
54	Sprafke	Jan	Universität Rostock
55	Sumfleth	Beike	Deutsches Biomasseforschungszentrum
56	Szarka	Dr. Nora	Deutsches Biomasseforschungszentrum
57	Thrän	Prof. Dr. Daniela	Deutsches Biomasseforschungszentrum
58	Trabold	Thomas	FAU Erlangen-Nürnberg
59	Treiber	Peter	FAU Erlangen-Nürnberg
60	Winkler	Manuel	Deutsches Biomasseforschungszentrum
61	Zareihassangheshlaghi	Amirhossein	Universität Leipzig
62	Zeng	Thomas	Deutsches Biomasseforschungszentrum
63	Zeug	Walther	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
64	Zhang	Jin	Hochschule Neubrandenburg
65	Zhou	Ying	Universität Rostock

Das 2. Deutsche Doktorandenkolloquium Bioenergie findet am 30.9./1.10.2019 an der Friedrich-Alexander-Universität (FAU) in Erlangen-Nürnberg statt.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Weitere Informationen unter: www.dbfz.de/doktoranden

Ausrichter:

**DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Telefon: +49 (0) 341 2434-112
Telefax: +49 (0) 341 2434-133
E-Mail: info@dbfz.de
www.dbfz.de

Das 1. Doktorandenkolloquium Bioenergie wurde fachlich betreut durch folgende Institute:



UNIVERSITÄT
LEIPZIG



RWTHAACHEN

