



Hochschule
Zittau/Görlitz
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



TAGUNGSBAND

Beiträge zum Fachkolloquium

“Biomass to Power and Heat”

31. Mai - 01. Juni 2017 in Zittau

Autorenmanuskripte

Herausgegeben von der Hochschule Zittau/Görlitz

Wissenschaftliche Berichte

Heft 131 – 2017

Nr. 2713 - 2727

Organisationskomitee:

Prof. Dr.-Ing. habil. Tobias Zschunke (Hochschule Zittau/Görlitz)
Kontakt: T.Zschunke@hszg.de

Dipl.-Ing. (FH) Mareike Weidner (Hochschule Zittau/Görlitz)
Dipl.-Ing. (FH) Roman Schneider (Hochschule Zittau/Görlitz)

ISBN 978-3-941521-26-1

Offizielle Partner



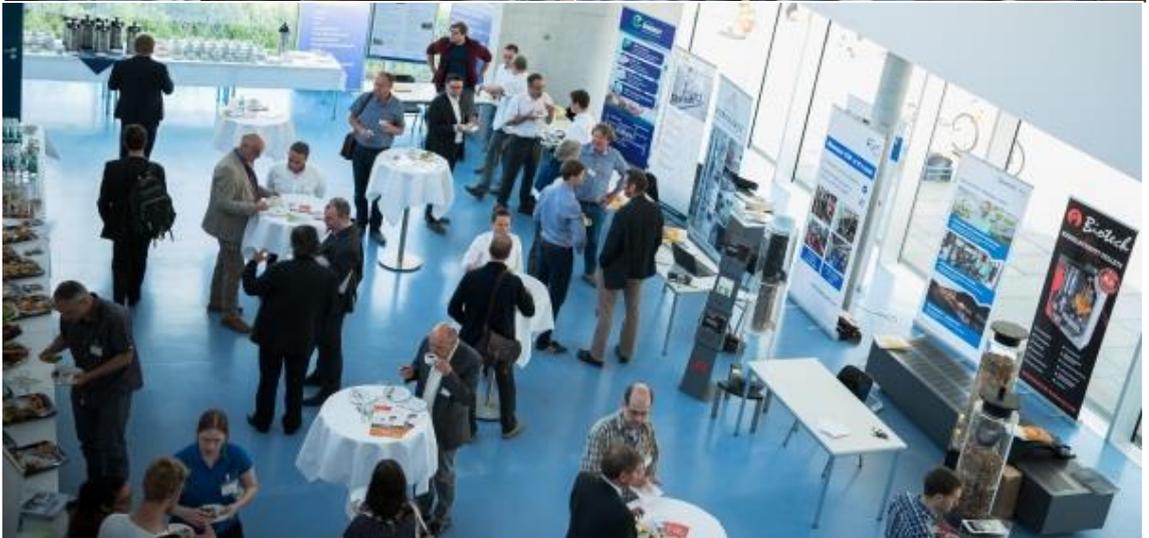
Generalkonsulat der Tschechischen
Republik in Dresden



Sponsoren



Impressionen



Biomass to Power and Heat 2017

Kurzreferat

Unter der Schirmherrschaft des Sächsischen Staatsministers für Umwelt und Landwirtschaft, Herrn Thomas Schmidt, wurde vom 31. Mai bis 1. Juni zum mittlerweile sechsten Male die Tagung „Biomass to Power and Heat“ an der Hochschule Zittau/Görlitz durchgeführt. Zur Veranstaltung konnten über 90 Teilnehmer begrüßt werden, die vor allem Fragestellungen zur effizienten energetischen Nutzung fester Biomasse diskutierten. Auch in diesem Jahr stand mit Unterstützung der IHK-Geschäftsstelle Zittau und des Generalkonsulats der Tschechischen Republik in Dresden wieder die Kooperationsentwicklung mit den östlichen Nachbarländern im Mittelpunkt.

Die Referierenden kamen aus ganz Deutschland, Tschechien, der Schweiz und Italien. Sie vertreten vor allem privat und öffentlich finanzierte Forschungseinrichtungen aber auch fachliche Bundes- und Landeseinrichtungen. Neben den Aspekten und Möglichkeiten einer nachhaltigen Biomassebereitstellung bildete die Darstellung unterschiedlicher Systemlösungen zur dezentralen Gewinnung von Nutzenergie aus Biomasse und deren Anwendung inklusive der verkoppelten wärmetechnischen und elektrotechnischen Aspekte einen weiteren thematischen Schwerpunkt. Darüber hinaus wurden durch verschiedene Vertreter im Ausland vorhandene Aktivitäten zur energetischen Biomassenutzung vorgestellt. Der abschließende Vortragsblock befasste sich wiederum direkt mit den technischen Lösungen und Fragestellungen zur thermochemischen Umsetzung von Biomasse.

Parallel zur Plenarveranstaltung präsentierten sich auch in diesem Jahr diverse Unternehmen im Rahmen von kleinen Messeständen, wodurch den Tagungsteilnehmern zusätzlicher Raum für Detailfragen und Anregungen geboten wurde. In diesem Rahmen konnten u.a. die Firmen Burkhardt GmbH, Spanner Re² GmbH, Biotech Energietechnik GmbH, Eurofins Umwelt Ost GmbH, USE MY ENERGY GmbH sowie die Fördergesellschaft für Erneuerbare Energien (FEE e.V.) und die Zeitschrift „Energie aus Pflanzen“ als Aussteller gewonnen werden. Darüber hinaus wurden verschiedene Poster ausgestellt und im Rahmen von Posterpräsentationen diskutiert.

Im Rahmen der Veranstaltungsvorbereitung, z.B. bei der Themengestaltung, der Bewertung der eingereichten Beiträge und bei der Suche nach Sponsoren, war der Tagungsausschuss beratend tätig. Einige der Ausschussmitglieder haben zudem als Sitzungsleiter aktiv an der Durchführung der Veranstaltung mitgewirkt. Somit möchten die Herausgeber einen besonderen Dank an die nachfolgend aufgeführten Mitglieder des Ausschusses und Sitzungsleiter richten:

Prof. Dr. mont. Michael Nelles (DBFZ), Dr.-Ing. Andreas Ortwein (DBFZ), Max Jungmanns (FEE), Dipl.-Ing. (FH) Martin Schmid (ökozentrum Langenbruck).

Inhaltsverzeichnis

Seite

Kurzreferat	- VII -
Inhaltsverzeichnis	- IX -
Überblick (Prof. Tobias Zschunke, Hochschule Zittau/Görlitz).....	- 11 -
Wärmebedarf intelligent vernetzen (Harald Rapp; AGFW, Frankfurt/Main)	- 13 -
Bedeutung von Holz in einer globalisierten Welt (Prof. Albrecht Bemann; Institut für Internationale Forst- und Holzwirtschaft, TU Dresden)	- 31 -
Erfahrungen mit dem Anbau und der Nutzung von schnellwachsenden Baumarten (Dr. Kerstin Jäkel; Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen)	- 43 -
Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %. Wie ist das möglich? (Hansjörg Pfeifer; Energie-Unternehmensberatung und Umweltgutachterorganisation München)	- 47 -
Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen: Was müssen Planer und Betreiber berücksichtigen? (Dr. Christoph Richter; MASLATON Rechtsanwalts-gesellschaft mbH, Leipzig).....	- 61 -
Konzepte autonomer elektrischer Energieversorgung – Intelligente Erzeuger- und Verbraucherstrukturen (Jonathan Hänsch, Prof. Uwe Schmidt; Hochschule Zittau/Görlitz)	- 75 -
Holzgas-BHKW aus Strommarkt- und Stromnetz-sicht (Andreas Schumann; Dreischrom GmbH, Hoyerswerda)	- 81 -
Heat pump combined with backup stove for power net stabilisation (Dr. Volker Lenz*, Daniel Büchner, Kerstin Wurdinger, Dr. Andreas Ortwein; alle DBFZ, Leipzig)	- 91 -
Verbrennungstechnologien von Biomasse und Beispiele für deren Anwendung in Ost- und Westeuropa (Dr. Bernhard Pinkert; Babcock Borsig Steinmüller GmbH, Berlin).....	- 97 -
Application of the GP750 Gasifier for Combined Heat and Power Production (Jiri Brynda; Department of Gaseous and Solid Fuels an Air Protection & Department of Power Engineering, University of Chemistry and Technology Prague)	- 107 -

- Biomasse im Rahmen der Energieprojekte der deutschen Technischen Entwicklungszusammenarbeit** (Elmar Dimpl; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH, Eschborn)..... - **117** -
- Possible valorization pathways for char from small scale gasification system: the case of South Tyrol** (Dr. Daniele Basso; Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen)..... - **127** -
- Feststoff-Biomasse-KWK am Beispiel einer Pyrolyse-Anlage, die die Reststoff- und Energiekreisläufe einer großen Biogasanlage schließt und in Wert setzt** (Martin Schmid; Ökozentrum Langenbruck) - **149** -
- Alternative dezentrale Biomasseverstromung ohne Methanisierung** (Wolfgang Harazim; Global Group Holding AG, Kreuzlingen)..... - **167** -
- Katalytische Vergasungsversuche** (Prof. Tobias Zschunke, Roman Schneider, Dr. Ulf Sénéchal, Ralf Pohl; alle Hochschule Zittau/Görlitz Prof. Herbert Spindler, Gesellschaft für Nachhaltige Stoffnutzung mbH) - **177** -
- Potentiale zur Reichweitenerhöhung eines Serien-Elektrofahrzeuges durch die Nutzung regenerativer Energien** (Tiffany Haas, Prof. Michael Walter, Prof. Stefan Weiherer; alle Hochschule Ansbach)..... - **185** -

Überblick

(Prof. Tobias Zschunke, Hochschule Zittau/Görlitz)

Den Veranstaltungsrahmen bildeten interessante Vorträge und Poster aus Sicht von Forschung, Entwicklung, Planung und Betrieb von Anlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme aus Biomasse. Um einen kurzen Inhaltsüberblick zu generieren, werden mit den folgenden Aufzählungen ohne Anspruch auf Vollständigkeit und Wertung, die im Rahmen dieser Tagung präsentierten und diskutierten Themen zusammengestellt.

- Als Impulsvortrag stellte Harald Rapp von der AGFW die Notwendigkeit der sinnvollen Vernetzung vorhandener Wärmebedarfe für eine nachhaltige Wärmeversorgung von Städten und Gemeinden dar.
- Im Themenkomplex I referierten Prof. Albrecht Bemann (TU Dresden) und Frau Dr. Kerstin Jäkel (LfULG Sachsen) über die globale Bedeutung von Holz als Rohstoff und speziell über die sächsischen Erfahrungen mit Kurzumtriebsplantagen in Bezug auf Anbau und Nutzung.
- Weiterhin wurden im Rahmen des Themenkomplexes II eine andere Herangehensweise an die Wirkungsgradbetrachtung der Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln durch Hansjörg Pfeifer (EVIT GmbH) sowie die aktuellen Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen durch Dr. Christoph Richter (MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH) präsentiert.
- Mit der elektrotechnischen Systemintegration kleiner dezentraler KWK-Anlagen beschäftigten sich die Vorträge von Jonathan Hänsch (Hochschule Zittau/Görlitz) und Andreas Schumann (Dreischrom GmbH). In diesem Zusammenhang stand auch der Vortrag von Dr. Lenz (DBFZ), der eine Kombination von Wärmepumpen und Kaminöfen für die Netzstabilisierung vorstellte.
- Anwendungsbeispiele der energetischen Biomassenutzung in Ost- und Mitteleuropa wurden durch Dr. Bernhard Pinkert (Babcock Borsig Steinmüller GmbH) für den technischen Bereich der Biomasseverbrennung vorgestellt und dabei verschiedene Maßnahmen zur Wirkungsgradsteigerung diskutiert.
- Jiri Brynda von der Universität Prag präsentierte sowohl die Entwicklung als auch die Betriebserfahrungen einer Anlage zur zweistufigen Vergasung von Holzhackschnitzeln mit KWK in Tschechien.
- Die Tätigkeiten der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) wurden durch Elmar Dimpl beschrieben und ausgewählte Projektbeispiele in Bezug auf die energetische Biomassenutzung vorgestellt.
- Dr. Daniele Basso stellte die verschiedenen Forschungsaktivitäten zur kleintechnischen Biomassevergasung der Universität Bozen dar und ging dabei auf die Verwertungsmöglichkeiten der anfallenden Reststoffe ein.
- Martin Schmid vom Schweizer Ökozentrum Langenbruck beschrieb die Anlagenentwicklung einer Pyrolyseanlage zur Pflanzenkohleproduktion mit extern befeuerter Heißluftturbine sowie deren Anwendungsbeispiele.
- Ein Anlagenkonzept zur dezentralen Biomasseverstromung und deren verschiedene Baugruppen wurden durch Wolfgang Harazim (Global Group Holding AG) vorgestellt.
- Durch Prof. Tobias Zschunke erfolgte abschließend die Vorstellung von Untersuchungen zur katalytischen Vergasung im Rahmen von Messfahrten im thermochemischen Versuchsfeld der Hochschule Zittau/Görlitz.
- Im Rahmen eines Posters wurden durch Tiffany Haas (Hochschule Ansbach) die Potentiale der Reichweitenerhöhung von Elektrofahrzeugen durch die Nutzung verschiedener regenerativer Energieträger beschrieben.

Wärmebedarf intelligent vernetzen

(Harald Rapp; AGFW, Frankfurt/Main)



Fachtagung Chancen und Potenziale der (Fern-)Wärmeversorgung:

Wärmebedarf intelligent vernetzen!



Harald Rapp,
Bereichsleiter Stadtentwicklung und
Geschäftsführer AGFW Projekt-GmbH
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., Frankfurt am Main
31. Mai 2017, Zittau

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

WÄRME | KÄLTE | KWK

AGFW

Zur Person



Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing. Harald Rapp,
Bereichsleiter "Stadtentwicklung / Wissensmanagement"
des AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme,
Kälte und KWK e.V.,
Geschäftsführer der AGFW-Projekt GmbH

Auszug inhaltliche Arbeitsschwerpunkte im AGFW:

- » Sachverständiger Programm „Aufschwung Ost – Fernwärmesanieierung Ost, Stadtbau Ost“ im Bereich Stadtentwicklung technische Infrastruktur
- » Leiter für div. Forschungs- / Entwicklungsprojekte, Quartierskonzepte
- » Erstellung/Mitarbeit div. Klima- und Energiekonzepte
- » Mitglied/Vorsitzender des D-Bul. und D-Rum Arbeitskreises „Energieeffizienz“ im OA der D-Wirtschaft des BMWi
- » Sachverständiger im Stadtentwicklungsausschuß des D-Bundestages (SPD-BTF), SMI/TMIL/OBB zu EFRE – integr. nachhaltige Stadtentw.
- » Lehrtätigkeiten u. a. HafenCity Universität Hamburg/Stadtplanung, Handwerkskammer Rhein-Main

Auszug ehrenamtliche Tätigkeiten:

- » Gemeindevertreter / stellv. Vorsitzender der Gemeindevertretung
- » Mitglied in verschiedenen Energie-/ Klima-/Umweltausschüssen
- » Leitung Pilotprojekt „Green City“ - Gemeinde Mühlthal/OT NB mit HSE/Entega

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 2

AGFW

AGFW - Der Spitzenverband für Wärme, Kälte und KWK

Abstimmungsprozess zwischen technischer Infrastruktur (Energie/Wasser) und Stadtplanung, unter besonderer Berücksichtigung des demographischen Wandels und der Klimaanpassung.



- » AGFW fördert als effizienter, unabhängiger und neutraler Spitzenverband die KWK sowie Wärme- und Kältenetze auf nationaler und internationaler Ebene
- » AGFW vereint über 520 Fernwärme- und Kälteversorger (regional und kommunal) sowie Industriebetriebe der Branche aus Deutschland und Europa
- » AGFW vertritt über 92 % des deutschen Fernwärmeanschlusswertes - den größten Westeuropas –
- » AGFW besitzt die Fachkompetenz über die gesamte Prozesskette der effizienten Wärme- und Kälteversorgung

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 3

AGFW Wärmebedarf intelligent vernetzen! - EFRE Förderung in Sachsen

STAATSMINISTERIUM DES INNERN | Freistaat SACHSEN

SMI-RL „Nachhaltige Stadtentwicklung“
Energieeffiziente Wärme- und Kälteversorgung im Stadtquartier

Umsetzungsstand

- Etabliert wurde ein Verfahren nach dem Stand der Technik, das vergleichbare Grundlagen und Rechenmethoden gewährleistet - > AGFW Arbeitsblatt FW 703
- Das Ergebnis dieses Berechnungsverfahrens stellt die Grundlage für die Entscheidung zur Beantragung/Bewilligung von EFRE-Fördermitteln im Bereich Wärme- und Kälteversorgung dar

Michael Köppl, Referat Gebäudebau und EF-Förderung im Sächsischen Staatsministerium des Innern

AGFW-REGELWERK

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Quelle: SMI Seite 4

AGFW Wärmebedarf intelligent vernetzen! - KWKG aktuell

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Bundesamt Außenwirtschaft Energie Wirtschafts- und Mittelstandsförderung Infothek

AGFW

AGFW-REGELWERK

Arbeitsblatt AGFW FW 704 – Entwurf
Wirtschaftlichkeit nach §§ 20 und 24 KWKG
Verfahren zur Darlegung der Finanzierungslücke bei Neu- und Ausbau von Wärme-Kältenetzen und Wärme-/Kältespeichern
Method for evidencing the funding gap of heating and cooling networks and heating and cooling storage units according to § 20 and § 24 KWKG
Mai 2017
Bearbeitungsstand Entwurf: 16. Mai 2017

Wirtschaftlichkeitsnachweis für Wärmenetze und Wärmespeicher anhand Arbeitsblatt AGFW FW 704

Betreiber von Wärmenetzen und Wärmespeichern müssen seit der jüngsten Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz darlegen, dass die beantragte Förderung für die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens erforderlich ist.

1 2 3 4 5

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 5

AGFW

Wärmebedarf intelligent vernetzen! - Themen - Topics



Politik - Politics

- EU
- Sachsen - Saxony

**Integrierte Stadtentwicklung
Urban Development**

- InSek
- IEKK
- Quartiere

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 6

AGFW

Stadtentwicklung Bundesland



Stadtentwicklungsstrategie Sachsen 2020:

- » Innenentwicklung hat Vorrang vor Aussenentwicklung
- » Wohnen (und Wirtschaft) in der Innenstadt – für Jung und Alt
- » Denkmalschutz hat Vorrang (Identität)
- » Zentrale Orte
- » **Innovative Energiekonzepte haben Priorität**

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Quelle: SMI Seite 7

AGFW Wärmebedarf intelligent vernetzen! - Relevante Programme

- » Europäischer Fonds für regionale Entwicklung - EFRE
 - » Sachsen
 - » Thüringen
 - » Bayern
- » Städtebauförderung
- » KWKG 2017
 - » § 20 Zulassung für den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen, Vorbescheid
 - » § 24 Zulassung für den Neubau von Wärmespeichern, Vorbescheid



AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 8

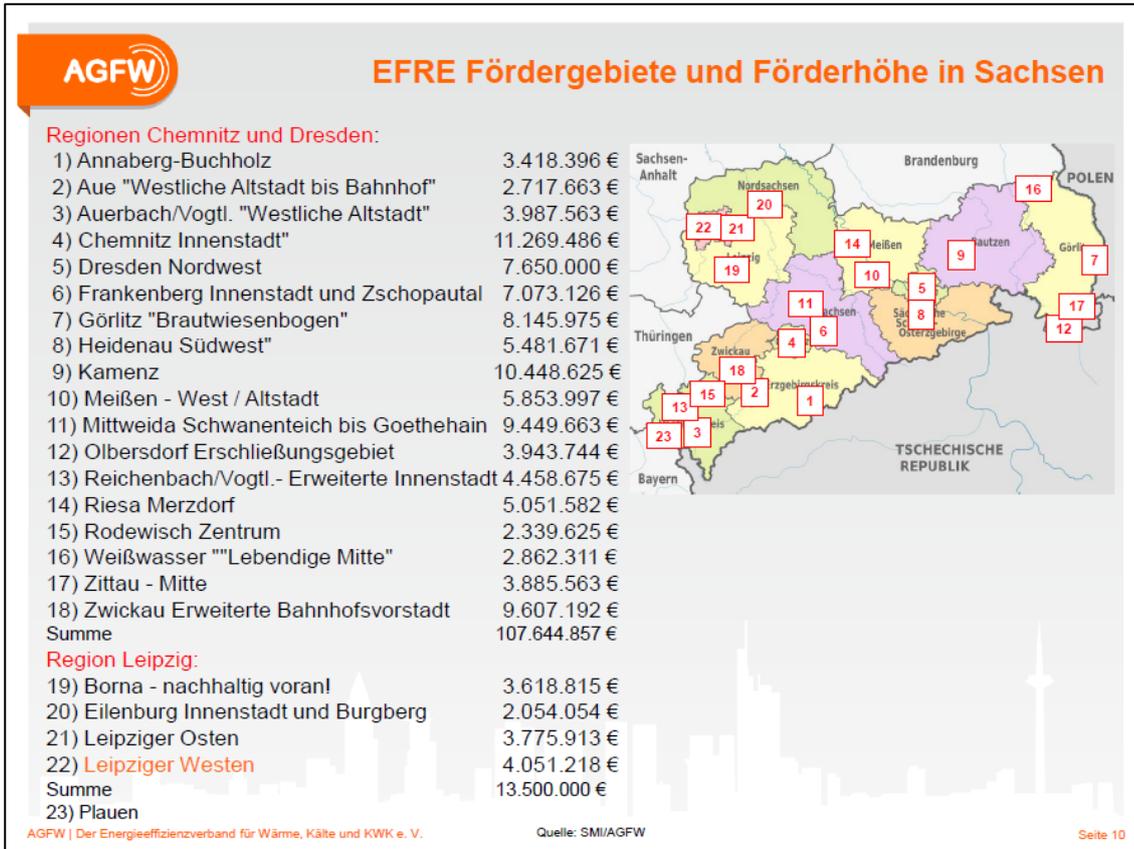
AGFW Wärmebedarf intelligent vernetzen! - EFRE in Sachsen

EFRE Förderung in Sachsen

Besondere Voraussetzungen für Maßnahmen der CO₂-Einsparung

- ▶ Ableitung des energetischen Sanierungsbedarfs aus dem Fachteil „Klima, Klimaanpassung und Energieeffizienz“ des INSEK/INGEK;
- ▶ kommunales Energiekonzept oder nachhaltiger Mobilitätsplan;
- ▶ die energetische Sanierung von öffentlichen Gebäuden beinhaltet die Beseitigung eines hohen Sanierungsbedarfs und die Nutzung einer dezentralen Wärmeversorgung;
- ▶ bei energetischer Gesamtanierung öffentlicher Gebäude Überschreitung der Anforderungen der EnEV um 10%;
- ▶ bei bauteilbezogener Sanierung öffentlicher Gebäude Erfüllung der technischen Mindestanforderungen des KfW-Programms 218, Förderstufe E bzw. F;
- ▶ Anlagen regenerativer Wärmeversorgung sind außerhalb des EEWärmeG zu errichten oder Übererfüllung des EEWärmeG um 20 %;
- ▶ bei energieeffizienter Wärme- und Kälteversorgung muss ein den Regeln der Technik entsprechendes Berechnungsverfahren zur CO₂-Einsparung und zur Ermittlung der nicht rentierlichen Kosten durchgeführt werden, die Einhaltung der Vorgaben des Arbeitsblattes AGFW FW703 und ggf. weiterer Arbeitsblätter sind durch einen sachverständigen Dritten zu bestätigen, weitere Vorgaben und diesbezügliche Informationen werden unter www.fw703.de zur Verfügung gestellt.

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Quelle: Website SAB (www.sab.sachsen.de) Seite 9



Arbeitsblatt AGFW FW 703

Lösung:

Wesentliche Punkte:

- Objektiviertes, transparentes und praxistaugliches Verfahren (*Stand der Technik*)
- Höhe der unrentierlichen Kosten als Nachweis der Wirtschaftlichkeitslücke (*AGVO*)
- CO2-Einsparung (*FW309T6*)
- Effizienzkriterium der Fernwärmesysteme (*RICHTLINIE 2012/27/EU Artikel 14*)
- KWK-Hocheffizienzkriterium (*RICHTLINIE 2012/27/EU Artikel 14 auf Basis der AGFW FW 308*)

AGFW-REGELWERK

Arbeitsblatt AGFW FW 703

Berechnungsverfahren zum Nachweis der unrentierlichen Kosten

Calculation method for evidencing uneconomical costs

August 2015

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

AGFW **FW 703 - Nachweis**

Stadtebene

- » Beschreibung des Innovationsgrades des Gesamtprojektes.
- » Relevanz des Quartiers (z. B. Schlüsselquartier in der Stadtentwicklung)
- » Maßnahmen konkrete und technisch nachvollziehbare Projektbeschreibung

Stand der Technik:

- » CO₂-Einsparung der Maßnahme gegenüber dem Ist-Zustand. Der Nachweis ist für die Fernwärme und KWK nach AGFW FW 309-6 zu erbringen
- » Erfüllung des KWK-Hocheffizienzkriteriums entsprechend RICHTLINIE 2012/27/EU Artikel 14 auf Basis der AGFW FW 308
- » Erfüllung des Effizienzkriteriums der Fernwärmesysteme nach RICHTLINIE 2012/27/EU Art. 2 Nr. 41
- » Beschreibung des technischen Anlagenkonzeptes

Betriebswirtschaft

- » Kalkulationszeitraum 20 Jahre. Danach ist spätestens die Wirtschaftlichkeit der geförderten Maßnahme zu erreichen.
- » Nachweis der betriebswirtschaftlichen Kenndaten und Annahmen.
- » Darstellung der **Investitionen** und **geplanten Erlöse**.
- » Ausweis und Nachweis des **nicht rentierlichen Investitionsanteils** gem. Kalkulationsschema unrentierliche Kosten (**Barwertmethode**).

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 12

AGFW **Ausblick**

SAUBERE ENERGIE FÜR ALLE EUROPÄER



- Erschienen am 30. November 2016, mit mehr als 4.500 Seiten
- Fokus der EU Politik mit Blick auf Energie für die Periode 2020 - 2030
- Vielzahl an Gesetzesvorschlägen die für den **Fernwärmebereich** wichtig sein können – z.B.:
 - Die Überarbeitung der “Energy Efficiency Directive”, der **Energieeffizienzrichtlinie**
 - Die Überarbeitung der “Energy Performance of Buildings Directive”, **Gebäuderichtlinie**
 - Die Neufassung der “Renewable Energy Directive”, **Erneuerbare Energien Richtlinie**

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 13

AGFW Ausblick

ERNEUERBARE ENERGIEN RICHTRLINIE

... hin zu einem neuen, mehr "Europäischen Ansatz" für Erneuerbare

2020	2030
20 % RES Anteil gesamt	Mindestens 27 % RES Anteil
Nationale, feste Ziele für RES	Verbindlich auf EU - Ebene
Spezifisches Ziel für RES-Transport	Keine nationalen spezifischen Ziele nach Sektoren

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 14

AGFW Wärmebedarf intelligent vernetzen! - Themen - Topics

**Integrierte Stadtentwicklung
Urban Development**

- InSek
- IEKK
- Quartiere

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 15

Zusammenfassung: Entwicklungstendenzen Technik in der Wärmeversorgung in der Stadt und im ländlichen Raum

- » Integrierte ganzheitliche Lösungen auf Quartiersebene stehen im Mittelpunkt
- » Kleinere (de)zentrale Lösungen nehmen zu
- » „Grüne Wärme“ und „Kälte“ = Dekarbonisierung steht im Mittelpunkt (Einzel- wie FW-Lösungen) über die gesamte Prozesskette bis zum Endkunden
 - » Lokale Solarisierung (Solarthermie, PV)
 - » Biomasse/-gas
 - » WP und geothermische Lösungen
 - » Ausgleich Stromvolatilität (P2H, P2G, Sektorkopplung)
- » Fernwärmenetze auf NT/Low-EX-Niveau – Rücklauf-Versorgung – Basis Erdgas KWK mit steigendem EE-Anteil sein (wichtiger Baustein Erfüllung EEWärmeG und EnEV)
- » Integration von Strom- und Wärmespeichern
- » Klimaanpassungsstrategie bedeutet vermehrt effiziente Kältelösungen
- » Smart City und Smart Home werden wie die Sektoren gekoppelt werden!

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Seite 16

Auswahl an wesentlichen energieeffizienten Quartierskriterien - Wärme

Kriterien	Einflussfaktoren	Einflussgrößen	Kennwerte (Bsp.)
» Technisch – Physikalische	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gebäudecharakteristika ▪ Energiesysteme 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gebäudetyp/Baujahr ▪ Sanierungszustand 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sanierungsquote 1%
» Städtebauliche	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Siedlungsstruktur ▪ Verteilung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wärmedämmung ▪ Heizsystem 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ IST: 158 kWh/m²a ▪ Kosten/Nutzen Ziewert = 100 kWh/m²a ▪ Endenergieverbrauch nach Dämmung
» Ökonomische	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlegbare Preise/Kosten ▪ Wertschöpfung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energieträger ... ▪ Einkommen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1€ Umsatz Fernwärme = 0,8 € für Kommune
» Ökologische	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂ ▪ Erneuerbare Energien 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umsatz ... ▪ Fläche 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 28% CO₂ Einsparung im Effizienz FW Ausbau Szenario
» Soziale	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wohnkosten ▪ Eigentumsanteile 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂-Methode ... ▪ Rentenentgeltpunkte ... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pro Lebensjahr 10 kWh/a mehr Endenergieverbrauch
» Klimatische	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Klimaentwicklungen ▪ Anpassung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ mittlere Jahrestemp., ▪ Frosttage ▪ Sommertage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1% höheres Einkommen bewirkt 0,63% höheren Endenergieverbrauch
» (sozio)-Demografische	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demografische Trends ▪ Gesellschaftliche Trends 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hochwasser, ... ▪ Haushaltszahl ▪ Haushaltsgröße 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ KfW 432: Konzept 65% und Manager 150.000 €
» Nutzerverhalten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wirtschaftliche Trends ▪ Gewohnheiten ▪ Wertevorstellungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alter des Haushalts ▪ Einkommen ... ▪ Bildung, ... 	
» Politische	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Motive / Überzeugungen ▪ Rahmenbedingungen ▪ Förderung ... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EnEV ▪ EFRE, KfW 	

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Quelle: Timpe, TU Dortmund / Prognos / AGFW
Seite 17

AGFW Wärmebedarf intelligent vernetzen - Grundlagen für die effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung der Städte und Gemeinden

- » Klimaveränderung/ -anpassungsstrategie und ihre Auswirkungen auf den Wärme-/ Kältemarkt
→ Basis Umwelt
- » Demografie – Kenndaten und Handlungsoptionen
→ Basis Mensch
- » Wärmetechnische Versorgung von Siedlungsgebieten
→ Konzepte - Technik/wirtschaftliche Grundlagen - Umsetzung
- » Kommunen und Versorger als Partner der energie- und kosteneffizienten Stadt- und Gemeindeentwicklung
→ Prozesse und Schnittstellen

Problem:
Umwelt – Mensch –
Technik – Prozesse
vernetzen

Problem:
Environment - Human –
Technology – Process
integrate

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 18

AGFW Wärmebedarf intelligent vernetzen - Grundlagen für die effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung der Städte und Gemeinden

- » **Klimaveränderung/ -anpassungsstrategie und ihre Auswirkungen auf den Wärme-/ Kältemarkt**
→ **Basis Umwelt**
- » Demografie – Kenndaten und Handlungsoptionen
→ Basis Mensch
- » Wärmetechnische Versorgung von Siedlungsgebieten
→ Konzepte - Technik/wirtschaftliche Grundlagen - Umsetzung
- » Kommunen und Versorger als Partner der energie- und kosteneffizienten Stadt- und Gemeindeentwicklung
→ Prozesse und Schnittstellen

**Schnittstelle
Stadtentwicklung
und technische
Infrastrukturplanung**
Ein Leitfaden von der
Praxis für die Praxis
2. Auflage

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 19

AGFW **Klimaveränderung – Betrachtungsebenen für die technische Infrastruktur**

Wärme- und Kälteversorgung Energiebereitstellung

Extreme Wettersituationen Stadtplanung



AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Quelle: DIW/IPCC/Allianz Seite 20

AGFW **Klimaveränderung – Betrachtungsebenen für die technische Infrastruktur**

Überflutungsgebiete in Sachsen Hochwasser 2002, Untersuchungsgebiete, Schadensfälle



Problem: Hochwasser

Schadensbilanz Hochwasser 2002 in Sachsen

Kategorie	Anteil
Wohngebäude	27%
Gewerbliche Unternehmen	23%
Kommunale Infrastruktur	21%
Staatliche Infrastruktur	15%
Land- und Forstwirtschaft	9%
Kat. Schutz Infrastruktur sonstiger Träger	2%
Hausrat	2%
Land- und Forstwirtschaft (sonstige)	1%

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Quelle: Deutsche Rückversicherungs AG, Bauhaus Uni Weimar, Sächs. Staatskanzlei / Bay. Landesamt für Umwelt Seite 21

AGFW Wärmebedarf intelligent vernetzen - Grundlagen für die effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung der Städte und Gemeinden

- » Klimaveränderung/ -anpassungsstrategie und ihre Auswirkungen auf den Wärme-/ Kältemarkt
→ Basis Umwelt
- » Demografie – Kenndaten und Handlungsoptionen
→ Basis Mensch
- » Wärmetechnische Versorgung von Siedlungsgebieten
→ Konzepte - Technik/wirtschaftliche Grundlagen - Umsetzung
- » Kommunen und Versorger als Partner der energie- und kosteneffizienten Stadt- und Gemeindeentwicklung
→ Prozesse und Schnittstellen




AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 22

AGFW Herausforderung – Demografie und technische Infrastruktur

Wir werden nicht nur weniger...? ... sondern auch älter...

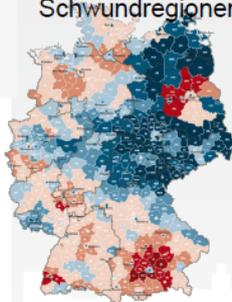


Anzahl

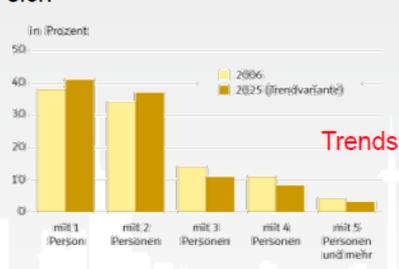


Altersstruktur

Wir haben Wachstums- und Schwundregionen und die Haushalte verändern sich



Verteilung



Trends

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Quellen: Stat. Bundesamt/BBSR Seite 23



Demografie und Energieverbrauch – SMI Studie

N= 10.500
Sachsen



Lösung:
Integrierte Studien:
Stadtverwaltung – Wobau -
Versorger

- » **Pro zusätzlichem Lebensjahr** von Menschen in Einpersonenhaushalten in den Untersuchten WE...
- » **...erhöht sich der Wärmeverbrauch** durchschnittlich **um rund 10 kWh/Jahr.**
Demzufolge verbraucht ein 80-Jähriger im Durchschnitt etwa 500 kWh/Jahr mehr Wärme als ein 30-Jähriger.
- » **...verringert sich der Stromverbrauch** durchschnittlich **um rund 2,7 kWh/Jahr.**
Demzufolge verbraucht ein 80-Jähriger im Durchschnitt etwa 135 kWh/Jahr weniger Strom als ein 30-Jähriger.
- » **...verringert sich der Wasserverbrauch** durchschnittlich **um rund 0,09 m³/Jahr.**
Demzufolge verbraucht ein 80-Jähriger im Durchschnitt etwa 4,5 m³/Jahr (d.h. 12 l/Tag) weniger Wasser als ein 30-Jähriger.

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Quelle: Prognos AG / AGFW /
Seite 24



Beweggründe im ländlichen Raum

Attraktive Lebensräume für Familien
Attractive habitats for families

- ✓ Bürgerbeteiligung
- ✓ Interesse der Hauseigentümer
- ✓ Initiative Ökogruppe
- ✓ gesundheits- und erholungsfördernde Auswirkungen
- ✓ Beitrag zur Stärkung des Qualitätstourismus
- ✓ positive und werbewirksame Darstellung für den Höhenluftkurort

Regionale Wertschöpfung
Municipal Added Value

- ✓ Einbindung von regionalen Unternehmen bei Bau und Betrieb
- ✓ 83 Anteilseigner aus dem Ort
- ✓ Zusatzeinnahmen über die Gewerbesteuer
- ✓ Kaufkraft vor Ort
- ✓ Heimische Wertschöpfung, Finanzkraft bleibt in der Region
- ✓ Absatzmöglichkeit für heimische Hackschnitzel und heimisches Sägereistholz

Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit
Security of supply and affordability

- ✓ Innovativ und zukunftssicher durch technologieoffenes Wärmenetz
- ✓ Langfristig bezahlbare Energie für Bürgerinnen und Bürger
- ✓ Unabhängig von fossilen Brennstoffen
- ✓ „solide technische und betriebswirtschaftliche Berechnungen, welche marktgerechte Erzeugerpreise gewährleisten“

100 % regenerative Wärme
100% Renewable Heating

- ✓ Rohstoffversorgung aus der Region
- ✓ Beitrag zur Waldpflege
- ✓ Beitrag zur Energiewende und Umweltschutz im Naturpark Zittauer Gebirge
- ✓ „Die Erdwärme trägt damit maßgeblich zum Vorhaben einer "CO2-freien Stadt bei.“

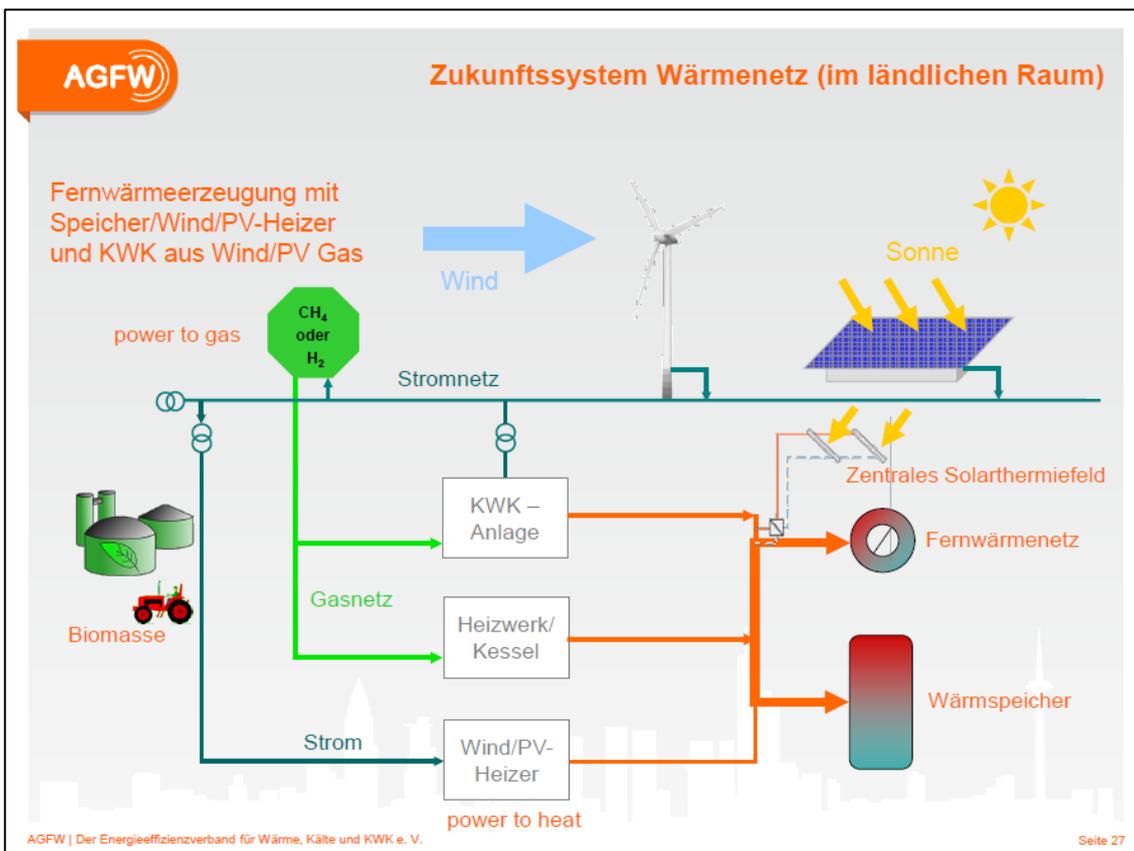
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Seite 25

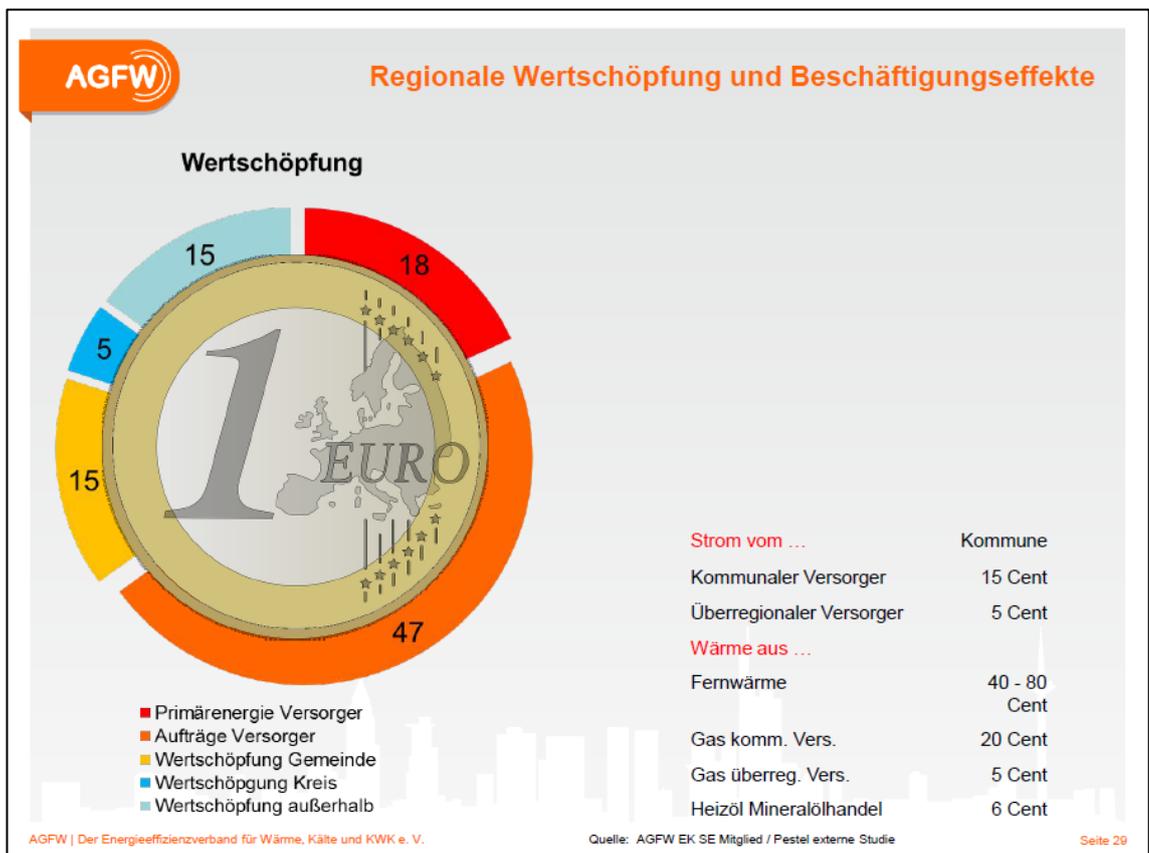
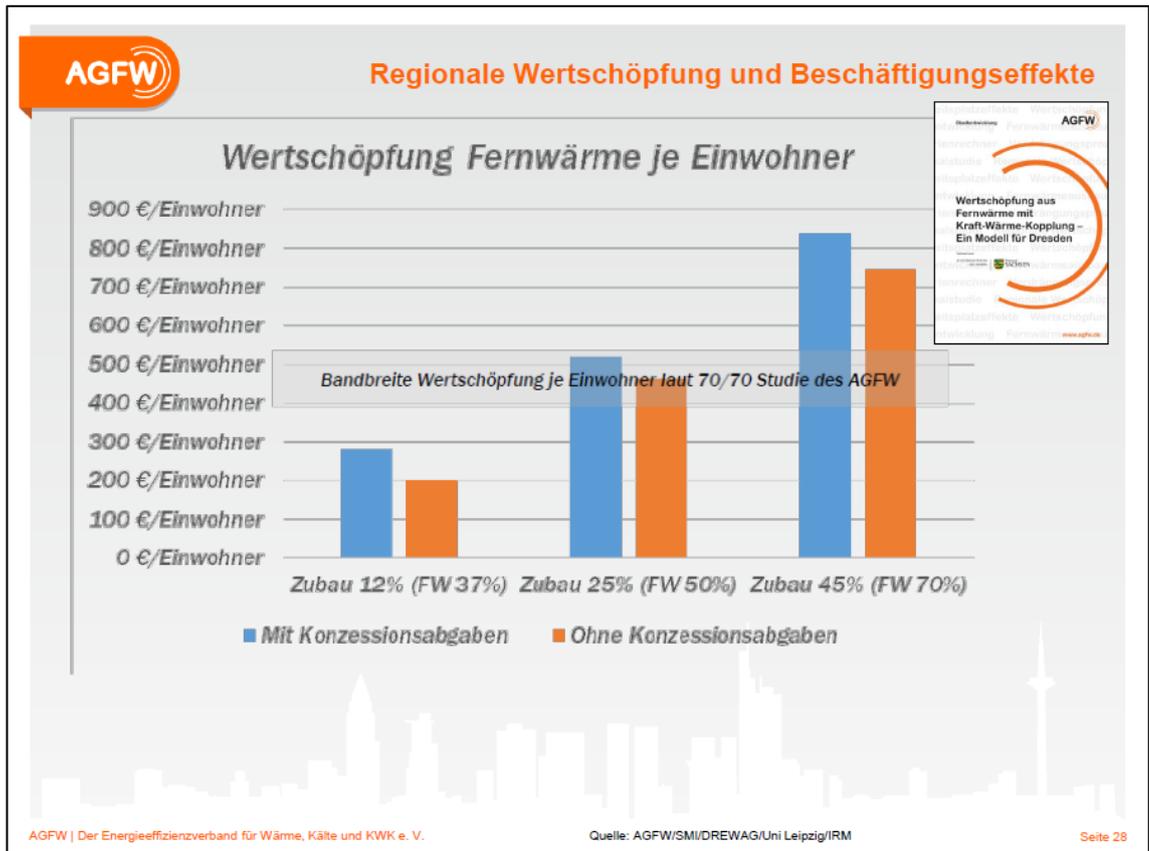
AGFW Wärmebedarf intelligent vernetzen - Grundlagen für die effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung der Städte und Gemeinden

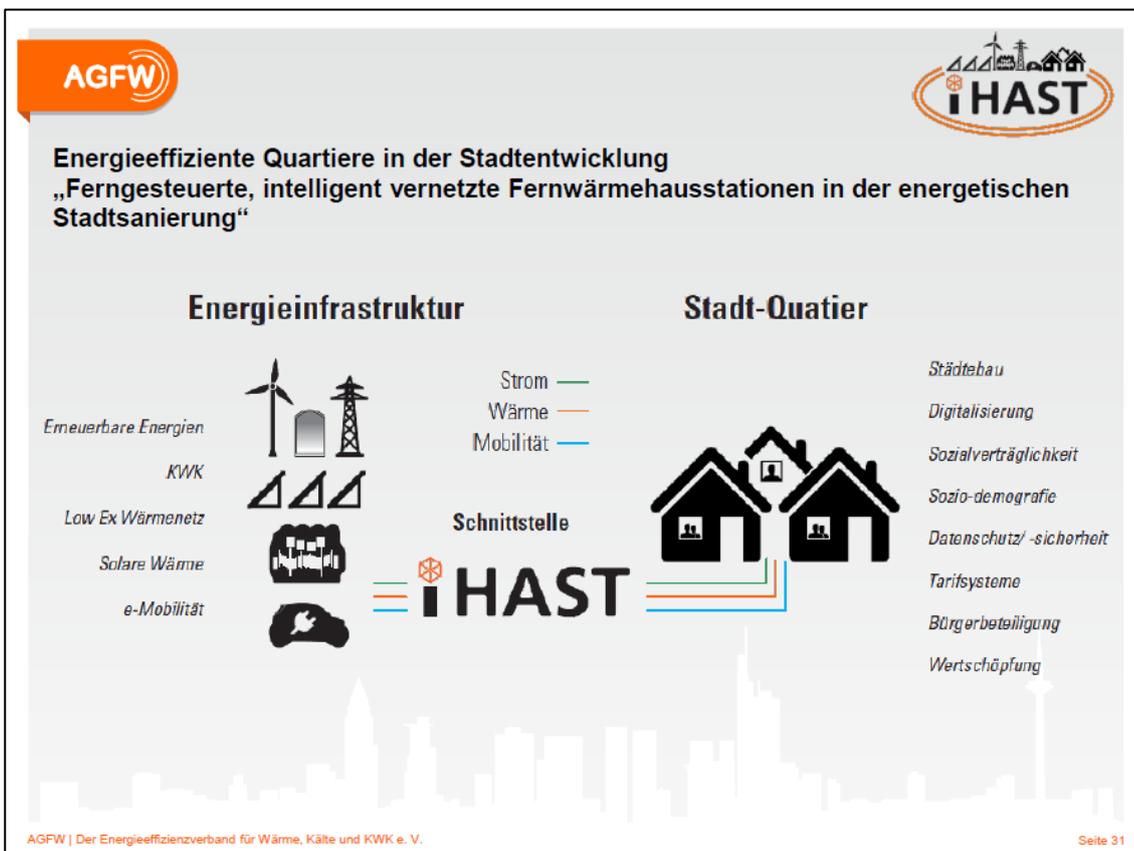
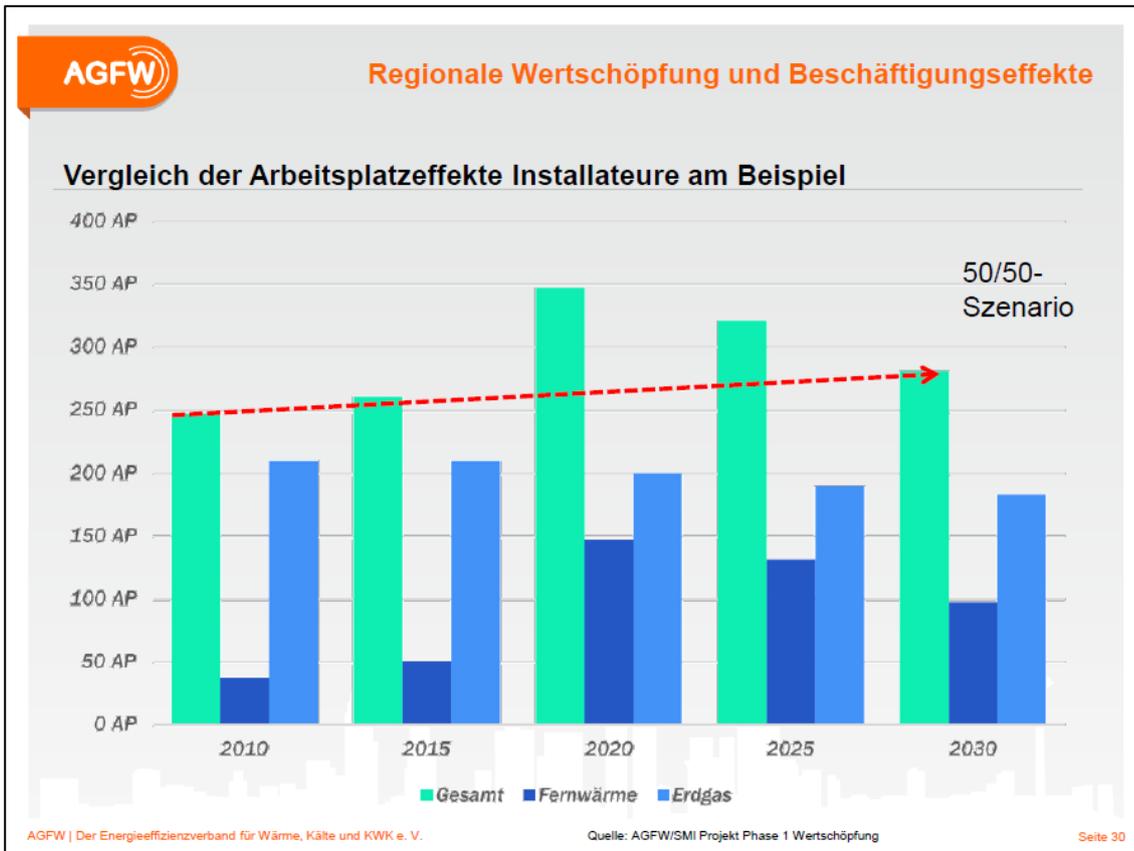
- » Klimaveränderung/ -anpassungsstrategie und ihre Auswirkungen auf den Wärme-/ Kältemarkt
→ Basis Umwelt
- » Demografie – Kenndaten und Handlungsoptionen
→ Basis Mensch
- » **Wärmetechnische Versorgung von Siedlungsgebieten**
→ **Konzepte - Technik/wirtschaftliche Grundlagen - Umsetzung**
- » Kommunen und Versorger als Partner der energie- und kosteneffizienten Stadt- und Gemeindeentwicklung
→ Prozesse und Schnittstellen



AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 26







AGFW Wärmebedarf intelligent vernetzen - Grundlagen für die effiziente und nachhaltige Wärmeversorgung der Städte und Gemeinden

- » Klimaveränderung/ -anpassungsstrategie und ihre Auswirkungen auf den Wärme-/ Kältemarkt
→ Basis Umwelt
- » Demografie – Kenndaten und Handlungsoptionen
→ Basis Mensch
- » Wärmetechnische Versorgung von Siedlungsgebieten
→ Konzepte - Technik/wirtschaftliche Grundlagen - Umsetzung
- » **Kommunen und Versorger als Partner der energie- und kosteneffizienten Stadt- und Gemeindeentwicklung**
→ **Prozeße und Schnittstellen**

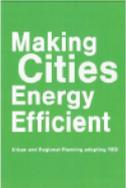
Problem:
Umwelt – Mensch – Technik – Prozeße vernetzen



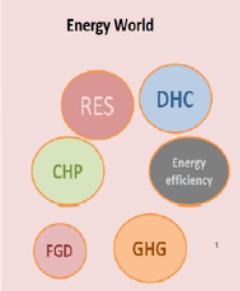
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 32

AGFW AGFW – Prozesse Stadtentwicklung - Process Urban Planer

EU-Project: „Urban Planners with Renewable Energy Skills
UP-RES- IEE/09/841/SI2.558360
Status: finished; 2010 – April 2013 - 30 Month,
Partners: Finland, Hungary, Spain, UK, GER

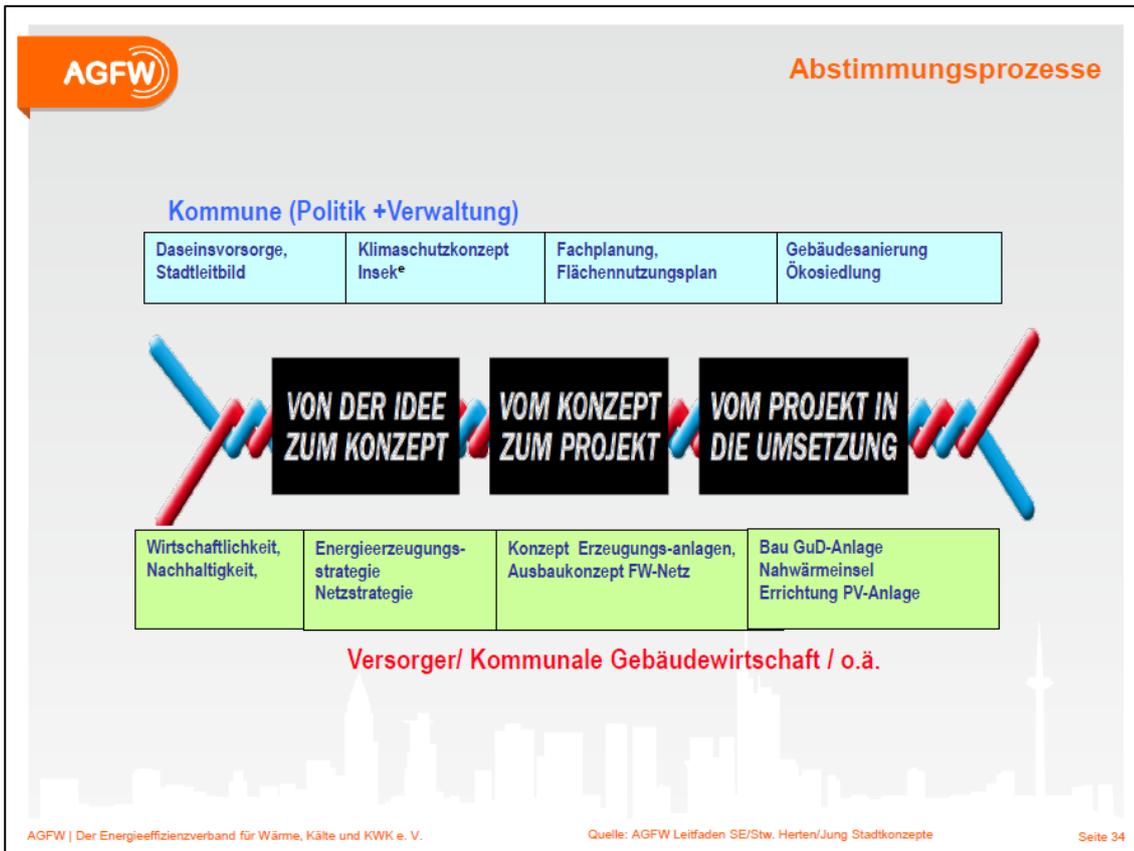


Is the wall separating two worlds to be broken up?

Energy World	Urban Planning World
	

Wall separating urban and energy planning "worlds"

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 33



AGFW

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Harald Rapp

Kontaktdaten für weitere Informationen, Materialien und den Vortrag:

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

Stresemannallee 30
60596 Frankfurt/Main
Tel.: +49 69 6304-418
Fax: +49 69 6304-391
E-Mail: h.rapp@agfw.de
Internet: http://www.agfw.de

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 35

Bedeutung von Holz in einer globalisierten Welt

(Prof. Albrecht Bemann; Institut für Internationale Forst- und Holzwirtschaft, TU Dresden)

Im globalen Maßstab steigt die Förderung fossiler Energieträger wie Kohle, Öl und Gas seit Jahrzehnten stetig an. Parallel dazu wächst die Weltbevölkerung. Die dadurch zunehmende CO₂-Konzentration in der erdnahen Atmosphäre verändert mit großer Wahrscheinlichkeit die derzeitigen Klimaverhältnisse. KLINGHOLZ und TÖPFER (2012) sehen deshalb den weiterhin steigenden *Energieverbrauch*, das stetige *Bevölkerungswachstum* und die damit in Verbindung stehende *Klimaänderung* – von ihnen als ‚*Trilemma*‘ bezeichnet – gegenwärtig als die drei größten Probleme für die Zukunft der Menschheit.

Aufgrund dieser Entwicklung und der Endlichkeit mineralischer Ressourcen treten internationale Organisationen für eine ‚ökologische Modernisierung‘ industrialisierter Gesellschaften oder auch deren ‚große Transformation‘ ein. Im Mittelpunkt dieser Bemühungen steht das Konzept der ‚nachhaltigen Entwicklung‘. Im Kern verspricht dieses Konzept, weiter Wirtschaftswachstum im Rahmen marktwirtschaftlicher Systeme zu generieren und dabei mittel- und langfristig unabhängig von den bisher zentral genutzten fossilen Energieträgern zu werden. Statt diese in wenigen großen Anlagen zu nutzen wird unter dem Begriff ‚*Dekarbonisierung*‘ die dezentrale Erzeugung von Strom und Wärme mit regenerativen Energieträgern sowie die Etablierung einer auf nachwachsenden Rohstoffen basierenden ‚nachhaltigen‘ Wirtschaft angestrebt.

Wald und Holz kommen in diese Strategie eine große und seit einigen Jahren wachsende Bedeutung zu. Mit Ausnahme der Arktis ist Wald nicht nur auf allen Kontinenten zu finden und global verfügbar. Bei einer planmäßigen, ‚nachhaltigen‘ Bewirtschaftung von Wäldern ist Holz in gleichbleibender oder sogar wachsender Menge nutzbar. Darüber hinaus wirken Wälder, Holz und Holzprodukte als langfristige Kohlenstoff-Speicher und Kohlenstoff-Senken.

Trotz der von zahlreichen Fachleuten und internationalen Konferenzen anerkannten Bedeutung einer nachhaltigen Forstwirtschaft und der Nutzung von Holz für nationale und internationale Strategien, dem Klimawandel zu begegnen, kam es in den vergangenen zwei Jahrzehnten insbesondere in Deutschland zu Debatten darüber, wie Wälder zu bewirtschaften seien. Vor allem an der – teilweise bereits umgesetzten – Forderung, 5 % der Wälder Deutschlands nicht mehr forstwirtschaftlich zu nutzen, entzündeten sich heftige Kontroversen zwischen Forstwissenschaftlern, Forstwirten und deren Organisationen einerseits sowie Vertretern des Naturschutzes in Verbänden, Verwaltungen und Universitäten andererseits.

Auf diese Diskussion aufbauend wird in dem Vortrag argumentiert, dass ein solcher, selbst teilweiser Verzicht auf nachhaltige Forstwirtschaft in Deutschland und die konsequente stoffliche wie energetische Nutzung von Holz aus wirtschaftlichen wie ethischen Gründen nicht sinnvoll erscheint. Nicht nur verfügt Deutschland über leistungsstarke Wälder und Forstbetriebe sowie eine international wettbewerbsfähige Holzindustrie. Vielmehr scheint es auch kaum vertretbar zu sein, die stetig wachsende Nachfrage nach Holz zunehmend aus Wäldern in andern Staaten zu decken, auf deren ökonomische, ökologische und soziale Standards Deutschland keinen Einfluss hat.

Der Vortrag basiert auf der Veröffentlichung:

A. Bemann, M. Bemann (2016): Nachhaltige Forstwirtschaft und Holznutzung in Deutschland – quo vadunt? In: Klotz St., Porada H. Th., Denzer V. (Hrsg.) ‚Wald im Spannungsfeld der Interessen‘, Leipzig, forum ifl, Heft 31, S. 99 – 119.



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

Institut für Internationale Forst- und Holzwirtschaft, Seniorprofessur für Forst- und Holzwirtschaft Osteuropas

Rohstoff Holz

in einer

globalisierten Welt

Prof. Dr. Drs. h.c. Albrecht Bemann

Zittau, 31. Mai 2017

Globales Trilemma des Wachstums

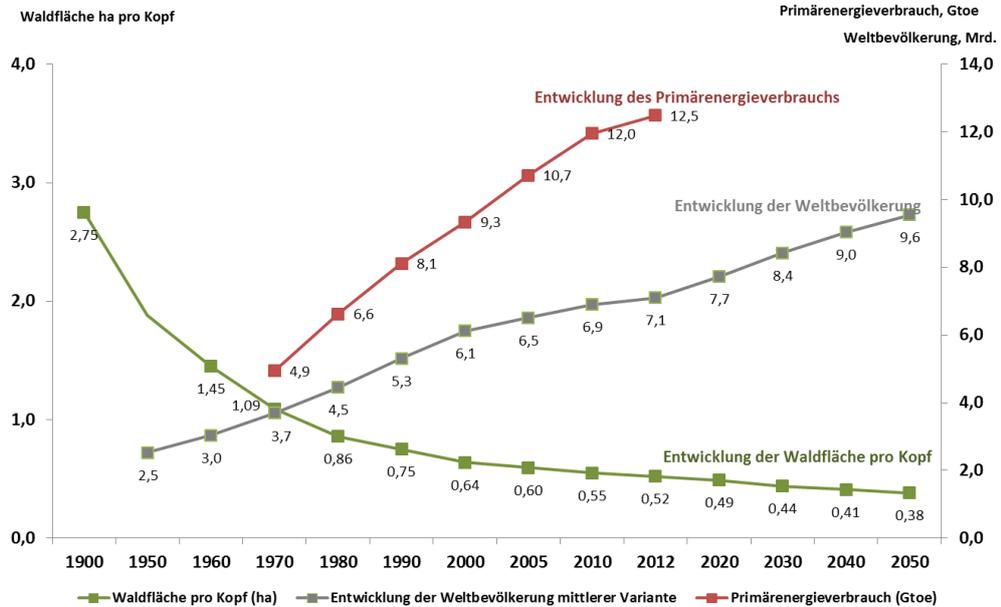
Bevölkerungswachstum

Energieverbrauch

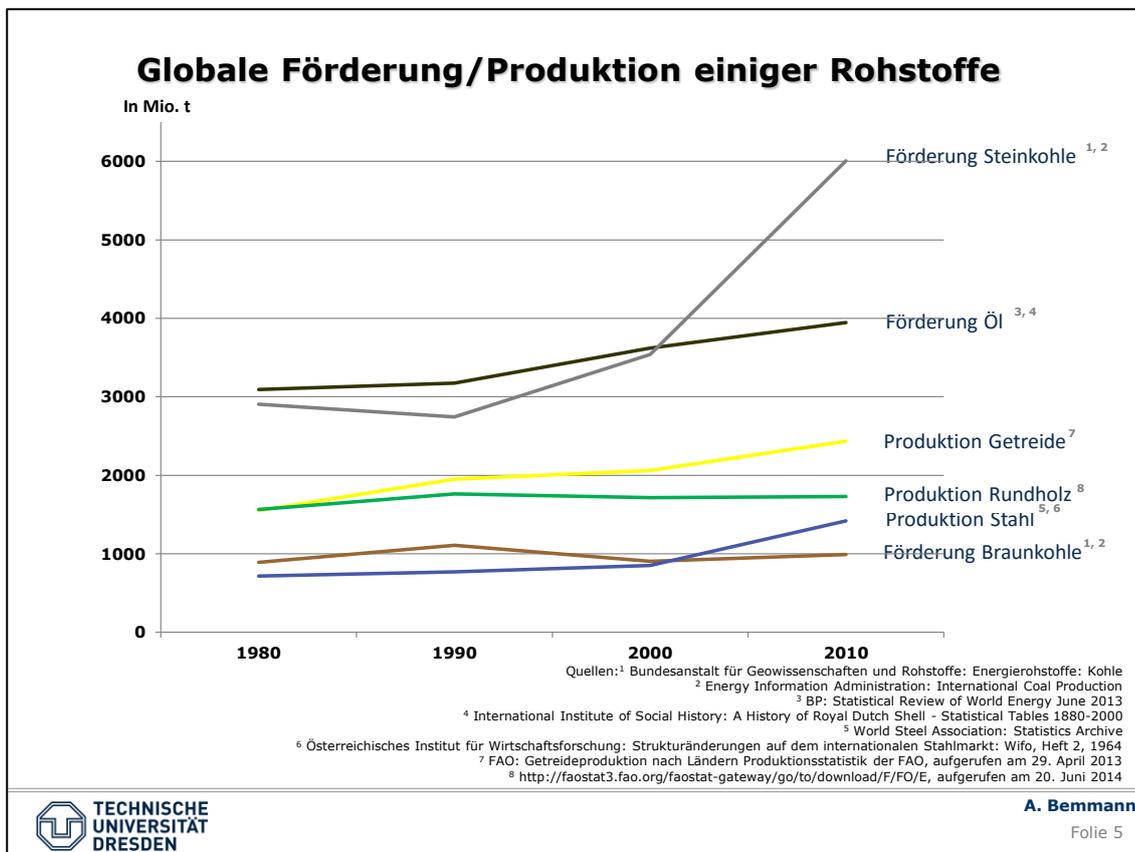
Klimawandel

Quelle: Klingholz, Töpfer 2012;
Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung

Entwicklung der Weltbevölkerung, des Primärenergieverbrauchs und der Waldfläche pro Kopf



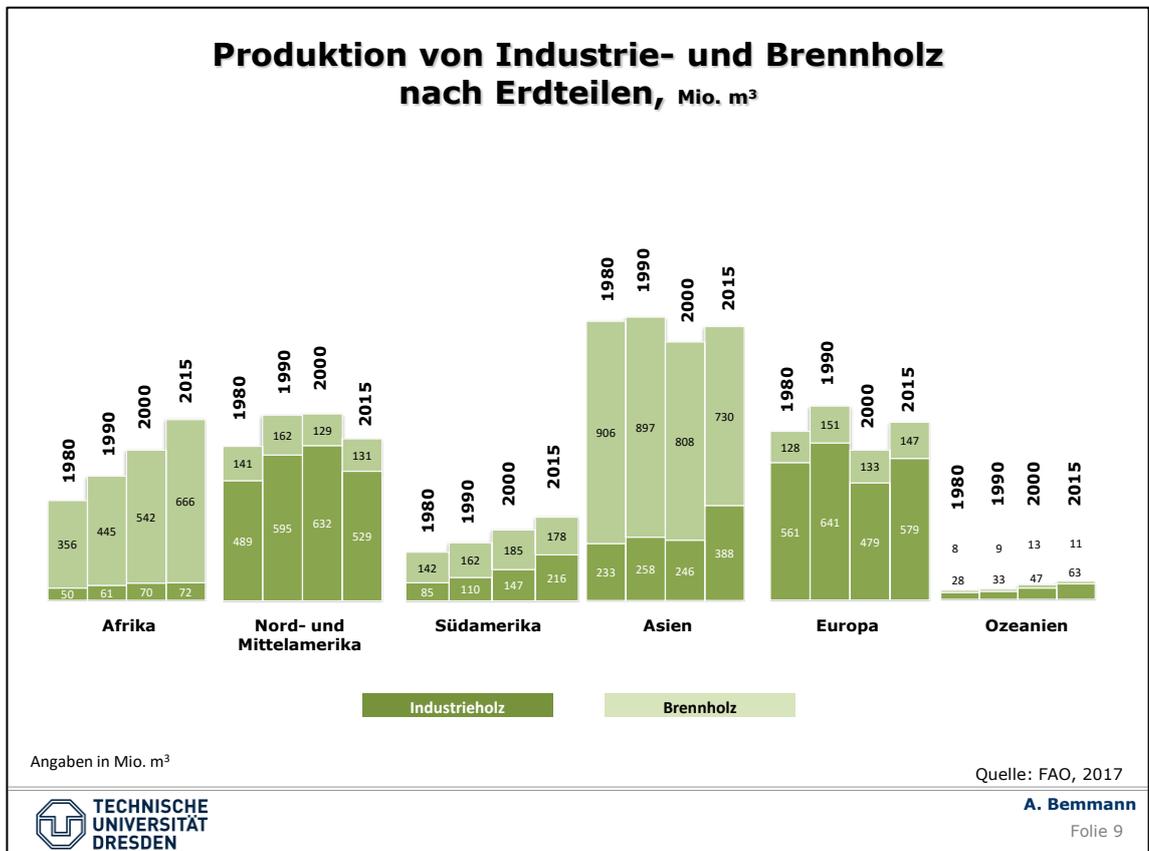
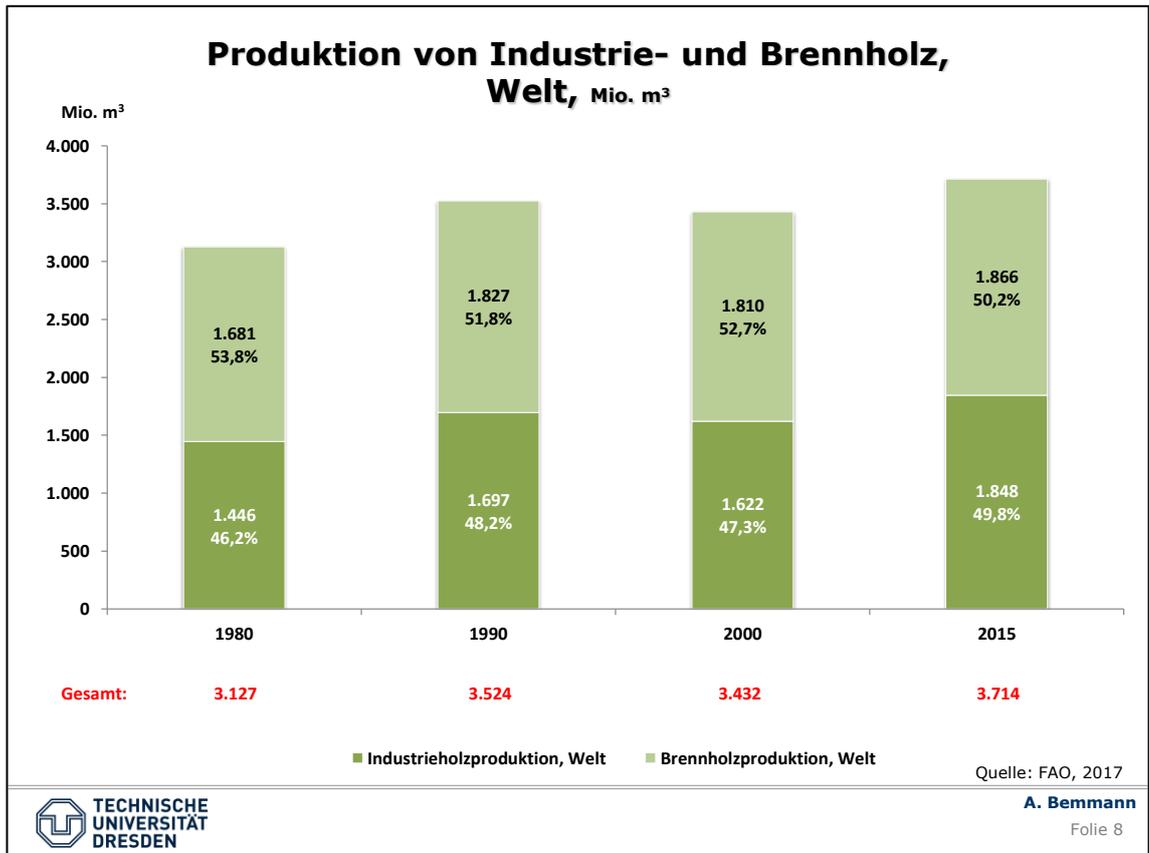
Quellen: verändert nach Schulte, 2011; BP Statistical Review of World Energy, 2013; Bundesamt für Statistik, 2014



Zwischen-Resumé I:

Forderungen von Welt-Klima- und Umwelt-Konferenzen (u.a. ‚Rio‘ 1992) und in IPCC-Analysen zur Emissions-Reduzierung klimaschädlicher Gase und zu einer nachhaltigen Wirtschaftsentwicklung haben in den vergangenen Jahrzehnten global wenig positive Ergebnisse gebracht:

- **die Bevölkerungszahl steigt global weiter, regional entwickelt sie sich sehr unterschiedlich,**
- **die Emission klimaschädlicher Gase und der**
- **Energie- sowie Ressourcen-Verbrauch wachsen stetig.**



Zwischen-Resumé **III**:

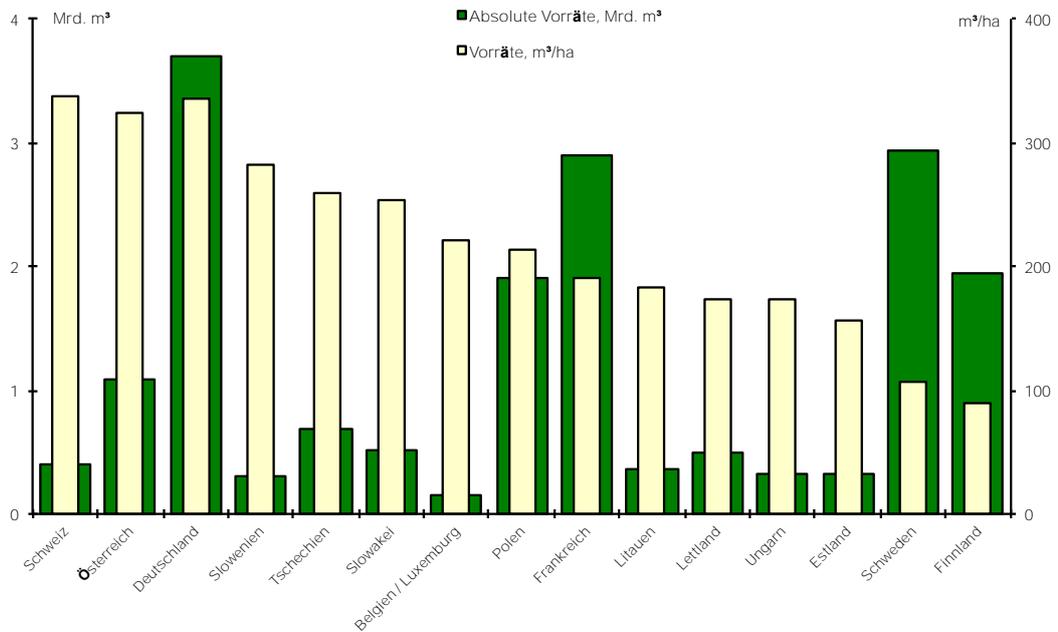
Wird die Bedeutung des ‚Wachstum-Trilemmas‘ für die Menschheit anerkannt, müssen sich Politik, Wissenschaft und Wirtschaft den Herausforderungen und Konflikten auch einer

nachhaltigen und intensiveren

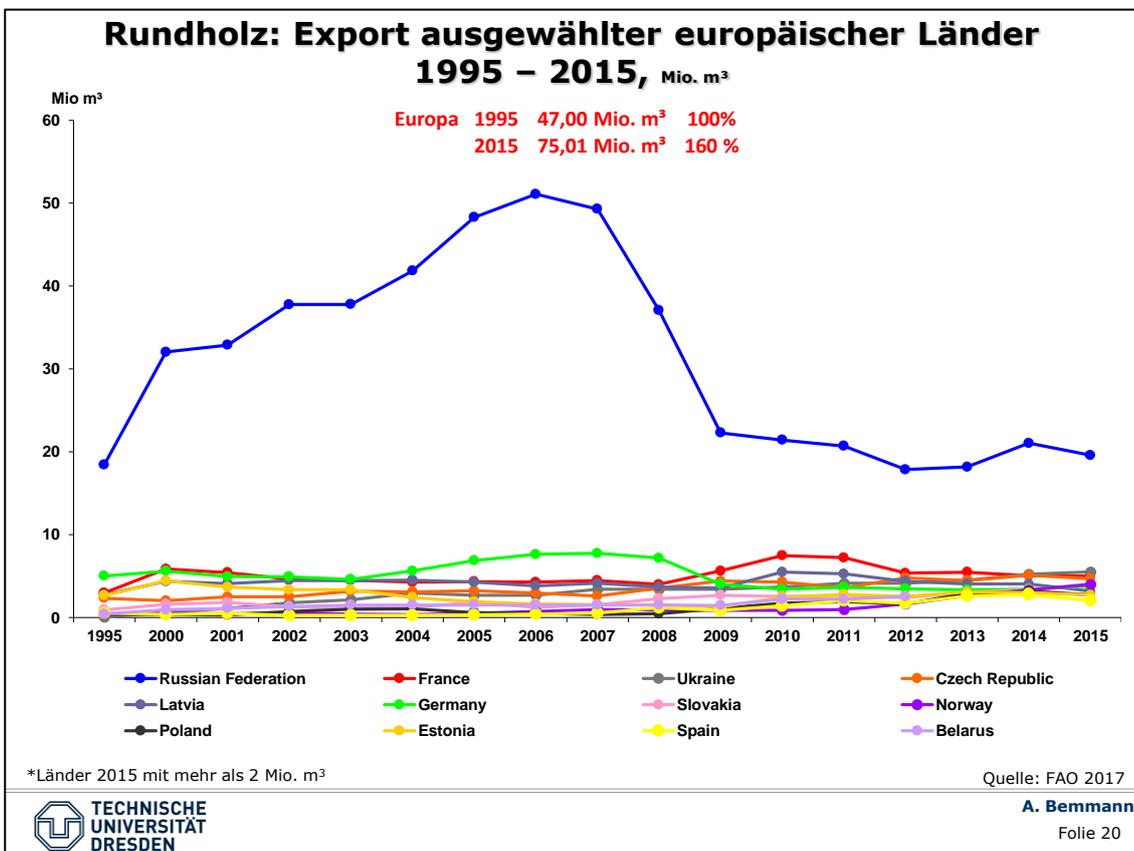
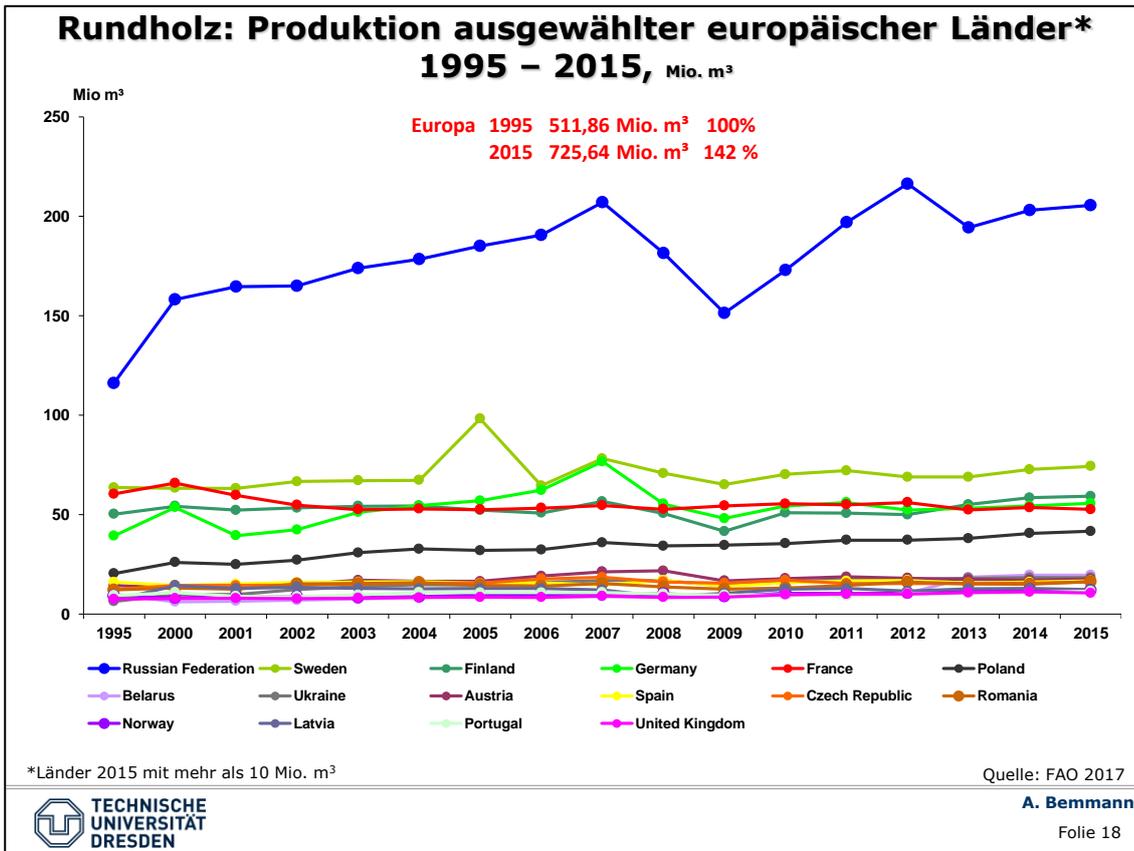
Natur-Nutzung

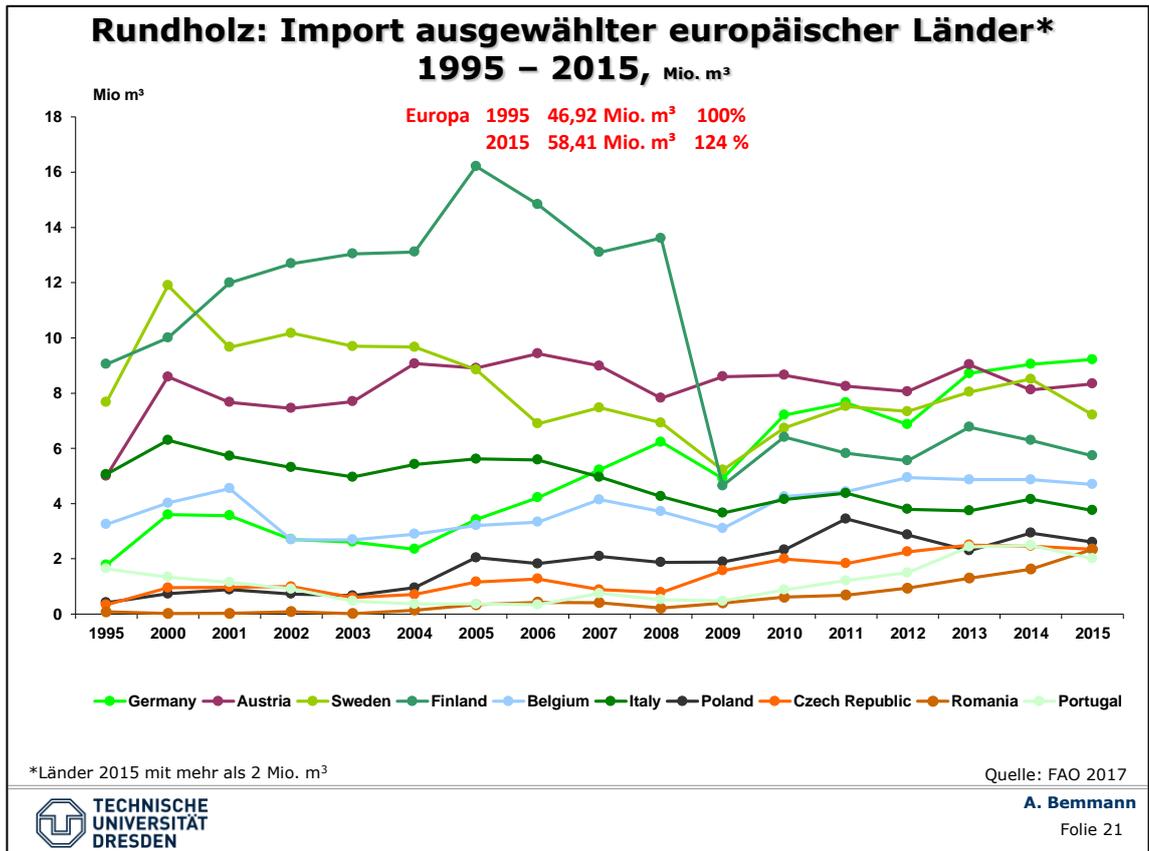
stärker als bisher zuwenden und sich in ihren Projekten an diesen - ohne (ideologische) Tabus - mehr als bisher orientieren.

Holzvorrat in ausgewählten europäischen Ländern



Quellen: BWI², 2004; BWI³, 2014; DRS-Consulting, 2005

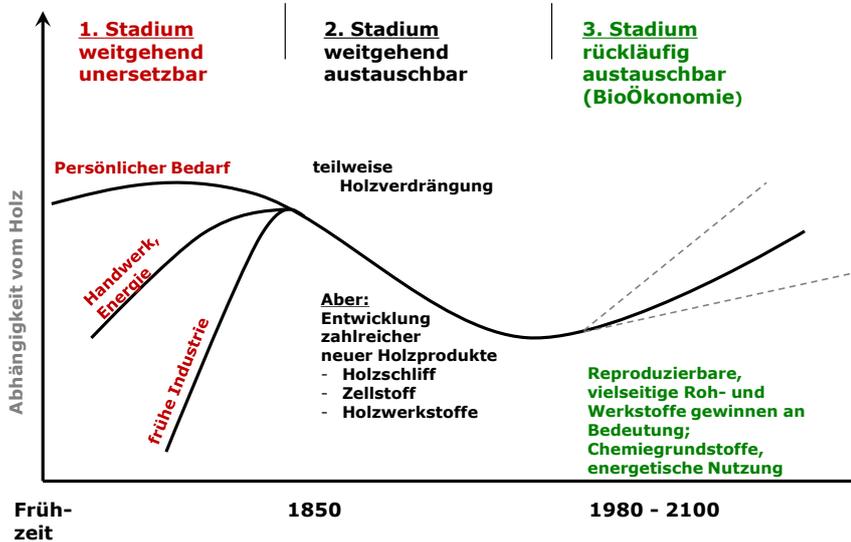




Zwischen-Resumé IV:

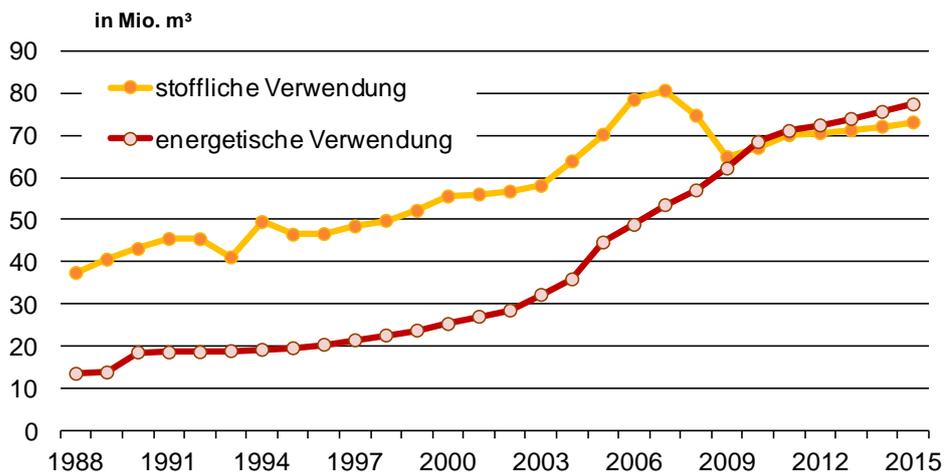
Die **komparativen Kostenvorteile** bei der **Produktion und Verarbeitung von Holz (Rohstoffe / Energie / Arbeitskräfte)** sowie die **niedrigen ökologischen Standards** in **außereuropäischen Regionen** für die **Erzeugung traditioneller Produkte wie Holzwerkstoffe, Zellstoff und Schnittholz** werden sich in der weiteren **Abwanderung von Kapazitäten der Holzindustrie aus Europa äußern.**

Die 3-Stadien-Theorie der Holzverwendung



Quelle: verändert nach Schulz 1993

Stoffliche und energetische Holzverwendung in Deutschland - Gesamtholzverbrauch -



Quelle: MANTAU, 2012

Folgerungen

Intensivierung naturwissenschaftlicher, ökonomischer, ökologischer, soziologischer und politischer Forschungsarbeiten:

- Ethische Begründungen für eine ‚Natur-Nutzung‘, nicht nur für den ‚Natur-Schutz‘.
- Entwicklung einer gesellschaftlichen Akzeptanz von Natur-Nutzungen.
- Synthetische Bewertung volkswirtschaftlicher Effekte einer Wald- (Holz-)Nutzung (ökonomisch, ökologisch, sozial; Kaskaden-Nutzung von Naturstoffen / Holz).
- Gesellschaftliche Bewertung und Folgeabschätzung einer (wirtschaftlichen) Natur-Nutzung, einer Nicht-Nutzung von Natur, von Naturschutz, Flächen-Stilllegungen, Umweltschutz und der Ausweisung von ‚Wildnis‘-Flächen (weg von einseitigen, sektoralen, hin zu komplexen Betrachtungen).
- Bereinigung widersprüchlicher Ziele der Energie-, Entwicklungs-, Klima-, Naturschutz- und Wirtschaftspolitik im Rahmen eines ressourcenpolitischen Ansatzes.
- Forcierung der ‚Ökologischen Modernisierung‘ > Beispiel ‚nachhaltige Forstwirtschaft‘

• Wechselbeziehungen zwischen demografischen Veränderungen einer Gesellschaft und Innovationen.

• Innovationen in der Holzverwertung (neue Produkte mit höherer Wertschöpfung pro Mengen-Einheit; Bioökonomie).

Erfahrungen mit dem Anbau und der Nutzung von schnellwachsenden Baumarten

(Dr. Kerstin Jäkel; Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen)

Dr. Kerstin Jäkel, Anke Dietzsch, Raik Becker
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Referat Pflanzenbau
Waldheimer Str. 219
01683 Nossen
Tel.: 035242 631 7204
E-Mail: kerstin.jaekel@smul.sachsen.de

1. Vorteile / Nutzen

Kurzumtriebsplantagen (KUPs) oder schnellwachsende Baumarten verfolgen das Ziel in relativ kurzer Zeit (zwei- bis zwanzigjähriger Umtrieb) viel Holzbiomasse auf einer landwirtschaftlich nutzbaren Fläche zur energetischen Verwertung zu erzeugen.

Der Anbau von schnellwachsenden Baumarten bringt für die Landschaft und die ländlichen Räume viele Vorteile. Eines der größten Vorteile ist die Eindämmung der Wasser- und Winderosion. Neben der Erhöhung der Biodiversität, der Landschaftsstrukturierung, der Biotopvernetzung und der extensiven Produktionsmöglichkeit mit geringem Stoffaustausch gibt es auch wirtschaftliche und arbeitsökonomische Vorteile. So liefert der Holzaufwuchs eine hohe Energieeffizienz und die Ernte kann in einem Jahr erfolgen, in dem wenig Holz auf dem Markt ist. So werden neue Standbeine geschaffen und Wertschöpfung im ländlichen Raum gehalten.

Nachteilig sind der hohe Wasserverbrauch und das Einwachsen von Wurzeln in Drainagen.

2. Rahmenbedingungen

Das Wichtigste für Anbauer und Landwirte sind einfache und kontinuierliche gesetzliche Regelungen und Fördermöglichkeiten mit einem geringen verwaltungstechnischen Aufwand. In der Praxis gibt es jedoch erhebliche Hemmnisse und Hürden bei der Errichtung einer KUP.

Die Fördermöglichkeiten für schnellwachsende Baumarten in Sachsen bestehen nur in der LEADER-Region und sind damit sehr begrenzt. Es gibt keine Honorierung oder ökologische Anerkennung (bei anderen Kulturen möglich) für den Anbau, was zu Wettbewerbsnachteilen gegenüber anderen Kulturen führt.

Über die zahlreichen Vorschriften und Bedingungen (Greening, Nutzungscode) für den Anbau informieren in Sachsen die Außenstellen des LfULG.

3. Anbauerfahrungen

Zurzeit werden in Sachsen auf 271 ha (Stand Juli 2014) schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb angebaut. Davon 245 ha auf landwirtschaftlicher Nutzfläche. Bei einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von 906.637 ha in Sachsen hat die KUP-Wirtschaft den marginalen Anteil von 0,03 %. Unter den Dauerkulturen (5596 ha) nimmt sie einen Anteil von 4,4 % ein. Rückblickend auf die Anbaufläche von 184 ha auf landwirtschaftlicher Fläche im Jahr 2010, konnte ein Anstieg des Anbaus um 33 % bis zum Jahr 2014 auf landwirtschaftlicher Nutzfläche festgestellt werden. Der Trend setzte sich jedoch nicht fort, im Moment stagniert der Anbau.

Bei der Baumartenverteilung dominiert die Pappel mit ca. 150 ha, gefolgt von der Weide mit ca. 96 ha. Den geringsten Anteil nimmt die Robinie mit 17 ha ein. Ein verschwindend geringer Anteil ist bei den weiteren zugelassenen Baumarten wie Birke, Erle, Esche und Eiche zu verzeichnen. Die am meisten gepflanzten Sorten bei den Pappeln sind die verschiedenen Max-Klone 1-5, gefolgt von den Sorten Androscoggin, Muhle Larsen und Hybrid 275. Bei der Weide dominiert der schwedische Klon Tordis, gefolgt von Inger, Tora und Sven.

Es gibt in Sachsen 37 Betriebe, die Kurzumtriebsplantagen bewirtschaften. Nur 4 Betriebe bewirtschaften Flächen von über 21 ha. Der Hauptanteil von 20 Betrieben hat Flächengrößen unter 3 ha (0,18 bis 2,93 ha). Dabei sind die Flächenstrukturen sehr klein und somit nachteilig für den Aufbau neuer Betriebszweige.

Am wichtigsten für eine gute Etablierung von KUP sind hohe Anwuchsleistungen der Stecklinge. In trockenen Gebieten ist im ersten und zweiten Standjahr auf genügend Wasser zu achten, d.h. es ist für eine Zusatzwasserversorgung zu sorgen. Auch eine Unkrautregulierung ist im ersten und zweiten Jahr unerlässlich für den Aufbau eines ertragreichen Bestandes. In wildreichen Gebieten kann ein Zaun lohnenswert sein, da die Verbiss- und Fegeschäden recht hoch sind.

Kriterien zur Auswahl geeigneter Bäume sind ein rasches Jugendwachstum, eine leichte Vermehrbarkeit, ein gutes Stockausschlagvermögen und eine gute Dichtstandsverträglichkeit. Unter europäischen Klimabedingungen erzielen Pappel- und Weidenarten die besten Ergebnisse.

Die Hälfte der Betriebe strebt einen kurzen Umtrieb mit Ernten aller 3-5 Jahre an. Knapp 1/3 plant mit einer mittleren Umtriebszeit aller 6-8 Jahre. Nur wenige Betriebe setzen auf lange Umtriebszeiten von bis zu 20 Jahren. Einige haben beim Anbau noch keinen Plan zum Erntezeitpunkt. Je nach Wuchsleistung und Marktlage wollen sie spontan entscheiden.

Je nach Größe der Erntefläche und der Baumstämme gibt es unterschiedliche Ernteverfahren. Bei drei- bis vierjährigem Umtrieb und größeren Flächen hat sich die Ernte mit dem Feldhäcksler durchgesetzt.

Ein Beispiel für gute KUP-Erträge zeigt Abbildung 1. Hierbei handelt es sich um eine Fläche mit guter Wasserversorgung und guten Bodenbedingungen. Es wurde bereits vier Mal geerntet. Erst ab der 2. Ernte wurden top-Erträge bis zu 18 t TM/ha * a erzielt. Schlechtere Standorte erreichen Erträge zwischen 10 und 12 t TM/ha * a.

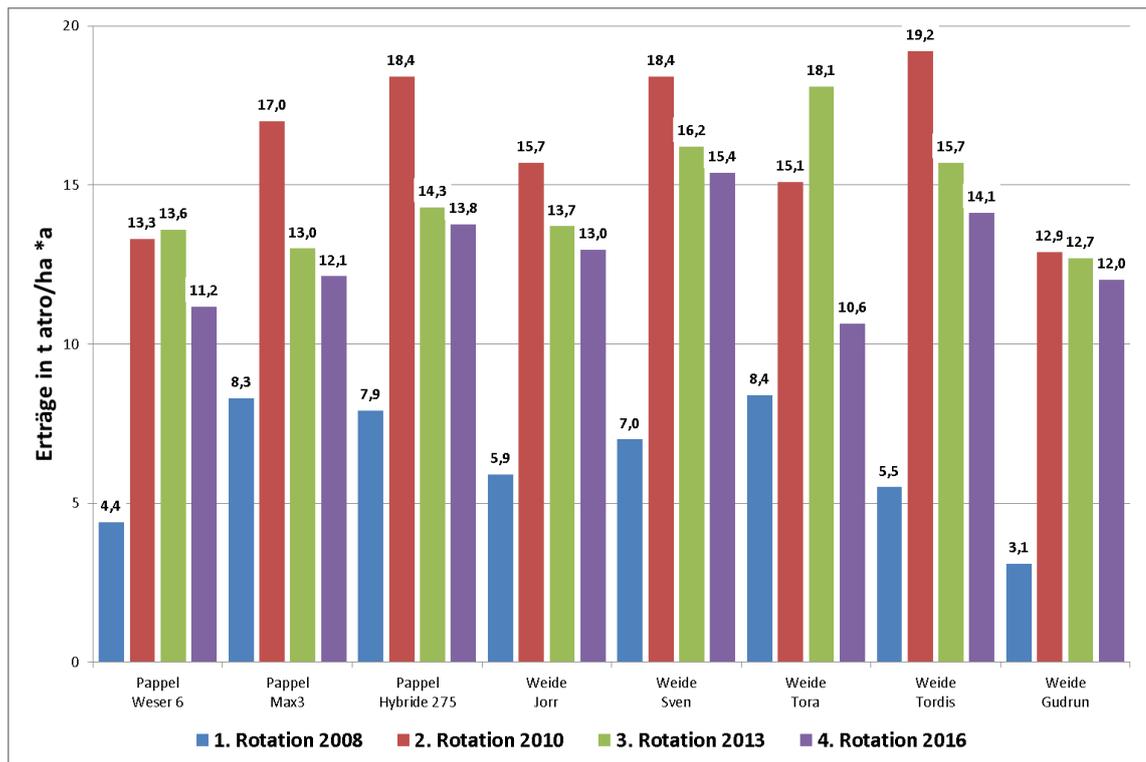


Abbildung 1: Erträge von 4 Umtriebsrotationen von KUP-Arten und –Sorten auf einem gut mit Wasser versorgten Standort in Krummenhennersdorf

Sollte das Holz für energetische Zwecke genutzt werden ist eine Trocknung erforderlich.

Die meisten Betreiber von KUP-Anlagen haben bereits bei der Pflanzung einen Abnehmer, wobei einige Betriebe das Holz auch im Eigenbedarf nutzen. Ein Großteil der Betriebe strebt eine Vermarktung erntefrisch frei Feld an. Muss selbst getrocknet werden, stehen verschiedene Verfahren zur Trocknung der Hackschnitzel zur Verfügung. Einige Betriebe nutzen das Dombelüftungsverfahren. Bei einem längeren Umtrieb trocknen die Stangen am Feldrand und werden nach Bedarf gehackt. Manche Betriebe verfügen über eine Biogasanlage und nutzen die Abwärme zur Trocknung der Holz-hackschnitzel.

Fast 2/3 der Betriebe könnten sich eine Flächenerweiterung vorstellen, wenn dauerhafte Abnehmerstrukturen vorhanden wären. Als Hauptproblem wurde dabei die Flächenverfügbarkeit (meist keine Eigentums – sondern Pachtflächen) gesehen.

Aus diesen Erfahrungen heraus ist es sinnvoller, kleinere regionale Kreisläufe zu etablieren. Dort ist die Motivation der Landwirte, als Energieholzproduzent aufzutreten, wesentlich höher.

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit ergeben sich kalkulatorische Gewinne. Demnach können schnellwachsende Baumarten mit einer durchschnittlichen landwirtschaftlichen Fruchtfolge mithalten. Den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben der Holzpreis und der Ertrag. Vor der Anlage einer KUP ist immer eine Einzelfallprüfung vorzunehmen.

4. Biodiversität

Im Hinblick auf die Biodiversität haben sich Feldstreifen, kombiniert mit Grün- oder Blühstreifen als günstigere Variante gegenüber einem KUP-Feld erwiesen. Dabei ist der Anschluss an artenreiche Lebensräume wichtig. Eine zeitlich und räumlich gestaffelte Bewirtschaftung trägt zu mehr Artenreichtum bei. Für wertgebende Vogelarten sollte eine Mindestgröße von etwa 4 ha vorhanden sein. Einige Insektenarten benötigen viel Licht, so dass die Bäume nicht zu dicht gepflanzt werden sollten.

Somit zeigt sich, dass die Lösung der Konflikte zwischen Landwirtschaft und Umwelt, zwar schwierig aber mit etwas Geschick, lösbar sind.

5. Zusammenfassung

An den aufgestellten Klimaschutzzielen und an der Energiewende soll weiterhin festgehalten werden. Ohne Einsatz von Biomasse ist das aber derzeit nicht möglich. Die Erzeugung von einheimischen Rohstoffen und anfallenden Reststoffen und Koppelprodukten ist nach wie vor sinnvoll und reduziert Treibhausgase. Mit weiterer Effizienzsteigerung und einer stärkeren Beachtung ökologischer Belange wird die Nachhaltigkeit der Bioenergie weiter gesteigert. Biomasse ist die derzeit einzige speicherbare Energieform.

Die Etablierung von Kurzumtriebsplantagen (KUP) schreitet allerdings nur langsam voran. Die Anlage einer KUP hat vielfältige Vorteile für Umwelt und Landwirtschaft. Neben einer regionalen Wertschöpfung können viele ökologische Vorteile genutzt werden. Jedoch ergeben sich für den Anbau auch viele Hemmnisse. Neben unzuverlässigen politischen Rahmenbedingungen und einer überproportionalen Bürokratie beim KUP-Anbau, ist es vor allem die unzureichende Absicherung (z.B. durch Pachtverträge, ...) für eine wirtschaftliche Vermarktung, die die Landwirte am Anbau von schnellwachsenden Baumarten hindern. Noch längst sind nicht alle Fragen zum Anbau und zur Verwertung geklärt. Bei einer Umfrage äußerten die Landwirte, dass noch erheblicher Beratungs-, Informations- und Forschungsbedarf besteht.

Eine komplette Broschüre zu Schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb ist unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13410> abrufbar.

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %.
Wie ist das möglich?

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %. Wie ist das möglich?

(Hansjörg Pfeifer; Energie-Unternehmensberatung und Umweltgutachterorganisation München)

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**

Wie ist das möglich?

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %. Wie ist das möglich?

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

1. EVIT Energie-Versorgungs-Informationen-Technik
2. Die Energie- und Stromwende in Deutschland
3. Die Stromerzeugung in Deutschland wird sich verdoppeln
4. Woher soll der zusätzliche Strom kommen, wenn die Atomkraftwerke und alle Kohlekraftwerke abgeschaltet sind?
5. Stromerzeugung aus Biomasse, insbesondere Holz
6. Holzvergasung zur Krafterzeugung
7. Kraft-Wärme-Kopplungs-Wärme
8. EVIT unterstützt die Holzgas-Stromerzeugung
9. Aufgabe bzw. Fragestellung
10. Erweiterung eines Biomasse-gefeuerten Nahwärmenetzes durch eine Holzgas-Anlage
11. Einbindung und Bewirtschaftung eines Wärmespeichers
12. Praxisbeispiel
13. Ergebnis
14. Weiterentwicklung
15. Details zum 60 %-Prinzip
16. Fazit Ausblick

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

1. EVIT Energie-Versorgungs-Informationen-Technik

- gegründet 1989 zur
 - Beratung von Energieversorgungsunternehmen und privatwirtschaftlichen oder öffentlichen Institutionen die:
 - Strom selbst erzeugen,
 - einen Bedarf an Notstromversorgung haben oder
 - ein eigenes Mittelspannungsnetz betreiben
 - Technisch-wirtschaftlich-organisatorische Beratung und Planung auf den Gebieten:
 - Kraft-Wärme-Kopplung,
 - Strom- und Wärmeversorgung
- Zu dieser Zeit war Strom aus erneuerbarer Energie erst im Kommen, Erfahrung mit Wasserkraftwerken und Klärgaskraftwerken gab es schon.

Mit dem EEG 2000, am 1. April, ist Strom aus erneuerbaren Energien ins Spiel gekommen. Wir haben seither eine wichtige Aufgabe im Rahmen der Energiewende übernommen.

Seit 2012 als zweite Firma gegründet:
EVIT Energie-Unternehmensberatung und Umweltgutachterorganisation GmbH

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %. Wie ist das möglich?

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

2. Die Energie- und Stromwende in Deutschland

- Mit dem Begriff „Energiewende“ ist derzeit so gut wie nur die „Stromwende“ gemeint. 99% der Parolen drehen sich seit dem Atomausstieg (in Bayern z. B. am 8. Juli 2011 beschlossen) nur noch um die Energieform Strom.

Strom wird nach wie vor mit dem Wort „Energie“ abgewertet.

- Dass Strom mit „Energie“ zeichnet von Unkenntnis und unterschwelliger „Stromphobie“.

Strom = Kraft = Power

Strom hat den höchsten Stellenwert aller Energiearten.

Strom ist an jedem Standort vorhanden und kann praktisch verlustfrei in jede andere Energieform überführt werden.

- In der Energieeinsparungsverordnung (EnEV) gilt:
Strom wird heute mit dem Primärenergiefaktor (PEF) 1,8 bewertet,
für wärmegeführte KWK-Anlagen gilt der PEF von 2,8 (Verdrängungsstrommix)
Wärme hat den PEF 1,0
Fossile Brennstoffe einen PEF von 1,1 bis 1,2
Biogene Brennstoffe (Holz): PEF 0,2

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

3. Die Stromerzeugung in Deutschland wird sich verdoppeln

Inzwischen spricht man in Deutschland von einer fossilen Null-CO₂-Emission ab dem Jahr 2051.

Das heißt, keine fossilen Energieträger mehr ab 2051!

Strom ersetzt zunehmend andere Energieträger

Im ersten Schritt:

Wärmeerzeugung → Strom zum Antrieb von Wärmepumpen zum Heizen mit Umweltwärme statt mit Heizöl oder Erdgas
Mobilität → Strom zur Krafterzeugung anstelle von Benzin oder Diesel

Man verwendet höherwertigen Strom als Antriebsenergie (Multiplikator) oder als Energieersatz

Sektorkopplung heißt das neue Zauberwort!

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %. Wie ist das möglich?

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

4. Woher soll der zusätzliche Strom kommen, wenn die Atomkraftwerke und alle Kohlekraftwerke abgeschaltet werden?

Stromerzeugung über:

- Off-shore-Windkraft (als wichtigste Stromquelle, aber weit entfernt)
- weitere Solaranlagen (im Winter schwach/ nachts null)
- Landwindanlagen (wird zunehmend kontrovers diskutiert)
- und
- Biomasse

Die Ressource Biomasse (Holz) wird zu einem großen Teil nur verheizt.
Im Holz steckt ein großes unerschlossenes Stromerzeugungspotential:

→ Holzvergasung!

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

5. Stromerzeugung aus Biomasse, insbesondere Holz

- Biomasse (ausgenommen Pflanzenöle) sind Feststoffe.
- Aus dem Feststoff Holz kann Strom bzw. Kraft nur erzeugt werden über:

Kraftwerksanlagen mit elektrischen Leistungen ab 1.000 kW bzw. 5.000 kW
(Thermoöl-ORC-Anlagen oder klassische (Wasser) Dampfkraftwerke

Alternativ kämen Dampflokomotiven oder Dampfkraftmaschinen (Retro) in Betracht.
- **Im kleineren Leistungsbereich** wird die feste Biomasse nur auf indirektem Wege verwendet,
um

Power (Kraft = Strom) and Heat (Wärme)

zu erzeugen:

- als **Biogas** - aus holzfreier Materie - oder
- als **Holzgas** - aus holzhaltiger Materie.

- Nur der Stirlingmotor erlaubt die Holzenergienutzung auf direkte Art, ist aber technologisch immer noch nicht erfolgreich in den Griff zu bekommen!

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %.
Wie ist das möglich?

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

6. Holzvergasung zur Krafterzeugung

- Ein **Menschheitstraum** und bereits sehr alte Technik, um aus dem Feststoff Holz die hochwertige Energieform Kraft zu erzeugen und daraus Strom zu machen!
- Im **kontinuierlichen Prozess** (Automatik) ist das nun seit einigen Jahren Realität!
- Aus dem Feststoff Holz als Energieträger wird

Power im Leistungsbereich von 10 bis 250 kW_{el}
and Heat im Leistungsbereich von 20 bis 500 kW_{th}

- Bei der Stromerzeugung aus Holzgas ergibt sich zusätzlich das Zweifache an Wärme.

$$1 \text{ kW}_{el} + 2 \text{ kW}_{th}$$

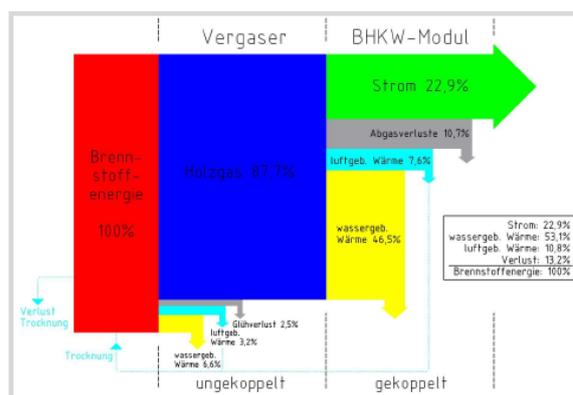
→ Man benötigt also eine ideale Wärmesenke,
um die Wärme ganzjährig nutzen zu können.

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

7. Holzvergasung und Kraft-Wärme-Kopplung



Energieflussdiagramm einer 45 kW Holzgasanlage

→ Die Wärme setzt sich aus gekoppelter
Wärme (BHKW-Modul) und

→ ungekoppelter Wärme (Gaserzeuger) zu-
sammen.

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %. Wie ist das möglich?

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

8. EVIT unterstützt die Holzgas-Stromerzeugung

- Im Rahmen des EEG haben rd. 70 Firmen versucht, Holzgas-Stromerzeugungsanlagen auf den Markt zu bringen.

So gut wie alle haben aufgeben müssen oder sind insolvent geworden,
in zwei Fällen sind die Unternehmer sogar im Gefängnis gelandet.

- Für die Firma Spanner Re² GmbH haben wir im Jahre 2010 ein erstes Typgutachten für **serienmäßig hergestellte Holz-Kraft-Anlagen** erstellt.
- Inzwischen haben wir als Umweltgutachter viele Kunden in Deutschland mit:
 - rd. 160 Spanner-Anlagen (mit bis zu 5 x 45 = 225 kW elektrischer Leistung) und
 - praktisch allen Anlagen der Holzgas Wegscheid GmbH (mit bis zu 2 x 125 = 250 kW elektrischer Leistung) sowie
 - zwei Fröling-Anlagen von je 50 kW elektrischer Leistung.

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

9. Aufgabe bzw. Fragestellung

Mit welchem **Mehrverbrauch** lässt sich aus Hackschnitzeln (die eigentlich der Wärmeerzeugung gewidmet sind), den höherwertigen Strom und zusätzlich die KWK-Wärme erzeugen?

Wie groß ist also der Wirkungsgrad der Stromerzeugung, bezogen auf den Holzhackschnitzel-Mehrverbrauch?

→ Lösungsansatz

- Der ursprüngliche Hackschnitzelverbrauch der Kesselanlage ist bekannt.
- Der Hackschnitzelverbrauch der Holzgasanlage ist ebenfalls bekannt.

Wie viel Hackschnitzel brauche ich **zusätzlich**, um bei gleichem heizwassergebundenen Wärmeoutput zusätzlich den Strom zu erzeugen?

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

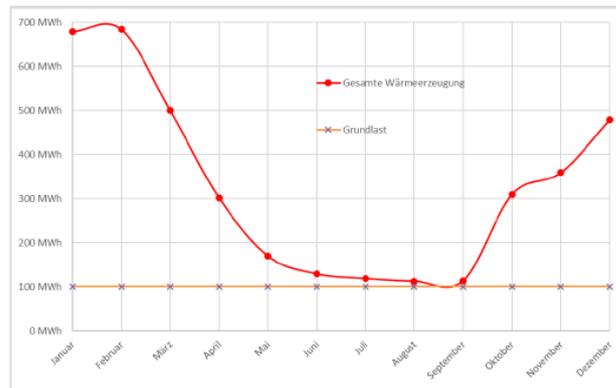
EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %.
Wie ist das möglich?

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

**10. Erweiterung eines Biomasse-gefeuerten Nahwärmenetzes
durch eine Holzgas-Anlage**

Fall A: Auch die ganzjährig konstante Grundlast wird über den Holzhack-
schnittelkessel gedeckt

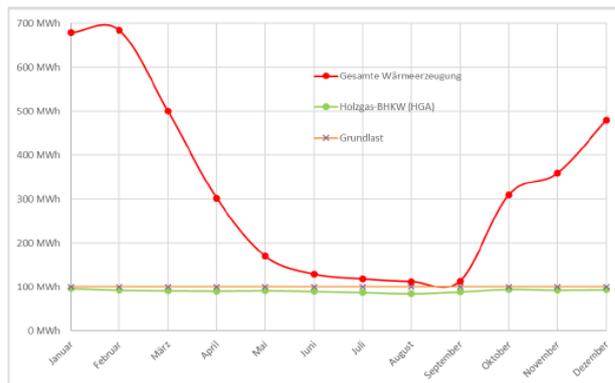


Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

Fall B: Grundlastwärmeerzeugung durch die Holzgas-Anlage



Im Sommer gilt:

- Heizkessel bleibt ausgeschaltet
- Wartungen können erfolgen
- Wärmespeicher gleicht die tageseitlichen Schwankungen aus.

Holzgasanlage mit $2 \times 45 \text{ kW}_{el}$ liefert $180 \text{ kW}_{th} \times 7.000 \text{ h/a} = 1,260 \text{ Mio kWh/a}$ Wärme und $0,630 \text{ Mio. kWh}$ Strom (wie ein Laufwasserkraftwerk mit 140 kW).

→ $1,260 \text{ Mio. kWh/a}$ Wärme in 12 Monaten = 105 MWh/Monat .

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

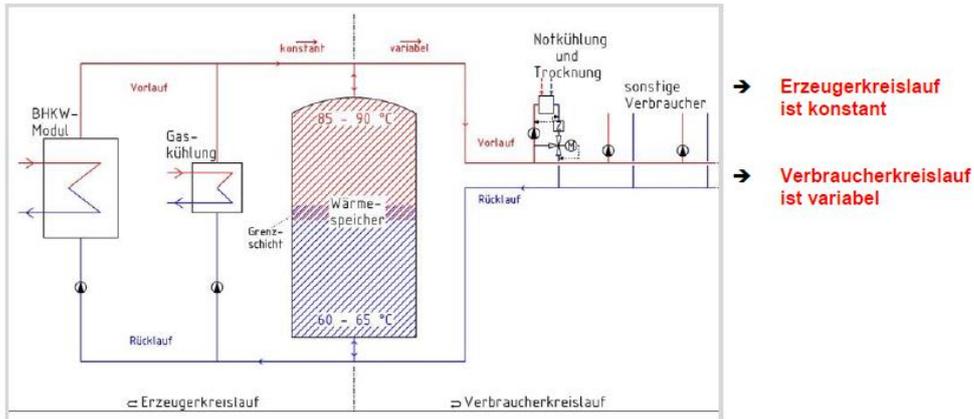
EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %.
Wie ist das möglich?

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

11. Einbindung und Bewirtschaftung eines Wärmespeichers

Der Heizwärmebedarf schwankt mit der Uhrzeit beträchtlich.



Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

12. Praxisbeispiel

- Wärmeezeugung mittels Heizkessel, insgesamt 5 Mio. kWh/a.
Hiervon sind:
20 % Verlust 1,0 Mio. kWh
12 % Brauchwasserwärme 0,6 Mio. kWh
Zwischensumme 1,6 Mio. kWh oder 180 kW
68 % Heizwärme 3,4 Mio. kWh oder bis zu 1.800 kW
 - **Reine Grundlasterzeugung mit 180 kW_{th}**
Holzgas-BHKW-Anlage mit 90 kW elektrischer Leistung
und 180 kW thermischer Leistung
Stromerzeugung 0,775 Mio. kWh/a (8.600 h/a, Stillstand 53 h/Monat)
 - **Ausbau geringfügig über Grundlast mit 200 kW_{th}**
Holzgas-BHKW-Anlage mit 100 kW elektrischer Leistung
und 200 kW thermischer Leistung
Stromerzeugung 0,825 Mio. kWh/a (8.333 h/a, Stillstand 142 h/Monat)
- >> Heizkessel kann praktisch drei Monate lang ausgeschaltet bleiben.

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %.
Wie ist das möglich?

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

13. Ergebnis

- Im Heizkessel werden aus 140 kg Holz (100 kg Holz atro und 40 kg Wasser)

→ 140 kg (w = 28,6 %) ≈ 437 kWh Feuerungsenergie

- bei einem thermischen Wirkungsgrad von 87,3 % ergeben sich hieraus:

→ 437 kWh x 87,3 % = 381,5 kWh heizwassergebundene Nutzwärme

Basis: 100 kg Holz atro produzieren 381,8 kWh Nutzwärme

- Um in der Holzgasanlage 381,8 kWh heizwassergebundene Nutzwärme zu erzeugen, werden 164 kg Holz atro benötigt

164 kg (atro) ≈ 230 kg (w = 28,6 %)

Dieses Holz wird bevorzugt mit luftgebundener Abwärme von w = 28,6 % auf
max. w ≈ 15 % getrocknet:

164 kg (atro) ≈ 193 kg (w = 15 %)

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

- Dem Holz-Mehrverbrauch von 64 kg atro steht die Stromerzeugung von 164,3 kWh gegenüber.

	HGA	Kessel
Wärme wassergebunden	381,8 kWh	381,8 kWh
in Prozent	100%	100%
Holzeinsatz atro	164 kg HHS	100 kg HHS
in Prozent	164,3%	100%
somit Holz-Mehrbedarf	64,3%	-
Energieinhalt Holz-Mehrbedarf	281,3 kWh	
Zusätzliche elektrische Erzeugung	164,3 kWh	
Resultierender Wirkungsgrad der zusätzlichen Stromerzeugung	58,4%	

Die zusätzlich eingesetzte Holzenergie wird zu 58,4% in Strom umgewandelt.

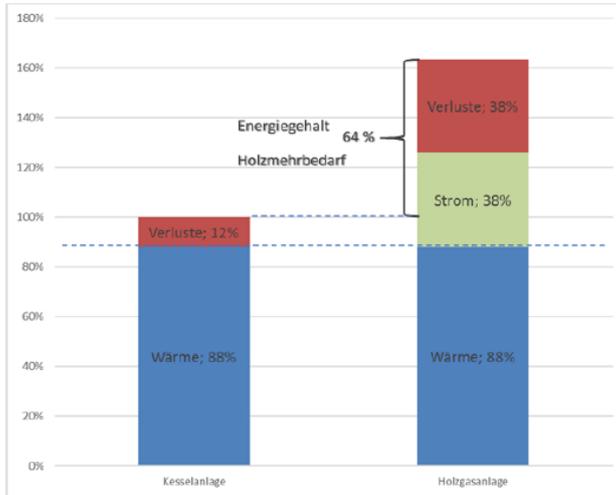
→ Das bedeutet einen Wirkungsgrad der Stromerzeugung von 58,4 %!

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %.
Wie ist das möglich?

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer



$$\frac{38\% \text{ Strom}}{64\% \text{ Energiegehalt des Holzgasbedarf}} = 59\% \text{ el. Eff.}$$

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

14. Weiterentwicklung

- Im Titel steht ein Wirkungsgrad von über 60 %.
- Dieser ist mit der Weiterentwicklung der Holzgas-BHKW-Module leicht zu erreichen.
- Bisher konnte man froh sein, dass Holzgas-Schwachgas überhaupt durchzündete (manche Lösungen arbeiten mit dem Dieselgasprinzip und sind zündsicherer).
- Die Gas-Ottomotoren werden laufend verbessert, es kommt dabei auf einen möglichst hohen elektrischen Wirkungsgrad an.
- Die Kraft- und Stromerzeugung ist das einzige Ziel und der Grund, sich auf eine technisch so anspruchsvolle Holzgasanlage einzulassen, deshalb:
- **Der elektrische Wirkungsgrad des BHKW-Moduls steht im Vordergrund.**

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %.
Wie ist das möglich?

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

15. Details zum 60 %-Prinzip

- Heizwert des Holzes → 4,373 kWh/kg atro
- Kesselwirkungsgrad von → 87,3 %

→ Aus 100 kg atro Holz können 381,8 kWh Wärme erzeugt werden.

BHKW-Module der	Spanner Re ² GmbH	Holzenergie Wegscheid GmbH
Nennleistung	45,5 kW	125 kW
elektrische Wirkungsgrad	26 bis 30 %	34 %
Anteil Holzenergie im Holzgas	87 %	72 %
wasser- und luftgebundene KWK-Wärme	62 %	68 %
(ungekoppelte) wasser- und luftgebundene Wärme (keine KWK-Wärme)	11 %	35 %
Holztrocknung 28,6 % Wärmenutzung	w = 15 %	w = 10 %

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

16. Fazit und Ausblick

- Am Beispiel von Bayern wird der Stellenwert der Holzgas-Stromerzeugung deutlich: 8 % des Strombedarfs Bayerns werden derzeit aus Biomasse erzeugt. Darunter sind sehr viele Biogasanlagen (deren Strommenge bleibt gedeckelt, die flexible Leistungserzeugung nimmt dagegen auf das zwei bis Dreifache zu).
- 16 % des Strombedarfs Bayerns könnte aus Biomasse kommen. Hier ist insbesondere Holz gemeint, der Zuwachs ist praktisch nur auf der Basis von Holzgas zu realisieren. Die Anzahl der kleinen Holzgasanlagen wird sich vertausendfachen.
- Ohne rationelle Wärmenutzung keine sinnvolle Stromerzeugung aus Holzgas! Man benötigt also Wärmezentralen – zur durchgehenden Aufnahme der erzeugten Wärme. Alle bestehenden Biomasse-Heizwerke könnten nachgerüstet werden.
- **Wenn die Einbindung stimmt, kann Holzkraft-Strom mit einem erstaunlich geringen Mehrbedarf an Holzhackschnitzeln erzeugt werden. Wirkungsgrade von 60 % und darüber sind erzielbar.**

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %.
Wie ist das möglich?

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**

Ist das möglich?

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**

Ist das möglich?

JA!!

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln mit einem Wirkungsgrad von über 60 %.
Wie ist das möglich?

**Stromerzeugung aus Holzhackschnitzeln
mit einem Wirkungsgrad von über 60 %**
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hansjörg Pfeifer

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Hansjörg Pfeifer
Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.

**EVIT GmbH Energie-Unternehmensberatung
und Umweltgutachterorganisation**
Schleißheimer Straße 180
80797 München

www.evitgmbh.de
www.umweltgutachter.eu

hansjoerg.pfeifer@evitgmbh.de
Telefon 089/3000600

Hochschule Zittau/Görlitz
Biomass to Power and Heat
Vortrag am 31.05.2017 in Zittau

EVIT GmbH Ingenieurbüro
Unternehmensberatung, München

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen: Was müssen Planer und Betreiber berücksichtigen?

(Dr. Christoph Richter; MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, Leipzig)

**Aktuelle Änderungen der rechtlichen
Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen**



**Aktuelle Änderungen der rechtlichen
Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen:
Was müssen Planer und Betreiber berücksichtigen?**

MASLATON

Rechtsanwaltsgesellschaft mbH

Leipzig · München · Köln
Holbeinstraße 24, 04229 Leipzig

Dr. Christoph Richter
Rechtsanwalt

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 1
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



Dr. Christoph Richter



Herr Dr. Richter betreut unsere Mandanten schwerpunktmäßig im Energierecht sowie im Zivilrecht. Im Mittelpunkt seiner anwaltlichen Tätigkeit stehen dabei vor allem Fragen des Rechts der Erneuerbaren Energien, der Kraft-Wärme-Kopplung sowie des Energiewirtschaftsrechts, wobei ein besonderes Augenmerk auf den förderrechtlichen Vorgaben des EEG und des KWKG, auf der Umsetzung technischer Vorgaben und Konzepte sowie auf der Vertragsgestaltung liegt.

Zudem bilden die Direktvermarktung, dezentrale Strom- und Wärme-konzepte sowie Fragen der Rekommunalisierung einen Beratungsschwerpunkt.

MASLATON Rechtsanwalts-gesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 2
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



Kanzlei:

Maslaton Rechtsanwalts-gesellschaft mbH

- 2002 gegründet, aktuell mit 13 Berufsträgern und 21 Mitarbeitern
- Hauptsitz in Leipzig mit weiteren Standorten in Köln und München
- Beratungsschwerpunkte sind das Verwaltungsrecht, Energierecht und Zivilrecht mit Fokus auf dezentralen Erneuerbare-Energien- und KWK-Projekten
- Wissenschaftliche Expertise durch Beiträge/ universitäre Vorlesungen
- Standort Leipzig in der Eigenversorgung durch KWK- und PV-Anlage
- Verbandsengagement bei vielen Branchenverbänden (z.B. B.KWK)



MASLATON Rechtsanwalts-gesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 3
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



Gliederung:

Die Themen:

- I. Einleitung
- II. Gesetze und Rahmenbedingungen
- III. Fazit

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 4
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



- I. Einleitung
- II. Gesetze/Rahmen-
bedingungen
- III. Fazit

I. Einleitung

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 5
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



1. Aspekte der Energiewende

I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

Digitalisierung

Sektorenkopplung

Versorgungssicherheit

Umweltverträglichkeit



Energiewende

Flexibilisierung von Erzeugung und Verbrauch

Dekarbonisierung

Wirtschaftlichkeit & Finanzierbarkeit

Dezentralität

Energiewende soll wettbewerblich und „smart “ sein!

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 6
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



2. Überblick: Rechtlicher Rahmen für KWK-Anlagen

I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

Genehmigungsrecht

- BImSchG
- Bauordnungsrecht
- TA Lärm
- ...

Vertragsrecht

- BGB
- AVBFernwärme
- ...



KWK-Anlage

Steuerrecht

- StromStG
- EnergieStG
- ...

Energierrecht

- KWKG
- EEG
- EnWG
- ...

Mess- und Eichrecht

- MsbG
- MessEG/MessEV
- ...

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 7
HSZG Biomasse-Tagung

Biomass to Power and Heat 2017

- 64 -

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmen-
bedingungen

III. Fazit

II. Gesetze und Rahmenbedingungen

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 8
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmen-
bedingungen

III. Fazit

1. Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

- zum 01.04.2000 in Kraft getreten und seit dem mehrfach geändert und novelliert; zuletzt zum 01.01.2017 (sog. EEG 2017)
- Zielsetzung des EEG ist es die **Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien** zu fördern
- **Fördermechanismus** basiert im wesentlichen auf
 - **Vorrangprinzip** zugunsten von EEG-Anlagen bzgl. Netzanschluss der Anlage sowie Abnahme, Übertragung und Verteilung des Stroms
 - **Finanzieller Förderung** der Stromerzeugung aus EE
 - (Re-)Finanzierung über EEG-Umlage

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 9
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

1. Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

a) Umstellung des finanziellen Fördermechanismus

Bisher:

- Preisbasierter Fördermechanismus
- EEG-Fördersätze administrativ festgelegt
- Anspruchsberechtigt, war jeder Anlagenbetreiber der EEG-Vergütungsvoraussetzungen erfüllte

EEG 2017:

- Beibehaltung des Vorrangprinzips
- Neu: mengenbasierten Fördermechanismus
- wettbewerbliche Ermittlung des Förderberechtigten und der Förderhöhe durch **Ausschreibungen**
- Förderung des Stroms grds. nur noch bei erfolgreicher Teilnahme an einer Ausschreibung

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 10
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

1. Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

EXKURS: Funktionsweise von EEG-Ausschreibungen

- **technologiespezifische Ausschreibung** eines mengenmäßig begrenzten Fördervolumens durch BNetzA und damit Erzeugung einer **Knappheitssituation**
 - Bieter geben Gebot auf **anzulegenden Wert** (*Förderhöhe*) ab
 - Zuschlagserteilung durch BNetzA nach Gebotswert in aufsteigender Reihenfolge bis Ausschreibungsvolumen erreicht ist
 - bei funktionierendem Wettbewerb (hinreichender Knappheit) gibt es zwangsläufig Gebote, die keinen Zuschlag erhalten
 - **Zuschlag als wesentlichste Voraussetzung** für finanzielle Förderung nach dem EEG 2017
- ⇒ neben Realisierungsrisiko tritt nunmehr **Zuschlags- und Preisrisiko**

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 11
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



1. Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

I. Einleitung *Bsp.: Ausschreibungsvolumen von 150 MW*

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

Gebot 1 bis 50:
Gebotsmenge insg. 149 MW
Gebotswerte von 10 bis 13,4 ct/kWh

Gebot 51:
2 MW
13,5 ct/kWh

Gebot 52:
0,5 MW
13,6 ct/kWh

Zuschlag
Zuschlagsvolumen 151 MW
Zuschlagswert = grds. jeweiliger Gebotswert

Kein Zuschlag,
da Ausschreibungsvolumen mit Gebot 1 bis 51 bereits erreicht

Direktvermarktung mit Marktprämie

- Erlöse vom Direktvermarkter und Anspruch auf Marktprämie vom Netzbetreiber
- Marktprämie = in Ausschreibung ermittelter anzulegender Wert – Monatsmarktwert

Sonstige Direktvermarktung

- nur Erlöse vom Direktvermarkter
- kein Anspruch auf Marktprämie

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 12
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



2. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)

I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

- regelt die Förderung der gemeinsamen, besonders effizienten Erzeugung von Strom und Wärme (sog. Kraft-Wärme-Kopplung)
- Ziel des KWKG:
Erhöhung der Nettostromerzeugung aus KWK-Anlagen auf **110 TWh bis 2020** und 120 TWh bis 2025
- KWKG zum 01.04.2002 in Kraft getreten, seit dem dreimal novelliert (zuletzt zum 01.01.2016)
- **Fördermechanismus basiert auf**
 - Vorrangprinzip bzgl. Netzanschluss und Stromabnahme
 - Finanzieller Förderung der in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Strommengen (sog. KWK-Strom)
- NEU: Umstellung des finanziellen Fördermechanismus

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 13
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



2. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)

I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

Finanzieller Fördermechanismus

Bisher:

- administrativ festgelegte Zuschläge für ins Netz eingespeisten und eigenverbrauchten KWK-Strom

KWKG 2016:

- Fokus der finanziellen Förderung auf KWK-Anlagen in der öffentlichen Versorgung
- Zuschlag für eigenverbrauchten KWK-Strom als Ausnahme

Künftig:

- Bestimmung des Förderberechtigten und der Förderhöhe grds. durch **Ausschreibungen** (vgl. EEG 2017)
- Eigenverbrauch von KWK-Strom grds. nicht mehr förderfähig und nur noch in Ausnahmen überhaupt zulässig

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



2. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)

I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

- **Ausschreibungspflicht** betrifft im Leistungssegment von über **1 MW bis 50 MW**

- **neue KWK-Anlagen**
 - **modernisierte KWK-Anlagen** (Modernisierungsgrad mind. 50 %)
 - **NEU: innovative KWK-Systeme**
 - Ausgenommen von der Ausschreibungspflicht sind:
 - KWK Anlagen ≤ 1 MW und > 50 MW
 - nachgerüstete KWK-Anlagen unabhängig von der installierten Leistung
 - sog. Übergangsanlagen
- ⇒ **Keine finanzielle Förderung** mehr für modernisierte KWK-Anlagen im Leistungsbereich > 1 MW und ≤ 50 MW, wenn Modernisierungsgrad unter 50 %

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



2. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)

I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmen-
bedingungen

III. Fazit

- Ausschreibung eines mengenmäßig begrenzten Fördervolumens durch BNetzA und damit Erzeugung einer **Knappheitssituation**
 - Bieter geben Gebot auf den **KWK-Zuschlag** ab
 - Zuschlagserteilung durch BNetzA nach Gebotswert in aufsteigender Reihenfolge bis Ausschreibungsvolumen erreicht ist
 - bei funktionierendem Wettbewerb (hinreichender Knappheit) gibt es zwangsläufig Gebote, die keinen Zuschlag erhalten
 - Erhalt eines **Zuschlags als wesentlichste Voraussetzung** für finanziellen Förderanspruch nach KWKG
 - + Einhaltung der weiteren KWKG-Vergütungsvoraussetzungen
- ⇒ **Nicht mehr jeder, der Anlage errichtet/errichten will, hat Anspruch auf finanzielle Förderung nach KWKG!**

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 16
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



2. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)

I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmen-
bedingungen

III. Fazit

- **Ausschreibungstermine:** 01. Juni, 01. Dezember des Jahres
 - **Ausschreibungsvolumen:** 100 MW/Jahr (2017)
150 MW/Jahr (2018)
 - **Zulässige Gebotsmenge:** mind. 1 MW und max. 50 MW
 - **Höchstwert:** 7,0 Ct/kWh
 - **Sicherheit:** 100 €/kW
 - **Realisierungsfrist:** 54 Monate
 - **Pönale:** bei verspäteter oder Nichtrealisierung und best. Pflichtverstößen
- ⇒ Achtung: Für innovative KWK-Systeme gelten abweichende Ausschreibungsparameter!

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 17
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

3. Ausweitung der EEG-Umlagepflicht

b) Ausweitung der EEG-Umlagepflicht

- ÜNB können die EEG-Umlage von EVU zur Kostendeckung, der aus der EEG-Förderung entstehen Kosten, verlangen
- **Höhe** der EEG-Umlage = Differenz zwischen ...
 - Einnahmen aus dem Verkauf des EEG-Stroms an der Strombörse EPEX und
 - Ausgaben für die EEG-Förderung auf Grundlage der neuen Erneuerbaren-Energien-Verordnung (bisher: AusglMechV)
- sinkende Börsenstrompreise führen zu höheren Differenzkosten und damit zur Erhöhung der EEG-Umlage
- EEG-Umlage für 2017 beträgt **6,88 ct/kWh**

Bei Stromlieferung an Dritte fällt seit jeher volle EEG-Umlage an!
Ausnahmen bestanden bisher für Eigenversorgung.

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

3. Ausweitung der EEG-Umlagepflicht

b) Ausweitung der EEG-Umlagepflicht: „Eigenstrompönale“

→ Belastung der Stromeigenversorgung mit EEG-Umlage

- EEG 2012: **sog. Eigenstromprivileg**
 - Eigenversorgung vollständig von EEG-Umlage befreit
- EEG 2014: Erhebung **der EEG-Umlage auf neue Eigenversorgungskonzepte**
 - nur anteilige EEG-Umlage bei Eigenversorgung aus EE- und KWK-Anlagen (seit 2016 i.H.v. 40%)
 - Bestandsanlagen zur Eigenversorgung weiterhin vollständig von EEG-Umlage befreit
- EEG 2017: **EEG-Umlage auf Bestandsanlagen**
 - künftig Erhebung der EEG-Umlage auch auf Eigenversorgung aus Bestandsanlagen bei Modernisierung!

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

3. Ausweitung der EEG-Umlagepflicht

Grundsatz:

- (ältere) Bestandsanlagen sind vollständig von EEG-Umlage befreit

Ausnahme:

- bei **Erneuerung/Ersetzung** der (älteren) Bestandsanlage nach dem **31.12.2017** ohne Leistungserhöhung fällt **künftig EEG-Umlage i.H.v. 20 %** an
- Modernisierung mit Leistungserhöhung führt dazu, dass EEG-Umlage wie bei Neuanlagen zu errichten ist
→ für EEG-/KWK-Anlagen i.H.v. 40 %, alle übrigen Anlagen i.H.v. 100%

Rückausnahme:

- keine EEG-Umlage trotz Erneuerung/Ersetzung, solange Anlage
 - nicht handelsrechtlich abgeschrieben ist *oder*
 - Förderanspruch nach EEG besteht

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 20
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

4. Neuregelung der Stromsteuerbefreiung

- Stromsteuer als **Verbrauchssteuer** auf Stromentnahme
- **Stromsteuerbefreiung für**
 - aus sog. „**Grünen Netz**“ entnommenen EE-Strom
 - Strom aus kleinen **Anlagen ≤ 2 MWel** der in räumlichem Zusammenhang zur Anlage selbst verbraucht oder an Letztverbraucher geliefert wird

Bisher:

- Förderung nach EEG / KWKG mit Steuerbefreiung kumulierbar
- davon profitierten insb. **dezentrale Versorgungskonzepte**

Neu:

- **keine** Stromsteuerbefreiung mehr bei finanzieller Förderung nach EEG (rückwirkend) seit 01.01.2016
- gilt künftig auch bei Förderung nach KWKG i.R.d. Ausschreibung

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 21
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

III. Fazit

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 22
HSZG Biomasse-Tagung

Aktuelle Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen



I. Einleitung

II. Gesetze/Rahmenbedingungen

III. Fazit

- Energiewende erfordert Anpassungen des regulatorischen Rahmens
- „Halbwertszeit“ energierechtlicher Regelungen nimmt dadurch stetig ab, aber deren Komplexität nimmt zu
- Änderungen des regulatorischen Rahmens gehen mit Unsicherheiten bei den Marktakteuren einher
- Marktakteure müssen in der Lage sein sich schnell an ändernde Rahmenbedingungen anzupassen

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 23
HSZG Biomasse-Tagung

**Aktuelle Änderungen der rechtlichen
Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen**



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

M A S L A T O N

Rechtsanwaltsgesellschaft mbH

Leipzig · München · Köln
Holbeinstraße 24, 04229 Leipzig

Dr. Christoph Richter
Rechtsanwalt

MASLATON Rechtsanwaltsgesellschaft mbH · www.maslaton.de · Zittau, 31.05.2017 · 24
HSZG Biomasse-Tagung

Konzepte autonomer elektrischer Energieversorgung – Intelligente Erzeuger- und Verbraucherstrukturen

(Jonathan Hänsch, Prof. Uwe Schmidt; Hochschule Zittau/Görlitz)

Jonathan Hänsch, Hochschule Zittau/Görlitz, jonathan.haensch@hszg.de

Prof. Uwe Schmidt, Hochschule Zittau/Görlitz, uwe.schmidt@hszg.de

1. Auswirkungen der Energiewende

Die Energiewende in Deutschland vollzieht sich mehrheitlich im Bereich der Elektroenergie, deren Bereitstellung mit CO₂-neutralen Quellen erfolgen soll. In Abbildung 1 ist die prozentuale Zusammensetzung der Erneuerbaren Energien (EE) für die Elektroenergie-bereitstellung abgebildet. Dabei werden über 60 % der Energien aus Quellen mit sehr volatilen Einspeisecharakteristiken bereitgestellt. Wind und Sonne stehen nicht kontinuierlich zur Verfügung. Das Potenzial der Wasserkraft, welche sich gut regeln lässt ist in Deutschland zum Großteil ausgeschöpft. Aus diesen Gründen ist Biomasse momentan ein wichtiger Baustein in der Energiewende, da sie in der Lage ist elektrische Energie unabhängig von der Witterungssituation bereitzustellen, und auch noch Wachstumspotenzial besitzt.

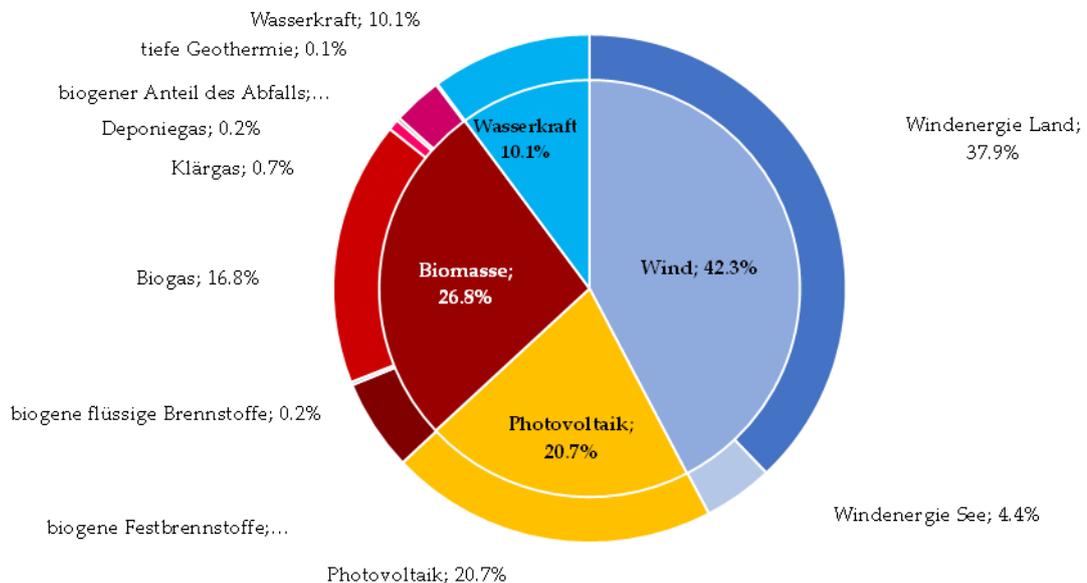


Abbildung 1: Strombereitstellung durch Erneuerbare Energien (Jahr 2015); Eigene Darstellung nach Quelle: Erneuerbare Energien in Zahlen, Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2015

Momentan wird die elektrische Energie überwiegend von konventionellen Großkraftwerken bereitgestellt, die mit Ausnahme der Kernkraft große Mengen an Treibhausgasen freisetzen. Diese müssen jedoch auch auf der Grundlage internationaler (Kyoto, Paris) Abkommen teilweise ersetzt werden. Dies wird zu einem Umbau der Erzeuger- und Netzstruktur führen.

In Abbildung 2 ist die klassische Netzstruktur dargestellt. An der Spitze befinden sich die konventionellen Kraftwerke, welche neben der Energie auch den Großteil der Sys-

temdienstleistungen bereitstellen. Das umfasst die Regelung der Wirk- und Blindleistung, die Frequenzhaltung und die Spannungshaltung sowie die Schwarzstartfähigkeit. Diese Systemdienstleistungen sind für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb des Netzes notwendig und müssen von Kraftwerken oder Verbrauchern erbracht werden.

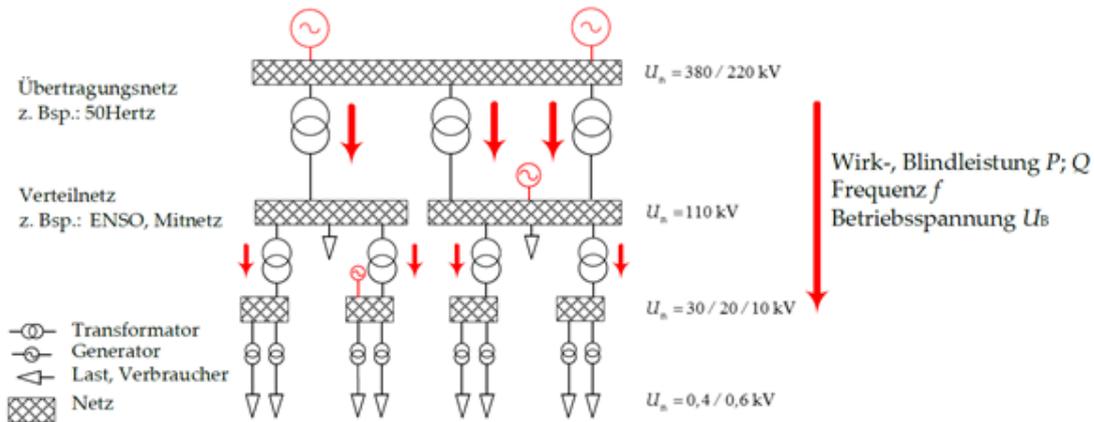


Abbildung 2: Klassische Netzstruktur mit konventionellen Kraftwerken, welche das Netz mit Energie und Systemdienstleistungen versorgen

In Abbildung 3 ist die zukünftige Netzstruktur unter Berücksichtigung einer Reduzierung der konventionellen Kraftwerke und Zubaus der EE dargestellt. Die Systemdienstleistungen des Netzes können nicht mehr nur von den konventionellen Kraftwerken erbracht werden, da diese nicht mehr in ausreichender Stückzahl vorhanden sind. Deswegen müssen die Systemdienstleistungen langfristig von den EE übernommen werden. Außerdem findet auch eine Verschiebung der Einspeisung statt. Der Großteil der Erzeugerleistung wird in den Spannungsebenen zwischen 110 kV und 0,4 kV angeschlossen werden. Das 220-/380-kV-Netz wird zu einem überwiegenden Transportnetz, das von untergelagerten Netzen und stützenden Großkraftwerken gespeist wird. An den Verknüpfungspunkten der Transportnetze zu den Verteilnetzen wird sich ein bidirektionaler Leistungsfluss einstellen. Je nach Einspeisesituation werden Leistungsüberschüsse und Systemdienstleistungen aus den Verteilnetzen (0,4 kV – 110 kV) an die übergelagerten Netze abgegeben oder bezogen.

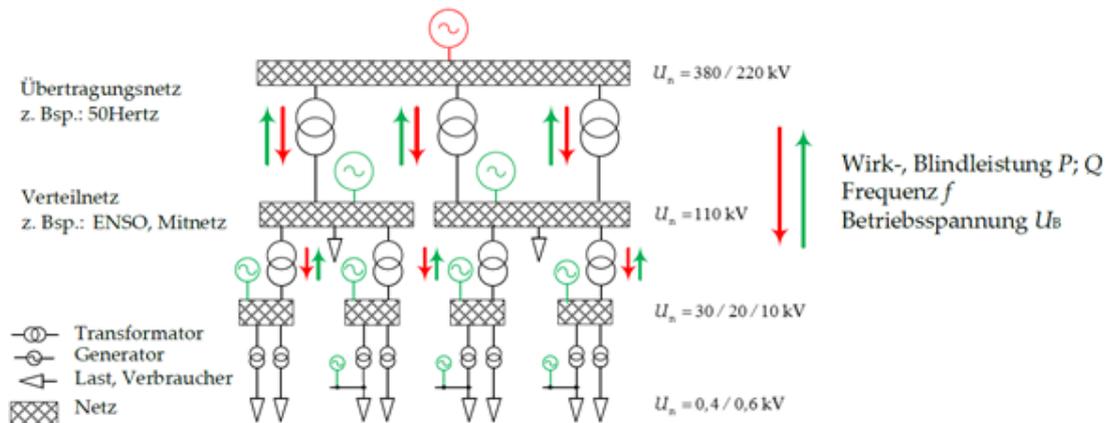


Abbildung 3: Netzstruktur mit bidirektionaler Leistungsflussrichtung

2. Betrieb des Energieversorgungsnetzes

2.1. Autarke und autonome Netze

In Abbildung 4 ist der Unterschied zwischen autarken und autonomen Netzen dargestellt. Bei autarken Netzen ist eine physikalische Trennung zwischen den autarken und dem übergeordneten Netz wirksam. Es findet kein Austausch von Energie oder Systemdienstleistungen statt. Die Konsequenz ist die vollständige Entkopplung der Netze. Dies ist in der Regel mit großem technischem Aufwand verbunden, da die benötigte Wirk- und Blindleistung zu jedem Zeitpunkt bereitgestellt werden muss. Nur so kann eine Frequenz- und Spannungshaltung sichergestellt werden. Es müssen Reserven vorgehalten werden, wenn Erzeugungseinrichtungen ausfallen.

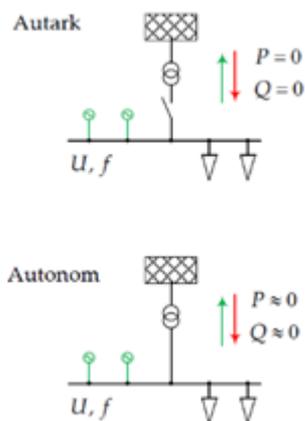


Abbildung 4: Autarke und Autonome elektrische Netze

In autonomen Netzstrukturen ist die physikalische Verbindung bzw. Kopplung zum übergeordneten Netz vorhanden, es kann Energie und Systemdienstleistungen ausgetauscht oder zur Verfügung gestellt werden. Das Ziel ist jedoch, dass das betrachtete Netz den Großteil seiner Energie selbst bereitstellt, aber auch Wirk- oder Blindleistung beziehen und zur Verfügung stellen kann. Das überlagerte Netz kann frequenz- und spannungsregelnd wirken; Wirkleistung zur Verfügung stellen und Leistungsüberschüsse aufnehmen.

Der Begriff Autarkiegrad wird sehr oft für autonome Netze verwendet, suggeriert aber auch eine Unabhängigkeit. Autonome Netzstrukturen bieten allerdings zahlreiche Vorteile, die durch den Austausch von Energie und Systemdienstleistungen die Versorgungssicherheit erhöhen können.

2.2. Herausforderungen des autonomen Betriebes

In Abbildung 1 wurde bereits darauf aufgezeigt, dass die Anteile der Wind- und Photovoltaik-Einspeisung eine sehr volatile Einspeisecharakteristik besitzen, die stark von der Tages- und Jahreszeit und vom Wetter abhängt. In Abbildung 5 sind die verfügbaren Leistungen über den Zeitraum einer Woche dargestellt. Es ist gut zu erkennen, dass starke Schwankungen mit großen Gradienten in der Wirkleistung wirksam werden.

In Abbildung 6 ist das Lastprofil eines 20-kV-Netzes über den Zeitraum einer Woche dargestellt. Zum sicheren Betrieb des Netzes müssen der Verbrauch und die Erzeugung von Wirk- und Blindleistung zu jedem Zeitpunkt übereinstimmen. Die fehlenden Kapazitäten, die nicht von Wind oder Sonne erbracht werden, müssen durch konventi-

onelle Kraftwerke, Biomasse oder Speicheranlagen ausgeglichen werden. Bei der Speichertechnologie sind bereits erste Versuchsanlagen installiert, diese können aber nur kurzzeitige Lücken (Bereich von Minuten oder Stunden) ausgleichen bzw. werden vorwiegend für die Bereitstellung von Regelleistung eingesetzt. Langfristige Engpässe in den Bereich von Tagen oder Wochen müssen durch konventionelle Kraftwerke oder Biomasse ausgeglichen werden.

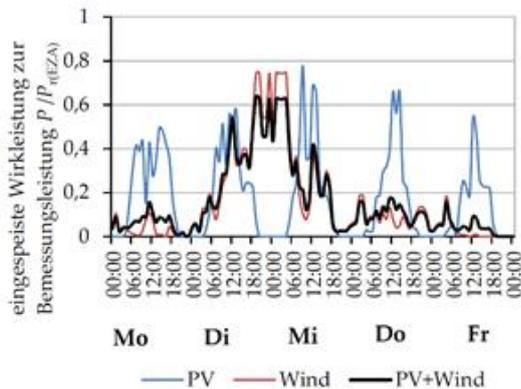


Abbildung 5: Exemplarisches Erzeugungsprofil von Wind und Photovoltaik

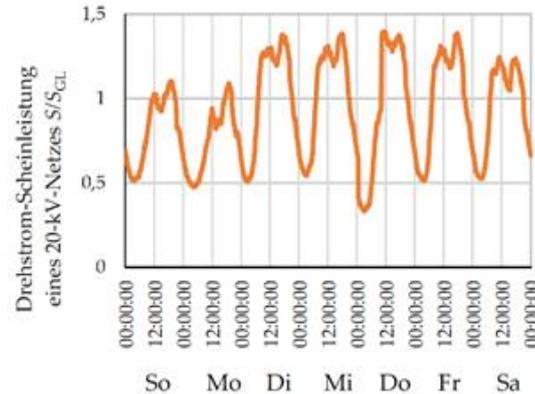


Abbildung 6: Lastprofil eines 20-kV Netzes

3. Konzepte des autonomen Betriebes

Im folgenden Kapitel (Abbildung 7) soll ein Beispielkonzept für ein autonomes Netz dargestellt und diskutiert werden. Im Netz sind regenerative Erzeuger angebunden. Die Energiebereitstellung erfolgt dabei über Wind, Sonne und einer grundlastfähigen Erzeugeranlage. Grundlastfähige und regelbare Erzeugeranlagen können Wasserkraft, Biomasse oder Blockheizkraftwerke (BHKW) sein. Last- oder Produktionsspitzen werden über eine Batterieanlage abgefangen.

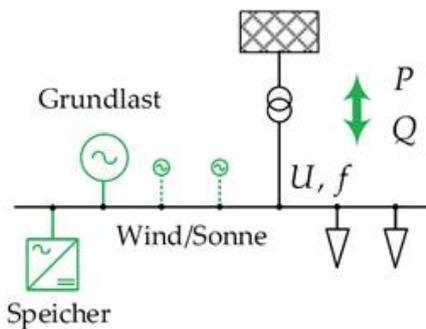


Abbildung 7: Konzept eines autonomen Netzes

Das Netz ist an das überlagerte Verteilnetz angeschlossen, daher können Reserverleistungen bezogen oder anteilig bereitgestellt werden. Die Frequenzregelung wird durch das überlagerte Verteilnetz realisiert. Gleichzeitig können aber auch Systemdienstleistungen anteilig an das überlagerte Netz angeboten werden.

In Abbildung 8 sind die Vorteile einer Batterie dargestellt. Verbrauchsspitzen, wie die Mittags- und Abendspitze können anteilig über die Batterie abgefangen werden. Gleichzeitig wird in der Nacht die Grundlast erhöht indem die Batterie wieder aufgeladen wird. Dies führt dazu, dass die benötigten Erzeugungseinrichtungen kleiner dimen-

sioniert werden können und gleichzeitig besser ausgelastet werden. Damit verbunden sind auch meist bessere Wirkungsgrade.

Die volatilen Quellen im Netz (Sonne und Wind) unterstützen die grundlastfähige Erzeugungsanlage und reduzieren im Falle einer Biomasseanlage den Brennstoffbedarf.

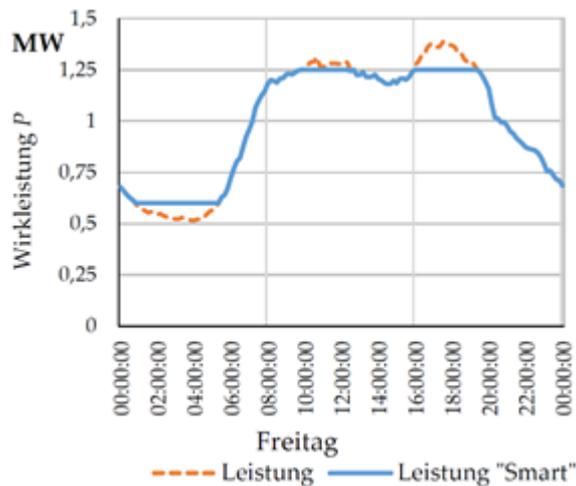


Abbildung 8: Leistung des Beispielnetzes mit und ohne Speicher

Der Umrichter der Batterieanlage kann zur Blindleistungs- bzw. Spannungsregelung des Netzes beitragen. Auch können Biomassekraftwerke Regelleistung bereitstellen, wenn sie entsprechend ausgerüstet sind.

Der Nachteil dieses Netzkonzeptes besteht darin, dass eine Batterieanlage notwendig ist, welche technisch und vor allen wirtschaftlich sehr aufwendig ist. Vor allen bei größeren Netzen sind für die Batterieanlage hohe Investitionsmittel notwendig.

4. Fazit

- Es ist sinnvoll Autonome Netze zu entwickeln und zu betreiben, allerdings ist eine Übernahme von Systemverantwortung anzustreben.
- Technische Lösungen existieren, kosten aber Geld. Anreize müssen insbesondere durch die Politik geschaffen werden.
- Normative Rahmenbedingungen sind zu schärfen. Hersteller regenerativer Erzeugungsanlagen, Betreiber dezentraler Einspeiser und Netzbetreiber müssen Anlagen für Systemdienstleistungen fit machen.
- Zum Teil sind die Lösungen technisches Neuland, was nicht davon abhalten sollte, diesen Weg zu begehen.

Holzgas-BHKW aus Strommarkt- und Stromnetzsicht

(Andreas Schumann; Dreischtrom GmbH, Hoyerswerda)



**Biomass to Power an Heat
Holzgas-BHKW aus Strommarkt- und
Stromnetzsicht**

- netzdienliche Fahrweise als Quelle zusätzlicher Erträge



31.05.2017 Andreas Schumann Dreischtrom GmbH 1

Gliederung



1. Vorstellung Unternehmen
2. Quellen für Erträge aus dem Betrieb eines BHKW
3. Standortvoraussetzungen
4. Netzdienliche Fahrweisen eines BHKW und deren Ertragsmöglichkeiten
5. Schlussfolgerungen für den Einsatz eines mit Holzgas betriebenen BHKW

31.05.2017

Dreischtrom GmbH

2

1. Vorstellung Dreischtrom



Dreischtrom GmbH – DS Erdgaskontor GmbH

gegründet 2010 – Sitz in Hoyerswerda – unabhängig - deutschlandweit

Energieversorgungsunternehmen mit den Schwerpunkten:

- Stromversorgung von Endkunden, hauptsächlich Gewerbe und Industrie
- Beratung von Endkunden zu Reduzierung Konzessionsabgabe und Teilnahme an einem virtuellen Kraftwerk
- Entwicklung von Eigenversorgungskonzepten (Quartierlösungen, Kundenanlagen, geschlossen Netze ...)
- Unterstützung bei der Rückerstattung von Strom- und Energiesteuer
- Wettbewerblicher Messstellenbetrieb

31.05.2017

Dreischtrom GmbH

3

2. Quellen für Erträge aus dem Betrieb eines BHKW



Das BHKW als Erzeugungseinheit von Strom und Wärme erzielt Erträge zu Refinanzierung der Investition, der laufenden Betriebskosten und zur Sicherstellung des unternehmerischen Gewinns aus der Komponente:

Eigenerzeugter Strom:

- je nach Einsatzverfahren eine gesetzlich geregelte Vergütung pro kWh erzeugten Stroms nach dem EEG oder dem KWKG
- zusätzliche Entgelte für Vermarktungsformen innerhalb des EEG (Direktvermarktung, Marktprämie, Flexibilität)
- Wegfall von Kosten für den selbstgenutzten, nicht aus dem Netz zur öffentlichen Versorgung entnommenen Strom (Stromsteuer, KA, Netznutzung, Energiesteuer, ggf. reduzierte EEG-Umlage, Netzkosten etc.) also bis zu 60 % der sonst fälligen Preisbestandteile in einer kWh Strom
- Reduzierung der Netzkosten durch Kappung der Leistungsspitze. Endkundenabhängig sind bei 100 kW elektrische Leistung des BHKW 10.000,00 € p.a. möglich.
- Zusatzerträge aus netzdienlichen Fahrweisen
- Verkauf an Dritte über direkte Anbindung oder in räumlicher Nähe

31.05.2017

Dreischtrom GmbH

4

2. Quellen für Erträge aus dem Betrieb eines BHKW



Aus der Komponente Wärme:

- Eigenverwendung:
Sparen von Kosten für die notwendige Erzeugung von Wärme und/oder Kälte über andere Erzeuger bzw. Energieträger
- Verkauf an Dritte:
Besonderer Aspekt – Wärme- Kältenetze nach Richtlinien der BAFA

Dem Prinzip nach stehen diese Quellen grundsätzlich auch beim Einsatz eines Holzgas-BHKW zur Verfügung

31.05.2017

Dreischtrom GmbH

5

3. Standortvoraussetzungen



Es gibt eine Reihe von Kriterien, die für den brauchbaren Einsatz eines BHKW beachtet werden müssen, es soll aber an dieser Stelle vordergründig auf Besonderheiten beim Holzgaseinsatz eingegangen werden.

Das Schlüsselthema aus der Kraft-Wärmekopplung ist meist die kontinuierliche und gesetzeskonforme Verwendung der erzeugten Wärme bzw. deren Umwandlung in Kälte. Daraus resultieren die meisten Laufzeiteinschränkungen und k.o.-Kriterien bei der Standortwahl. Der erzeugte Strom spielt wegen des jahreszeitlich unabhängigen Grundbedarfs und der Möglichkeit zur Einspeisung in das Netz der öffentlichen Versorgung in der Regel die untergeordnete Rolle.

Aufgrund der besonderen Charakteristik bei der Holzgaserzeugung sollte der Standort einen kontinuierlichen Dauerbetrieb um den vom Hersteller vorgegebenen, optimalen Arbeitspunkt des BHKW zulassen. Das Ziel sind mehr als 8.000 Vollbenutzungsstunden p.a.. Daraus entstehen zusätzliche Anforderungen an die Wärmesenke.

Ein zweites Hauptkriterium für die Standortwahl und für einen wirtschaftlich-tragfähigen Betrieb einer KWK-Anlage sind die Kostenstruktur und die Logistik bei der Bereitstellung Kraftstoffes zum Betrieb des BHKW eine ausschlaggebende Rolle. Eine Holzgasanlage benötigt wesentlich mehr Platz für den Aufbau und die Lagerung des Einsatzstoffes. Nicht unterschätzt werden sollte der notwendige Kraftverkehr zur Belieferung.

31.05.2017

Dreischtrom GmbH

6

4. Netzdienliche Fahrweisen eines BHKW und deren Ertragsmöglichkeiten

Am Anfang steht grundsätzlich die Entscheidung, wählt man den Betrieb nach den Grundsätzen des EEG oder nach KWKG.

Beim Einsatz eines EEG-konformen Betriebsstoffes sind die Möglichkeiten der Vermarktung des Stroms vorgegeben.

Hinweis: **Modell Einspeisevergütung lässt eine Teilnahme am Regelenergiemarkt nicht zu !**

4.1. Der Regelenergiemarkt

Um die Normalfrequenz von 50 Hertz im bundesdeutschen Stromnetz jederzeit halten zu können, benötigen die vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber Mechanismen, die **plötzliche, nicht vorhersehbare Schwankungen** in Sekundenschnelle, bis in den Bereich weniger Minuten, ausgleichen können.

Dafür werden Reserveregelleistungen in Bereitschaft gehalten und dann im geforderten Zeitlimit abgerufen, wenn die **Normalfrequenz** von 50 Hertz in einem der vier bundesdeutschen Übertragungsnetze aufgrund von Lastschwankungen nicht gehalten werden kann.

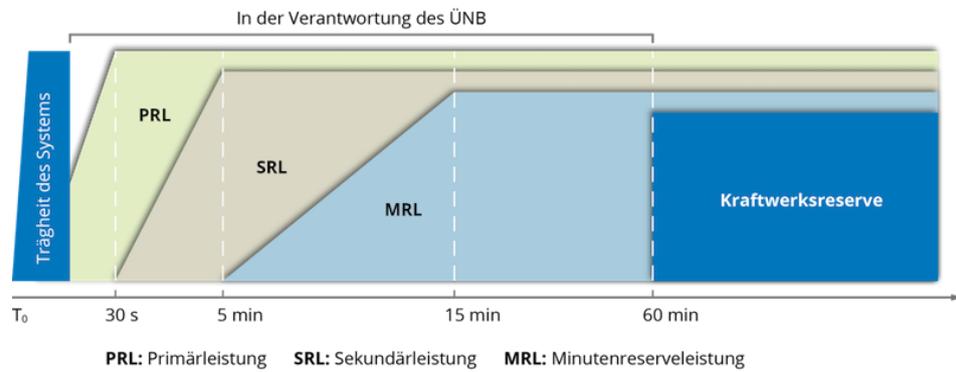
Dieser Komplex von Maßnahmen dient der Versorgungssicherheit in Deutschland und wird dem entsprechend finanziell honoriert.

31.05.2017

Dreischtrom GmbH

7

Übersicht zu den Regelleinstellungen und deren Abrufzeiten



31.05.2017

Dreischtrom GmbH

8

Arten von Regelleinstellungen

A. Positive Regelleistung

Wenn der Stromverbrauch höher ist als die aktuelle Stromerzeugung, wird positive Regelleistung benötigt.

Diese Unterspeisung im Netz wird zum Beispiel ausgeglichen durch:

- Hochregeln von Stromerzeugern (BHKW; Turbinen)
- Zuschaltung von Stromerzeugern (Batteriespeicher, BHKW/ Turbinen aus dem Standby –
- Zielgerichtete Abschaltung von Verbrauchern (Große Kühlanlagen, Klimaanlage etc.)

31.05.2017

Dreischtrom GmbH

9

B. Negative Regelleistung

Ist der Stromverbrauch niedriger als die Summe der Einspeisungen in das Netz, wird negative Regelleistung benötigt.

Bei dieser Reserve wird die Stromerzeugung verringert oder die Abnahme aus dem Netz erhöht.

Zum Beispiel:

- Abregeln von einspeisenden Stromerzeugern (BHKW; Turbinen)
- Zuschalten von Verbrauchern (Beladen von Batteriespeichern, PtH usw.)

Sekundäre Regelleistung (SRL)

Details:

- Alle teilnehmenden Anbieter sind in der Sekundärreserve über eine Kommunikationsverbindung mit der **Leitwarte** des jeweiligen Übertragungsnetzbetreibers verbunden und tauschen Daten in Echtzeit aus
- Jeder ÜNB betreibt einen eigenen Leistungsfrequenzregler, der einen Sekundärreserveabruf vollautomatisiert auf die bezuschlagten Anbieter verteilt - Bildung eines Pools von Anbietern (*virtuelles Kraftwerk*) ist möglich
- Für die Teilnahme an der Sekundärreserve ist es notwendig, dass die gesamte Angebotsleistung eines Teilnehmers innerhalb von **fünf Minuten** vollständig aktiviert werden kann
- Wöchentliche Auktion (Mittwoch für die kommende Woche)
- Die Auktionsteilnehmer müssen hierbei nicht nur die Höhe des Gebotes abgeben, sondern auch definieren, ob es sich um **negative** oder **positive** Regelleistung handelt (da diese separat voneinander ausgeschrieben werden und auch separat erbracht werden)
- Zusätzlich ist der Ausschreibungszeitraum in zwei Zeitscheiben (Hochtarif und Niedertarif) aufgeteilt. Die Zeitscheibe Hochtarif (**HT**) verläuft über die Zeit von Montag bis Freitag zwischen 8.00-20.00 Uhr. Die übrige Zeit der Woche, einschließlich aller deutschlandweiten gesetzlichen Feiertage, fällt in den Niedertarif (**NT**).

Preise der Sekundärregelleistung

Da sich die Vergütung der Sekundärreserve in Leistungspreis und Arbeitspreis aufteilt, müssen für ein Gebot beide Preise bei Auktionsabgabe angegeben werden. Der **Leistungspreis** gibt hierbei einen Festpreis an, den der jeweilige Teilnehmer für die Bereitstellung von Sekundärreserve benötigt. Der **Arbeitspreis** umschreibt die Vergütung für die später während des Angebotszeitraums tatsächlich erbrachte Arbeit.

Leistungspreis

Anlagenbetreiber erhalten für die Bereitschaft, im Notfall ihre Anlagen hoch- oder runterzufahren, einen Leistungspreis. Der Leistungspreis ist also eine **Bereitschaftsvergütung** für die Vorhaltung von Leistung. Er wird in einem **Pay-as-Bid-Verfahren** bestimmt. Das bedeutet, dass jeder Anbieter die Höhe seines eigenen Leistungspreises entsprechend seinen Kosten der Bereitstellung selbst bestimmen kann.

Nach Ablauf der Ausschreibung (jeden Mittwoch der Vorwoche bis 15:00 Uhr), sortieren die ÜNB alle Gebote anhand der gebotenen Leistungspreise in einer **Merit-Order-Liste (MOL)** vom niedrigsten zum höchsten Gebot an. Beginnend mit dem niedrigsten Preis bezuschlagen sie so viele Anlagen für den **Bereitstellungspool** von Minutenreserve bis ihre vorher ausgeschrieben Bedarfe gedeckt sind.

31.05.2017

Dreischtrom GmbH

12

4.1 Der Regelenergiemarkt

Fazit :

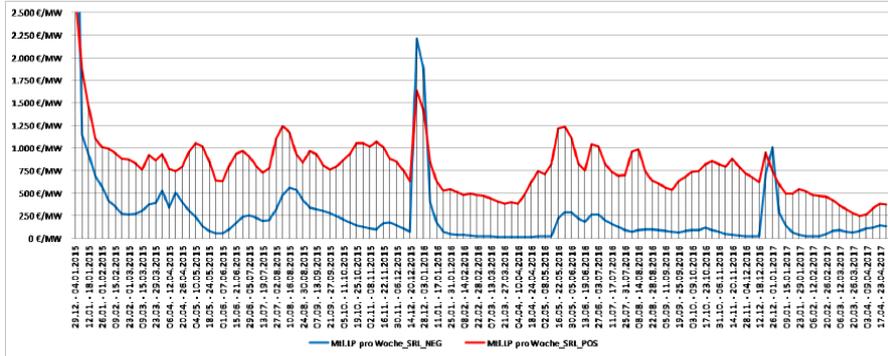
1. Allein durch die Bereitstellung, **auch ohne passierten Abruf der bezuschlagten Abrufleistung**, werden zusätzliche Einnahmen generiert
2. Man kann Wochenfahrpläne verschieden gestalten
3. Hohe Anforderungen an Be- und Entladezyklus von Batteriespeichern (zurzeit meist das k.o.-Kriterium)
4. Bei Sekundärregelleistung „negativ“ hohe Anforderung an das Energiemanagement, wenn zusätzliche Verbraucher zugeschaltet werden sollen (PtH, Akkuspeicher), ggf. auch beim Abregeln eines BHKW, eine evtl. entstehende Netzspitze (Kosten pro kW p.a.) kann den Ertrag kannibalisieren
5. Verdienst durch den Arbeitspreis beim Abruf (bezahlt Puffer füllen, andere Prozesse energetisch vorbereiten)
6. Für BHKW/Turbinen im Dauerbetrieb muss ein optimaler Arbeitspunkt unterhalb der Nennleistung definiert werden, damit noch eine wirtschaftlich sinnvolle Bereitschaftsleistung angeboten werden kann
7. Holzgas müsste beim Abregeln über die Fackel verbrannt werden, (Holzgas darf nicht gespeichert werden ?), beim Hochregeln steht in der relativ kurzen Zeit nicht ausreichend Gas zur Verfügung
8. Aufwand zur Nachrüstung von Erzeugern bzw. Verbrauchern. Hardware und Installation des e-port (Empfangs- und Steuerteil) von 1.800,00 € bis 7.000,00€ je nach örtlichen Voraussetzungen. Jahresgebühr für einen RLM Zähler, falls nicht schon vorhanden, ca. 500,00 € p.a.. (deshalb zurzeit Leistungen unter 100 kW nur bei ganz idealen Voraussetzungen)

31.05.2017

Dreischtrom GmbH

13

Grenzleistungspreise Sekundärregelleistung 2015 - 2017



Ausgeschriebene Menge POS:

1913 MW

Ausgeschriebene Menge NEG:

1846 MW

Anzahl der Teilnehmer:

37

Neue Teilnehmer (vgl. März):

keine

Ausschreibungszeitpunkt:

Jeden Mittwoch, 15 Uhr für die Folgewoche

Marktgebiet:

Regiorenübergreifend für die vier deutschen Regelzonen

50Hertz, TenneT, Amprion und TransnetBW sowie APG

	Summe mittlere Leistungspreise in €/MW pro Jahr		
Jahr	2015	2016	Prognose 2017
positiv	52.300	38.400	27.900
negativ	24.300	8.300	8.500

Zeitraum	POS	NEG
03.04. - 09.04.2017	260 €/MW	107 €/MW
10.04. - 16.04.2017	335 €/MW	116 €/MW
17.04. - 23.04.2017	380 €/MW	146 €/MW
24.04. - 30.04.2017	373 €/MW	136 €/MW

31.05.2017

Dreischtrum GmbH

14

Primärregelleistung (PRL)



Reaktion auf sehr plötzliche Leistungsschwankungen im Netz, die innerhalb von max. 30 Sekunden verfügbar sein muss, um einen Stromausfall verhindern zu können. Somit ist die Primärreserve die **erste** zu aktivierende Regelernergieart und die unmittelbare Maßnahme auf eine Abweichung der Netzfrequenz.

Die Erhöhung oder Reduzierung der Netzleistung hat proportional zur Netzfrequenz zu erfolgen, sobald diese das „**Totband**“ zwischen 49,99 Hertz und 50,01 Hertz verlässt. Der gesamte Regelbereich der Primärregelleistung befindet sich in einem **Regelband** von 49,8 und 50,2 Hz. Ab einer Frequenz von 49,99 bzw. 50,01 Hz beginnt die Aktivierung und der Anbieter ist verpflichtet der Frequenz entgegen zu wirken.

Gilt für sehr flexibel reagierende Erzeuger wie BHKW und Turbinen. Diese „hängen“ quasi mit dem Steuerteil direkt an der Netzfrequenz und pendeln um ihren Arbeitspunkt (AP). Der optimale AP sollte bei 80% der Nennleistung liegen, damit in sehr kurzen Reaktionszeiten in beide Richtungen ausreichend Leistung bereitgestellt werden kann.

**Zurzeit nur verlässlich mit Stromerzeugern im Dauerbetrieb möglich (BHKW, Turbinen)
In Abhängigkeit mit dem sonstigen Gebrauch des Erzeugers hohe Anforderung an das Last- und Energiemanagement**

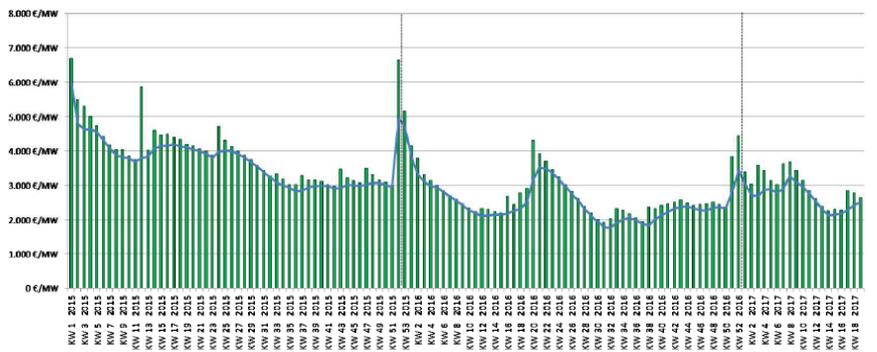
- Eine Vergütung erfolgt in der Primärreserve ausschließlich über einen **Leistungspreis**.

31.05.2017

Dreischtrum GmbH

15

Preisübersicht Primärregelleistung 2015 - 2017



Ausgeschriebene Menge:
ca. 1400 MW

Anzahl der Teilnehmer:
22

Neue Teilnehmer (vgl. März):
keine

Ausschreibungszeitpunkt:
jeden Dienstag, 15 Uhr für die Folgewoche

Marktgebiet:

Marktkopplung von:
Deutschland, Frankreich, Schweiz, Niederlande, Belgien und Österreich

	Primärregelleistung in €/MW pro Jahr		
Jahr	2015	2016	Prognose 2017
mtl. Leistungspreis	190.000	129.000	133.000
Grenzleistungspreis	204.000	141.000	143.000

Zeitraum	MLP	GLP
17.04. - 23.04.2017	2.179 €/MW	2.282 €/MW
24.04. - 30.04.2017	2.291 €/MW	2.837 €/MW
01.05. - 07.05.2017	2.444 €/MW	2.781 €/MW
08.05. - 14.05.2017	2.484 €/MW	2.635 €/MW

31.05.2017

Dreischrom GmbH

16

5. Schlussfolgerungen für den Betrieb eines Holzgas-BHKW dreischrom

- Die Anlage sollte besser als KWK-Einheit nach KWKG und nicht nach EEG eingesetzt werden (zzt. EEG-Vergütung 13,32 cent/kWh)
- Regelleistungen machen wirtschaftlich nur Sinn, wenn ich laufend daran teilnehme und beide Richtungen rund um die Uhr bedienen kann
- Die Steuerung muss so ausgelegt sein, dass beim Abregeln Gas verbrannt werden kann
- (? wirtschaftlicher Sinn für jeden Einzelfall neu bewerten)
- Das Hochfahren der Leistung kann über eine „Stützung“ mit Erdgas/Flüssiggas realisiert werden (konstruktiver Umbau der Motorsteuerung und des Gasversorgungssystem – Vormischkammer)
- Nachrüstungen eher schwer (Anlagenausüstung ist meist dafür nicht vorgesehen, Prozess reagiert meist heftig auf Veränderungen, Herstellerzusagen/-garantien erlöschen)
- Muss in der Planungsphase bereits wirtschaftlich berechnet werden und die Hersteller der Systemkomponenten, vor allem BHKW und Holzvergaser, müssen diese Fahrweise unterstützen – können und wollen)
- PRL eher geeignet für Holzgas-BHKW

31.05.2017

Dreischrom GmbH

17

Heat pump combined with backup stove for power net stabilisation

(Dr. Volker Lenz*, Daniel Büchner, Kerstin Wurdinger, Dr. Andreas Ortwein; alle DBFZ, Leipzig)

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige mbH
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig

Abstract

For climate protection not only power production but also heat generation must switch totally to renewable energies. Heat pumps are supposed to be one of the major solutions for small and medium scale heat supply. But, even today it could be recognized that high power demand in winter time can collide with the power potentials from wind and photovoltaics. In order to ensure supply security, cheap renewable backup technologies are needed. One of the cheapest renewable heating sources is the utilization of wood within stoves. Equipped with water jackets heat not transferred to the room air could be transferred to a central heating system and be stored for peak load time slices (for example to cover the heat demand during morning hours where most heat demand occurs and air to water heat pumps operate under less efficient conditions). Different constellations of heat pump and stove operation are compared. For renovated houses with radiation heating an additional log-wood stove could run economically feasible if cheap wood resources are available and the user is willing to operate his stove frequently.

Keywords: wood stove combination with heat pump; bioenergy and heat pump; economical feasibility of renewable heating

1 Background and Objectives

To keep the increase of the average global temperature below 2 °C in comparison to 1850 a massive reduction of CO₂-emissions is necessary. Wind and photovoltaics (PV) will become the backbone of the future power generation [1]. In 2016 76 GW of new PV generators were installed worldwide [2] with about 1.3 GW in Germany [3]. Due to massive decreases in installation costs the transformation of the electricity supply system seems to be more and more possible. At the same time developments in the heating sector are much slower [4],[5]. Only about 10 % of the heat usage worldwide comes from renewables and about 90 % of the renewable heat is supplied by biomass. Slow developments in the heating sector are ridiculous as about 50 % of the global final energy demand is used for heating purposes [5]. Even after reducing this demand by half a significant increase in renewable heat generation is necessary for the future.

Heat pumps seem to be one of the most promising technologies for heat generation below 100 °C. Air-to-water heat pumps are of significant relevance, due to lower installation costs and less legislative constraints compared to ground-to-water heat pumps.

In general, air-to-water heat pumps have two more or less important main drawbacks: (i) decrease of coefficient of performance (COP) with increasing difference between outside and inside temperatures – especially with outside temperatures below 5 °C and in cases of heating a radiator system; (ii) increasing power demand during winter time, due to high heating demand and reduced efficiency (see (i)). Monovalent heating systems using a power driven heat pump only need a high and secure power supply in winter time. In winter PV power production is generally low and wind power generation has high fluctuations with days up to weeks with very low regional generation. Therefore in the future market prices of power supply could increase in a renewable power system according to accumulation costs. To avoid power utilization for heating in times with high prices small scale log-wood or wood pellet stoves with water jackets could be a solution. This opportunity has been investigated and the results are discussed in the following.

2 Method

The used method is described in detail in [6]. The basic idea is to compare typical applications in single-family houses. First one is a refurbished house with a space heating demand of about 17 MWh/a equipped with radiator heating. The second one is a newly built house, that is well insulated with an underfloor heating and a space heating demand of roughly 3.5 MWh/a. Both buildings need about 1 MWh/a for domestic hot water purposes and have a storage of about 150 l for hot water. Heat demand curves are typical for both private households.

For heat supply monovalent air-to-water heat pumps were chosen as basic case for both buildings. Economic research focuses in this presentation on the advantages and disadvantages of integrating a log-wood stove with water jacket and central heat buffer into the heat pump based house heating system.

Methodically, comparison of annual costs according to VDI 2067 Part 1:2012-09 “Economic efficiency of building installations fundamentals and economic calculation” is done between the basic cases and different combinations and operations of log-wood stove as an additional system. Investment costs for the heating system (without DHW storage, ventilation system, heat distribution) are included in the economic comparison as well as costs for electricity and fuel and changes in operation costs. Therefore the given results are not full heat costs.

For log-wood stoves two typical operation options exist. In the first case, main purpose is heating and cheap wood from own forest or by the neighborhood is available. For this case the wood price is set to 15 €/MWh (water content 20 %; lower heating value 4.0 kWh/kg) while the whole price of the stove is to be considered in the calculation. Secondly, owners of the housing use a nice wood stove as a kind of luxury product. In this case often quite expensive stoves with extraordinary design are installed. Wood logs are purchased so that the price is set to 45 €/MWh in this presentation (water content 15 %; lower heating value 4.3 kWh/kg). As the stove is a luxury good the price of the stove itself is not considered in the calculation. Only additional costs for the additional integration of a water jacket, connection pipes to the central heating system and the ancillary hot water buffer are taken into account.

It is possible to transfer up to 90 % of the heat generated by the stove to the central heating system with buffer while losses of the distribution system are estimated to be about 5 %. The pump, which transfers the hot water to the buffer is calculated with a power consumption of 30 W.

Accordingly six cases were investigated shown in Table 1.

Table 1: Compared cases and basic data [6] HP .. heat pump

	refurbished building				new building		
Space heating system	-	radiator heating			underfloor heating		
Nominal heat pump capacity at design point	kW	12.0			3.0		
case description	-	monovalent HP without wood	HP + paid stove and cheap wood	HP + additional cost stove and more expensive wood	monovalent HP without wood	HP + paid stove and cheap wood	HP + additional cost stove and more expensive wood
case abbreviation	-	RR	RWC	RWP	NR	NWC	NWP

For the power demand of the heat pump a simple correlation to the outside temperature is used (Fig. 1).

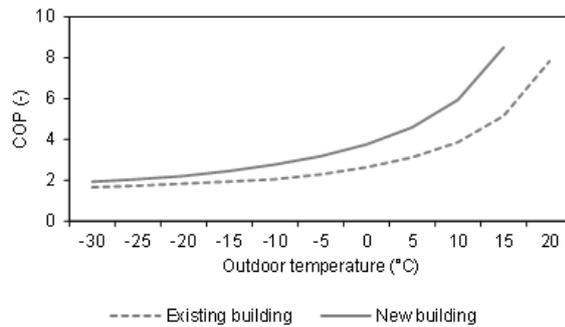


Fig. 1: Simplified coefficient of performance (COP) for both reference buildings according to the outdoor and the flow temperature [6]

The assumed lifetime is set to 20 years for all components. Price increase is estimated with 2 % p. a., while increase of self-produced wood is fixed at 1 % p. a. No subsidies are considered.

Besides the definition of the investigated system cases the most important methodological point is the definition of electricity prices and their development, because the main idea of a backup stove concept is to avoid electricity consumption of the heat pump whenever power is scarce and therefore would probably be expensive in the future. While ordinary household customers currently have an average electricity price in Germany of about 0.29 €/kWh [7], heat pump tariffs are cheaper, as the distribution system operator (DSO) is allowed to switch off the heat pump power supply at times. As average price for a heat pump tariff in 2015 we assume about 0.21 €/kWh based on data at [8],[9]. From this less than 0.04 €/kWh are due to stock exchange prices. Rest is made up of additional price components. Especially to be mentioned here the EEG-apportionment with 0.06 €/kWh, average grid usage charge of about 0.04 €/kWh for customers with heat pump contracts, electricity tax (0.02 €/kWh) and VAT of 19 % [10],[11],[12] (see more [6]). At the moment heat pumps are typically charged by a fixed price. Only in a few cases a time-dependent two-tariff is available. This could probably change in the future as from 2030 onwards, significant supply-side fluctuations in electricity prices are expected [13]. For example, with an increase of the stock exchange

price to about 0.07 €/kWh and slight increases in average grid usage costs a price of about 0.25 €/kWh could be expected for 2023 [6]. This change in electricity price is also considered within this presentation.

Considering heat demand of the two different buildings a stove could be operated with up to 700 hours p. a. within the existing building with a typical operation time from 6 to 10 p. m. in winter (November until end of February) and 7 to 9 p. m. in the transition time (September, October, March and April). For the new building only about 280 hours are estimated with operation in winter time from 6 to 8 p. m. and in October and March from 7 to 8 p. m. The customer is supposed to operate the stove during the given times almost every day during the heating months. This will be probable for the heating cases RWC and NWC, but would be questionable for the luxury case RWP and NWP at least for some of the consumers.

3 Results and Discussion

Results of the comparison are shown in Fig. 2.

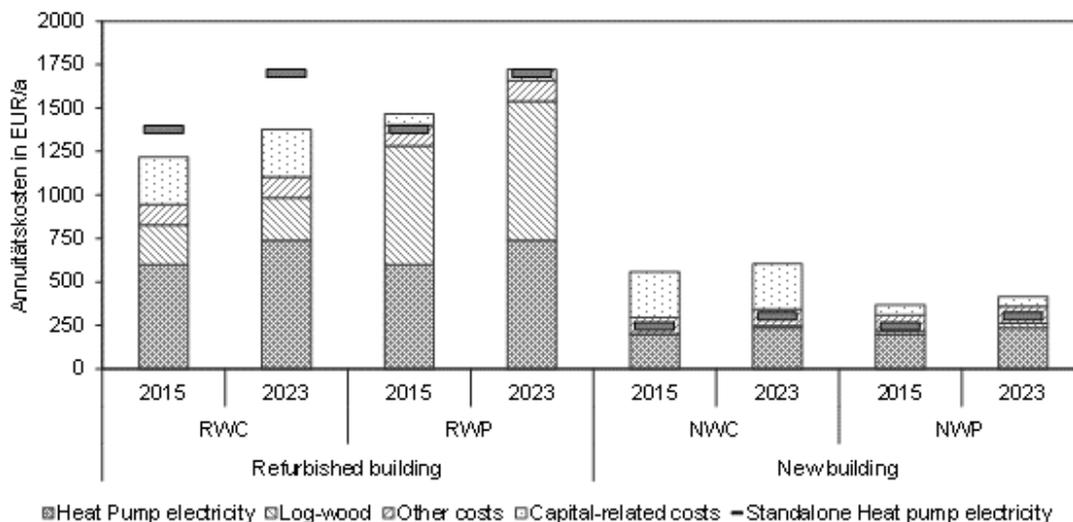


Fig. 2: Annual annuity costs for the described use of the wood stove in the existing and new building within the evaluated scenarios (WC...cheap wood, full paid stove; WP...expensive wood, only additional costs for stove integration; 2015 and 2023 different electricity prices for heat pumps)

For the refurbished house the backup stove for the heating case – cheap wood and paid stove (RWC) - is economically feasible today and also 2023. In the case of the luxury stove with high wood prices only the alternative for 2023 is almost economic feasible. In the new building the heat demand and thus operation hours of the log-wood stove are in any case so low, that a refinancing of the investment costs is neither now nor in 2023 possible. For the luxury product case (NWP) the price difference is not as significant as for the heating case (NWC). With an increase of the electricity costs to about 0.35 €/kWh the backup stove could become economically feasible.

These results are based on an improvement of the average COP of the heat pump operation from 3.87 to 4.14 in the refurbished house and 5.23 to 5.37 in the new house [6].

Besides these individual cost advantages the installation and operation of backup stoves could have a positive effect on the necessary grid and system security actions

of network operators in Germany. A local reduction of peak load in combination with peak load supply could decrease investment costs in low voltage power grids through reduction of the need to expand the grid (see more [6]).

4 Conclusion and Outlook

For future heat supply heat pumps using renewable electricity are one of the promising technologies. But, as long as heat pump systems do not have a significant hot water buffer for space heating the main operation demand will be in winter time, on cold days and there especially in the time slot from 5 to 7 a. m. to reheat the building after overnight cool-down. Unfortunately, this time slot is one with the lowest outside temperatures, no solar radiation and typically more or less empty solar power storage. For this time lowest operation efficiency of the air-to-water heat pump and accordingly highest power demand is coinciding with possibly low renewable power production. So, market prices for electricity would increase during this time slot and in the worst case the security of power supply will still have to be provided by fossil reserve power plants for many years.

Calculations have shown, that - even with today's heat pump electricity prices - a backup stove could be operated economically feasible in refurbished houses. For new buildings increasing electricity prices could bring up an economical operation even in those buildings, where the stove is also a part of the life-style interior of the housing.

Beside the economic feasibility also easiness of operation is important. So either pellet stoves could be used or log-wood stoves have to be improved further more by integrating automatic starting option and control.

If the heating demand is larger (e. g. heating grids or apartment buildings) hybrid systems consisting out of a heat pump and a micro-CHP system could be considered – doubling the positive effect on power grid stabilization by reducing the demand for electricity for heating and parallel producing power for the own consumption or for the grid.

References

- [1] Quaschnig, Volker: Sektorkopplung durch die Energiewende. Anforderungen an den Ausbau erneuerbarer Energien zum Erreichen der Pariser Klimaschutzziele unter Berücksichtigung der Sektorkopplung. Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin, June 20, 2016. <http://pvspeicher.htw-berlin.de/wp-content/uploads/2016/05/HTW-2016-Sektorkopplungsstudie.pdf>, accessed September 20, 2016.
- [2] IWR regenerative Energiewirtschaft: Monatsreport 02/2017 ISSN 1867-3279
- [3] Bundesnetzagentur (Federal Network Agency for Electricity, Gas, Telecommunications, Post and Railway): Data submissions from 1 August 2014 to 28 Februar 2017. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Photovoltaik/Datenmeldungen/Meldungen_Aug-Feb2017.xlsx?__blob=publicationFile&v=2, accessed May 3, 2017.

- [4] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklungen im Jahr 2015. Berlin, September 2016
- [5] International Energy Agency (IEA): World Energy Outlook 2015. November 2015
- [6] V. Lenz, D. Büchner, K. Wurdinger: Evaluation of combining an air-to-water heat pump with a wood stove with water jacket for residential heating. Proceedings of 12th IEA Heat Pump Conference – ISBN 978-90-9030412-0 – Rotterdam, June 2017.
- [7] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Freiburg, 14. Oktober 2016, S. 23. <http://www.pv-fakten.de>, accessed November 4, 2016.
- [8] Tartler, J.: Stromvergleich – günstiger Heizstrom für Nachtspeicheröfen und Wärmepumpen. Stand: 18. Juni 2015 <http://www.finanztip.de/heizstrom>, accessed November 1, 2016.
- [9] Own internet investigations using information of German distribution system operators (DSOs), energy supply companies, Bundesnetzagentur, www.agora-energiewende.de, www.strom-report.de
- [10] Krewitt, W., Schlomann, B.: Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Gutachten im Rahmen von Beratungsleistungen für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. 6. April 2006
- [11] Bundesnetzagentur: 3. Quartalsbericht 2015 zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen. Viertes Quartal 2015 sowie Gesamtjahresbetrachtung 2015. Stand: 02.08.2016. http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Stromnetze/System-_u_Netzesicherheit/Quartalsbericht_Q4_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=1, accessed September 9, 2016.
- [12] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Verordnung zur Regelung des Verfahrens der Beschaffung, des Einsatzes und der Abrechnung einer Kapazitätsreserve (Kapazitätsreserveverordnung – KapResV), Referentenentwurf Stand 27. November 2015. <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/V/verordnung-kapazitaets-reserveverordnung-kapresv,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, accessed November 14, 2016.
- [13] Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES: Anforderungen an ein zukunftsfähiges Stromnetz. FVEE Jahrestagung 2016: Jahrestagung 2016 des Forschungsverbands Erneuerbare Energien FVEE. November 2-3, 2016, Berlin

Verbrennungstechnologien von Biomasse und Beispiele für deren Anwendung in Ost- und Westeuropa

(Dr. Bernhard Pinkert; Babcock Borsig Steinmüller GmbH, Berlin)



BiLFINGER POWER SYSTEMS

Bilfinger Power Systems GmbH

Verbrennungstechnologien von Biomasse und Beispiele für deren Anwendung in Ost- und Westeuropa

Biomass to Power and Heat 2017
31. Mai und 01. Juni 2017 auf dem Campus Zittau

Dr.-Ing. Bernhard Pinkert,

Technologien für die Biomasse-Verbrennung



Page 4
Babcock Borsig Steinmüller GmbH

Technologie	Rostfeuerung	Wirbelschichtfeuerung	Staubfeuerung
Luftverhältnis	hoch	niedrig	niedrig
Abgasverlust	hoch	niedrig	niedrig
elektrischer Eigenbedarf	niedrig	hoch	niedrig
Anforderungen an den Brennstoff	niedrig	mittel	hoch
Einsatz einer Rauchgasrezirkulation erforderlich	ja/nein	ja/nein	ja/nein
Einsatz einer Sekundärentstickung erforderlich	brennstoffabhängig	brennstoffabhängig	brennstoffabhängig
Verschlackung	brennstoffabhängig	brennstoffabhängig	brennstoffabhängig
Korrosion	Niedertemperaturbereich	Hoch- und Niedertemperaturbereich	Hoch- und Niedertemperaturbereich
Verschleiß	hauptsächlich Rost	Wände, Bündelheizflächen	Brenner

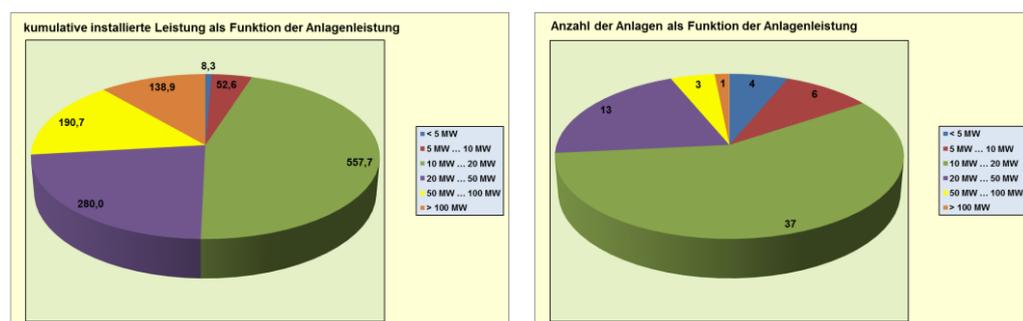
Biomasse-Verbrennungsanlagen in Deutschland



Page 5
Babcock Borsig Steinmüller GmbH

Stand 16.11.2016

Quelle: Kraftwerksliste Bundesnetzagentur nach Kraftwerksstatus und Energieträger



In Deutschland gibt es 64 Biomasse-Verbrennungsanlagen (ohne Kleinanlagen)

Die gesamte installierte Leistung beträgt ca. 1.200 MW (Stand 16.11.2016)

75 % der Anlagen haben eine Leistung < 20 MW

Die Anlagen mit einer Leistung > 20 MW (14 Stück) stellen ca. 50 % der installierten Leistung

Die größte Anlage besitzt eine Leistung von 139 MW (Arneburg, Sachsen-Anhalt)

Maßnahmen zur Wirkungsgradsteigerung



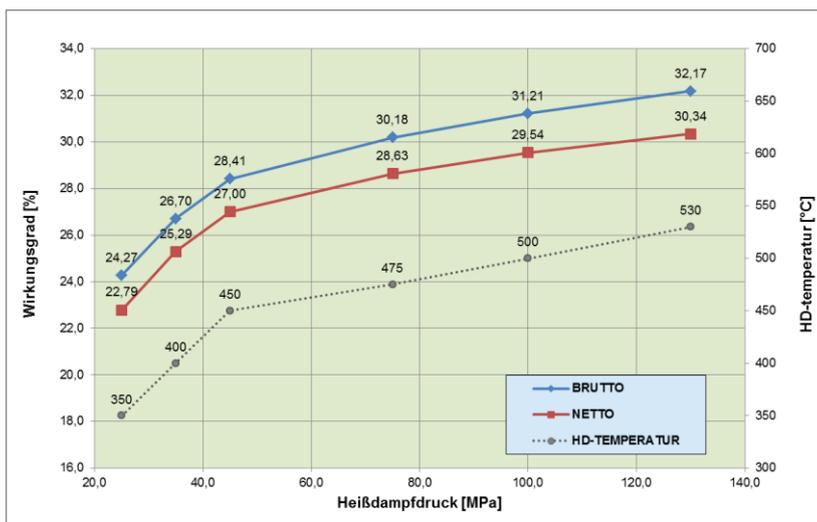
Page 6
Babcock Borsig Steinmüller GmbH

- Erhöhung der Dampftemperatur
- Erhöhung des Heißdampfdruckes
- Luftvorwärmung mittels Kalorifer
- Speisewasservorwärmung
- Senkung der Abgastemperatur
- Senkung des Kondensatordruckes

Wirkungsgradsteigerung durch Erhöhung der Dampfparameter

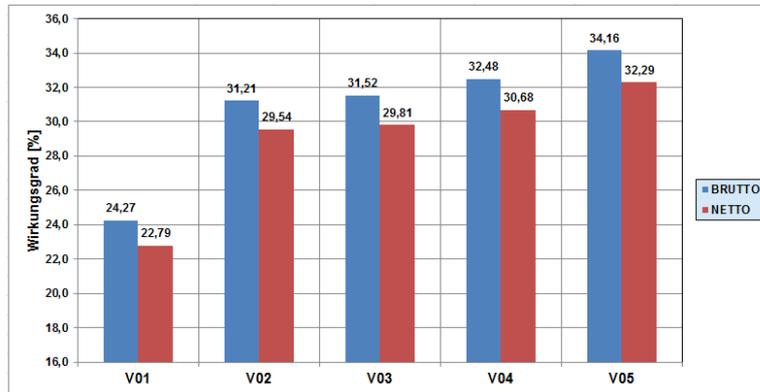


Page 7
Babcock Borsig Steinmüller GmbH



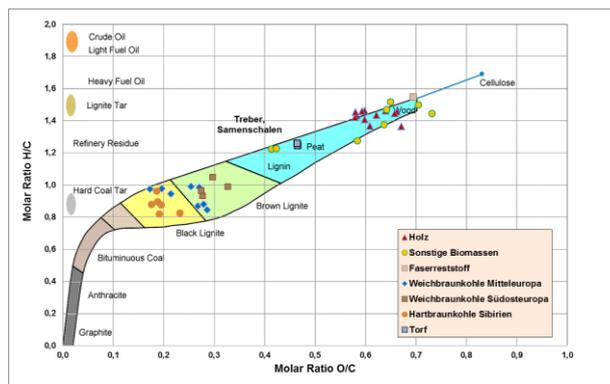
Basis: Innerer Turbinenwirkungsgrad 85 %, Kondensatordruck 8 kPa

Maßnahmen zur Wirkungsgradsteigerung



Variante		V01	V02	V03	V04	V05
Heißdampf-Druck	bar	25	100	100	100	100
Heißdampf-Temperatur	°C	350	500	500	500	500
ZÜ-Temperatur	°C	-	-	-	-	500
Lufttemperatur nach Kalorifer	°C	30	30	70	70	70
Speisewasser-Temperatur	°C	105	105	105	140	140

Eigenschaften von Biomassen (BBS Firmenunterlagen)



		Torf	Bagasse	Stroh	Kokos-schalen	Reis-schalen	Gras	Getreide	Treber	Altholz	Natur-holz	Holz-Staub
C	Ma%	30,90	43,50	42,50	49,08	35,76	43,22	46,10	22,50	37,48	35,61	44,52
H	Ma%	3,20	2,50	5,20	5,22	4,10	5,66	4,70	2,30	4,56	4,29	5,22
S	Ma%	0,20	0,18	0,10	0,16	0,06	0,24	0,30	0,10	0,04	0,14	0,08
N	Ma%	1,30	0,54	0,50	1,00	2,00	1,01	0,90	0,50	1,80	0,21	4,10
O	Ma%	17,80	15,08	36,40	37,22	28,38	40,87	25,40	12,70	29,92	31,25	35,54
W	Ma%	40,00	35,60	9,20	6,66	8,75	6,00	16,80	49,00	23,45	27,50	10,32
A	Ma%	6,60	2,60	6,10	0,66	20,95	3,00	5,80	12,90	2,75	1,00	0,22
V _{DAF}	Ma%	63 ... 73		> 80		ca. 75	75 ... 80			ca. 80	ca. 80	ca. 82
Hu	kJ/kg	10.700	16.200	15.300	19.300	12.600	15.700	17.400	7.500	13.340	13.000	16.720

Anlagenvergleich



Page 10
Babcock Borsig Steinmüller GmbH

Anlage		Brand-Erbisdorf	Blackburn Meadows	Rodenhuize
Land		Deutschland	Großbritannien	Belgien
Massestrom Heißdampf	t/h	42	119	630
Druck Heißdampf	MPa	4,60	8,4	12,5
Temperatur Heißdampf	°C	460	490	535
Temperatur Zwischenüberhitzer Austritt	°C	-	-	535
Erzeugungswärme	MW	34,2	92,0	483,0
Feuerungswärmeleistung	MW	38,6	100,8	525,0
Generatorleistung	MW	9,3	33,0	180,0
Feuerung		Rostfeuerung	blasenbildende Wirbelschicht	Staubfeuerung
Brennstoff	-	Naturholz, Pellets	Altholz	Naturholzpellets
Heizwert	MJ/kg	13,0	14,0	16,0
Block-Wirkungsgrad (brutto)	%	ca. 25	32,7	35,0

Brand-Erbisdorf (D)
Holzhackschitzel und Pellets



Blackburn Meadows (UK)
Altholz



Rodenhuize (B)
Holzpellets



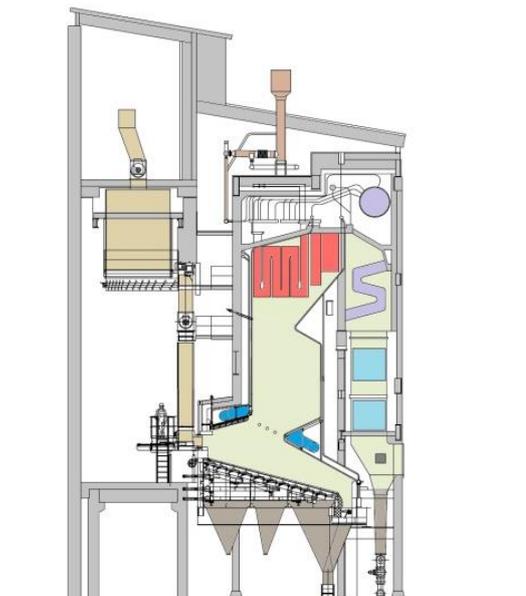
Brand-Erbisdorf (BR Deutschland)



Page 11
Babcock Borsig Steinmüller GmbH

- Ursprüngliche Anlage: 64 t/h Typenkessel, 1988 vom VEB Dampferzeugerbau Berlin errichtet
- 1998 Umbau auf Biomasseverbrennung durch BABCOCK BORSIG POWER
- Feuerung: Kablitz Schwingschubrost, 1 Ausbrandluftebene + SNCR
- Dampfturbine 9,3 MW Blohm&Voss
- Luftkondensator

Massestrom Heißdampf	t/h	42
Druck Heißdampf	MPa	4,60
Temperatur Heißdampf	°C	460
Temperatur Zwischenüberhitzer Austritt	°C	-
Erzeugungswärme	MW	34,2
Feuerungswärmeleistung	MW	38,6
Generatorleistung	MW	9,3
Feuerung		Rostfeuerung
Brennstoff	-	Naturholz, Pellets
Heizwert	MJ/kg	13,0
Block-Wirkungsgrad (brutto)	%	ca. 25



Rodenhuize (Belgien) – Inhalt und Ziel des Projektes



Page 12
Babcock Borsig Steinmüller GmbH

Max Green - Projekt

- Umrüstung von 24 Kohlebrennern in 24 Low-NO_x Holzstaubbrenner
- Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für NO_x, CO und Staub
- 18 neue Erdgasbrenner inkl. Erdgasversorgung, Durchflussmessung, Regelung für jeden Brenner

Cold Back-up Projekt

- Umrüstung der Feuerung für zusätzliche Verbrennung von Gichtgas aus dem benachbarten Stahlwerk
- 12 neue Gichtgasbrenner
- 2 neue Gichtgasvorwärmer inklusive Kanäle

Erweiterter Umfang

- Neue Rauchgasrezirkulationsgebläse und modifiziertes Rezirkulationssystem
- Neues Kühlkonzept für die Gichtgasbrenner
- Neue Primärlüfter und modifiziertes Primärluftsystem
- HD-Bypass (Wasser-Dampf-Seite) zur Temperaturregelung des Ecos
- Neue Rußbläser und Wasserlanzenbläser
- Flexible Betriebsweisen des Feuerungssystems – gleichmäßiger Übergang bei Brennstoffwechsel, viele mögliche Kombinationen
- Aufwändige Modifikation des Regelungssystems – hoher Sicherheitsstandard

Rodenhuize (Belgien) – Technische Daten und geforderte Garantien



Page 13
Babcock Borsig Steinmüller GmbH

	Kohle	Biomasse	Gichtgas (BFG)	
Dampfleistung	860	630	630	t/h
Frischdampfdruck	156	125	125	bar
Frischdampf Temperatur	540	535	535	°C
Brennstoffbedarf (fest)	103.680	126.000		kg/h
Brennstoffbedarf (gasförmig)			555.000	m ³ /h i.N.
Heizwert des festen Brennstoffs	25	16		MJ/kg
Heizwert des gasförmigen Brennstoffs			3.667	kJ/m ³ i.N.
Emissionsgrenzwerte:				
CO		100		mg/m ³ i.N. @ 6% O ₂ , tr.
NO _x		70 ¹⁾		mg/m ³ i.N. @ 6% O ₂ , tr.
CO			100	mg/m ³ i.N. @ 3% O ₂ , tr.
NO _x			120	mg/m ³ i.N. @ 3% O ₂ , tr.

¹⁾ Geforderte Emission am Kamin

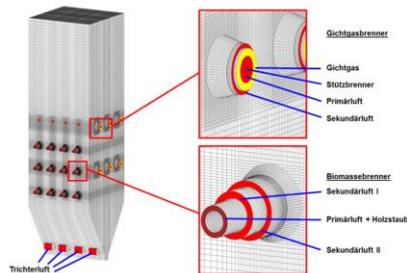
Rodenhuize (Belgien)

- Ursprüngliche Anlage: 300 MW Block mit Steinkohlekessel, errichtet 1988 von PIERRE BROUHON
- Ausschreibung 2009 zum Umbau auf Naturholz-Pellet-Feuerung + Absicherung der Gichtgasverbrennung eines Stahlwerkes
- Kesselumbau durch BABCOCK BORSIG STEINMÜLLER, Brennstoffaufbereitung mit Hammerschneidmühlen

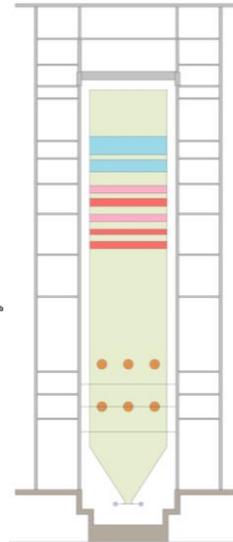
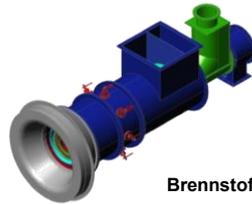
Massestrom Heißdampf	t/h	630
Druck Heißdampf	MPa	12,5
Temperatur Heißdampf	°C	535
Temperatur Zwischenüberhitzer Austritt	°C	535
Erzeugungswärme	MW	483,0
Feuerungswärmeleistung	MW	525,0
Generatorleistung	MW	180,0
Feuerung		Staubfeuerung
Brennstoff	-	Naturholz-pellets
Heizwert	MJ/kg	16,0
Block-Wirkungsgrad (brutto)	%	34,2

Feuerungskonzept

24 Biomassebrenner mit je 22,8 MW_{th}
12 Gichtgasbrenner mit je 43,75 MW_{th}



BBS-Brenner für Holzstaub

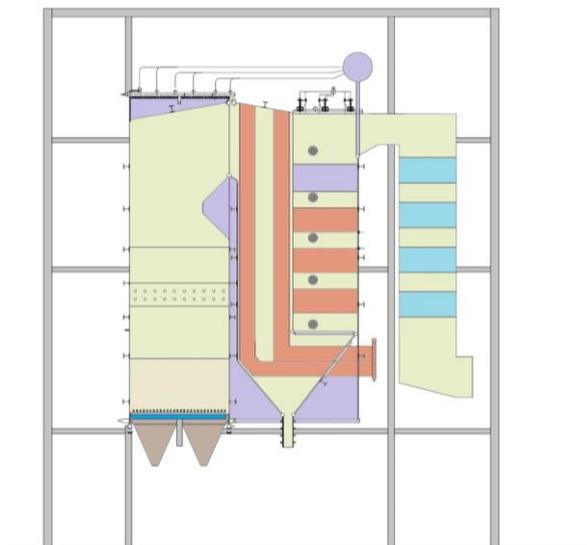


Brennstoffbedarf (Biomasse) 700.000 ... 800.000 t/a

Blackburn Meadows (Großbritannien)

- Neubau für die Verbrennung von Altholz mittels blasenbildender Wirbelschicht (2011, ANDRITZ). Sekundärentstickung mit SNCR.
- Dampfturbine mit 32 MW elektrischer Leistung, Luftkondensator mit einem sehr niedrigen Abdampfdruck von nur 7 kPa
- Stark unterstöchiometrische Luftzufuhr zum Wirbelbett. Dadurch starke Nachverbrennung + Verschlackungsprobleme.

Massestrom Heißdampf	t/h	119
Druck Heißdampf	MPa	8,4
Temperatur Heißdampf	°C	490
Erzeugungswärme	MW	92,0
Feuerungswärmeleistung	MW	100,8
Generatorleistung	MW	33,0
Feuerung		Wirbel-schicht
Brennstoff	-	Altholz
Heizwert	MJ/kg	14,0
Block-Wirkungsgrad (brutto)	%	32,7



Biomasse-Verbrennungsanlagen in Ungarn



Page 16
Babcock Borsig Steinmüller GmbH

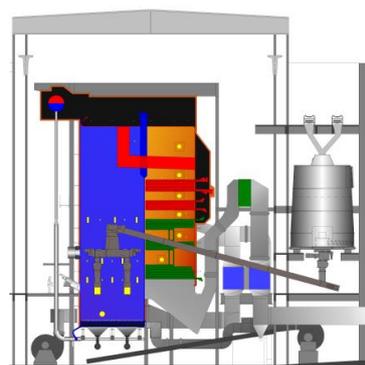
Anlage		Matra	Pécs	Pécs
Land		Ungarn	Ungarn	Ungarn
Massestrom Heißdampf	t/h	700	180	140
Druck Heißdampf	MPa	16,40	9,8	9,8
Temperatur Heißdampf	°C	540	540	540
Temperatur Zwischenüberhitzer Austritt	°C	540	-	-
Erzeugungswärme	MW	537,0	128,8	100,2
Feuerungswärmeleistung	MW	593,0	146,4	115,2
Generatorleistung	MW	212,0	50,0	35,0
Feuerung		Staubfeuerung mit Ventilatormühlen	blasenbildende Wirbelschicht	Rostfeuerung
Brennstoff	-	Rohbraunkohle + diverse Biobrennstoffe	Naturholz	Heu und Stroh
Heizwert	MJ/kg	13,0	14,0	16,0
Block-Wirkungsgrad (brutto)	%	ca. 36	ca. 34	ca. 32

Wirbelschichtfeuerung Kraftwerk Pécs



Page 17
Babcock Borsig Steinmüller GmbH

- Ursprünglich 240 t/h Dampferzeuger der Firma TRANSELEKTRO für die für die Verbrennung von Steinkohle.
- Umbau der Anlage 2004 auf Biomasse-Verbrennung durch die Firma METSO POWER (Finnland). Brennstoff: Überwiegend Naturholz mit $H_u = 12$ MJ/kg, Wassergehalt 35 %
- Beibehaltung des Ljungström Luftvorwärmers
- Probleme mit der Bettmasseagglomeration konnten durch Zuführung Additiven beherrscht werden.
- Brennstoff-Bedarf ca. 320.000 t/a



Quelle: Jouni Kinni, Jouko Latva-Somppi; Biomass Power Plants Case Example Pécs, Opportunities in Bioenergy Industry in Hungary, 1.3.2007 Budapest

Biomasse-Verbrennungsanlagen in Polen und der Tschechischen Republik



Page 18
Babcock Borsig Steinmüller GmbH

Anlage		Cęstochowa	Konin	Polaniec	Kladno
Land		Polen	Polen	Polen	Tschechische Republik
Massestrom Heißdampf	t/h	260	215	569	260
Druck Heißdampf	MPa	11,50	9,70	12,60	13,20
Temperatur Heißdampf	°C	515	540	535	541
Temperatur Zwischenüberhitzer Austritt	°C	-	-	535	541
Feuerung		zirkulierende Wirbelschicht	zirkulierende Wirbelschicht	zirkulierende Wirbelschicht	zirkulierende Wirbelschicht
Brennstoff	-	Steinkohle + Biomasse (65/35)	Holzbiomasse + Agrarbiomasse (80/20)	Holzbiomasse + Agrarbiomasse (80/20)	Braunkohle + Biomasse

- **Anlagenhersteller: FOSTER WHEELER POLSKA**
- **Zirkulierende Wirbelschichtfeuerungen (meist für Kohle+Biomasse ausgelegt)**
- **Anlagen verfügen über eine Sekundärentstickung mit SNCR oder Katalysator (Brennstoffband)**

Quelle: Grzegorz Szastok: Die Anpassungsfähigkeit der Wirbelschichtkesseltechnik an die neue Gesetzgebung über Schadstoffemissionen und erneuerbare Energie-quellen am Beispiel der polnischen und tschechischen ZWSF-Kesselanlagen, Kraftwerktechnisches Kolloquium TU Dresden 2014



Babcock Borsig Steinmüller

Europaallee 1 | 46047 Oberhausen | Tel +49 208 4575-9 | Fax +49 208 24561

info@bbs.bilfinger.com

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Berlin, 20. Mai 2017

Application of the GP750 Gasifier for Combined Heat and Power Production

(Jiri Brynda; Department of Gaseous and Solid Fuels and Air Protection & Department of Power Engineering, University of Chemistry and Technology Prague)

Biomass to Power and Heat

May 31 and June 01, 2017 in Zittau

GP750 gasifier for CHP and biochar production

Jiří Brynda, Siarhei Skoblia, Zdeněk Beňo



UNIVERSITY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY, PRAGUE
Faculty of Environmental Technology
Department of Gaseous and Solid Fuels and Air Protection

Michael Pohořelý, Jaroslav Moško



**Institute of Chemical Process Fundamentals of
the Czech Academy of Sciences**

1.6.2017

Efficiency of electricity generation by various processes

$$\eta_{tot} = \eta_{CE} * \eta_{CU}$$

η_{CE} - cold gas efficiency which takes into account only the chemical energy of a gas

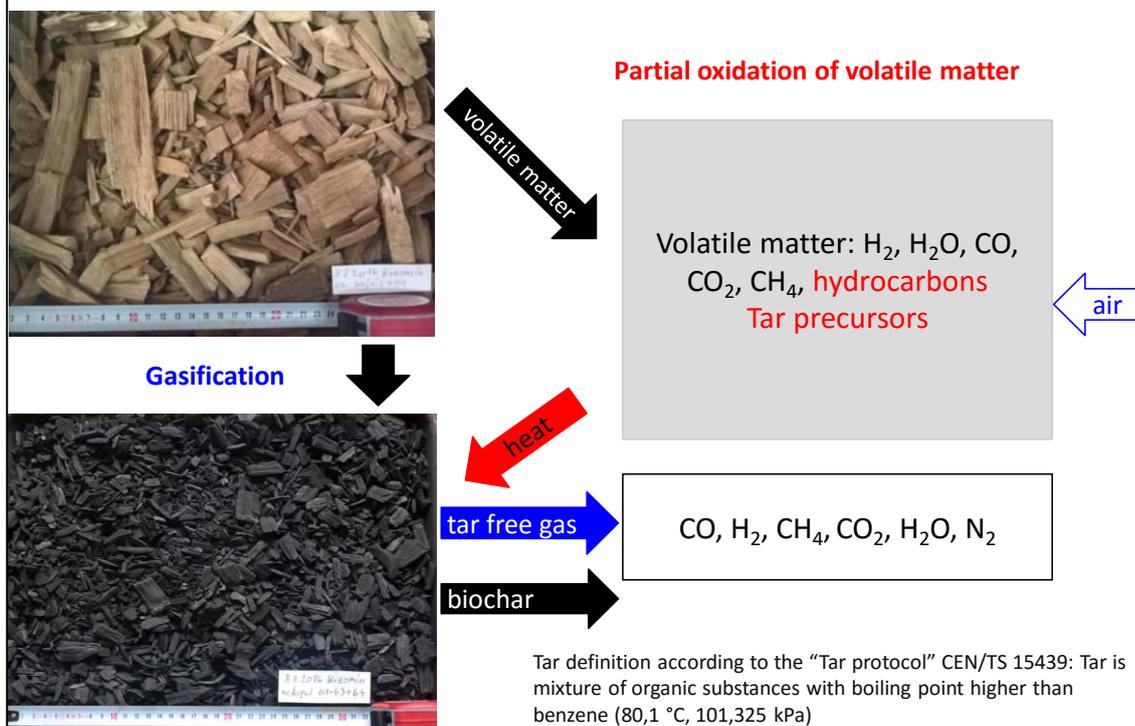
Type of power generation	Cold gas efficiency η_{CE} , %	Gas to electricity efficiency, η_{CU} , %	Overall el. efficiency η_T , %	Inst. costs thousands EUR/kW _e
1. Thermal plant with steam turbine (11 MW _e) (Zelený kotol, 33 MW _t), Plzeň	-	-	27,6	3,0
2. Thermal power station (35 MW _e) (Biomass combustion, 105 MW _t), Hodonín	-	-	~ 33	-
3. Two-stage gasifier prototype GP200 (0,2 MW _e) TARPO spol. s r.o., 2011	80-90	~ 32	~ 28*	3,3
4. Two-stage gasifier GP 750 (0,75 MW _e) TARPO spol. s r.o., AIR TECHNIC s.r.o., 2014	80-90	~ 36	~ 32**	3,7
5. Gasifier coupled with SOFC	~ 95	~ 45-65	~ 40-60	Very high

* Modified diesel engine: 6S160 ČKD Hořovice

** Jenbacher AB, J316 GC (J320GC)

Principle of staged biomass gasification

Pyrolysis

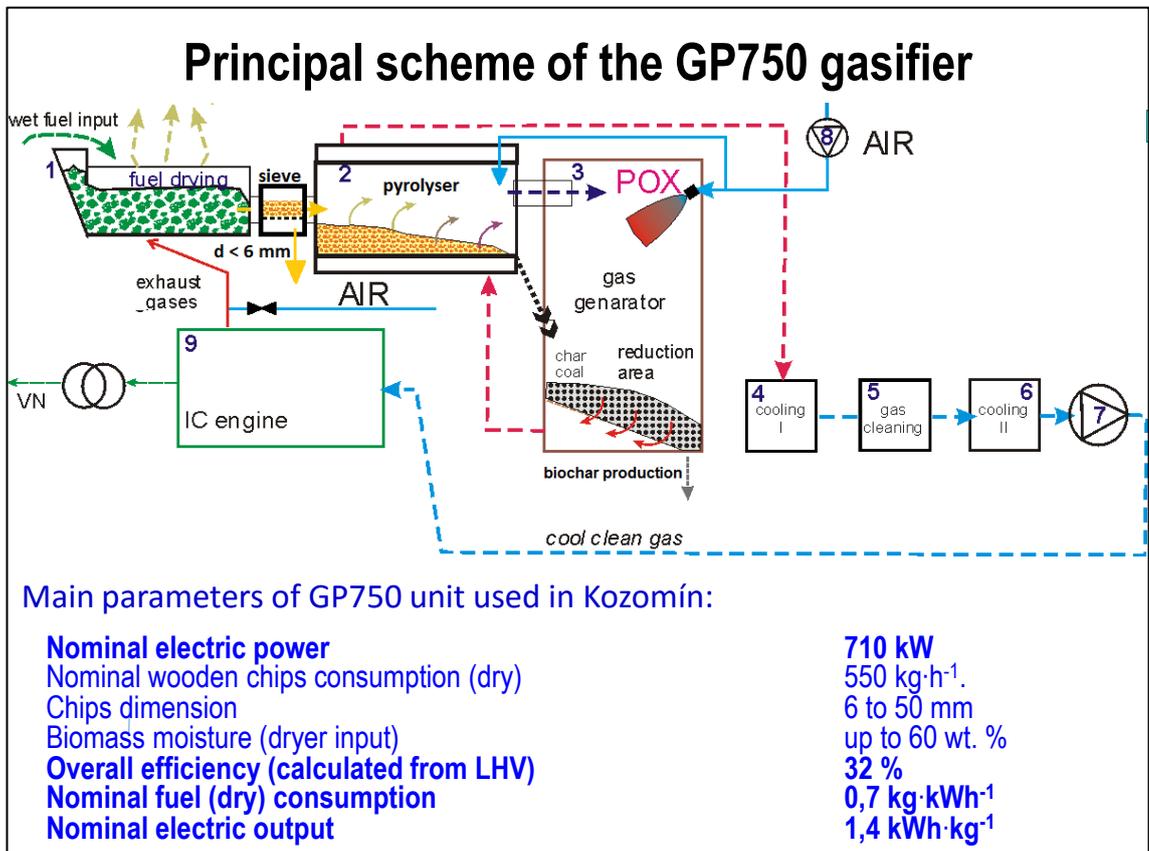


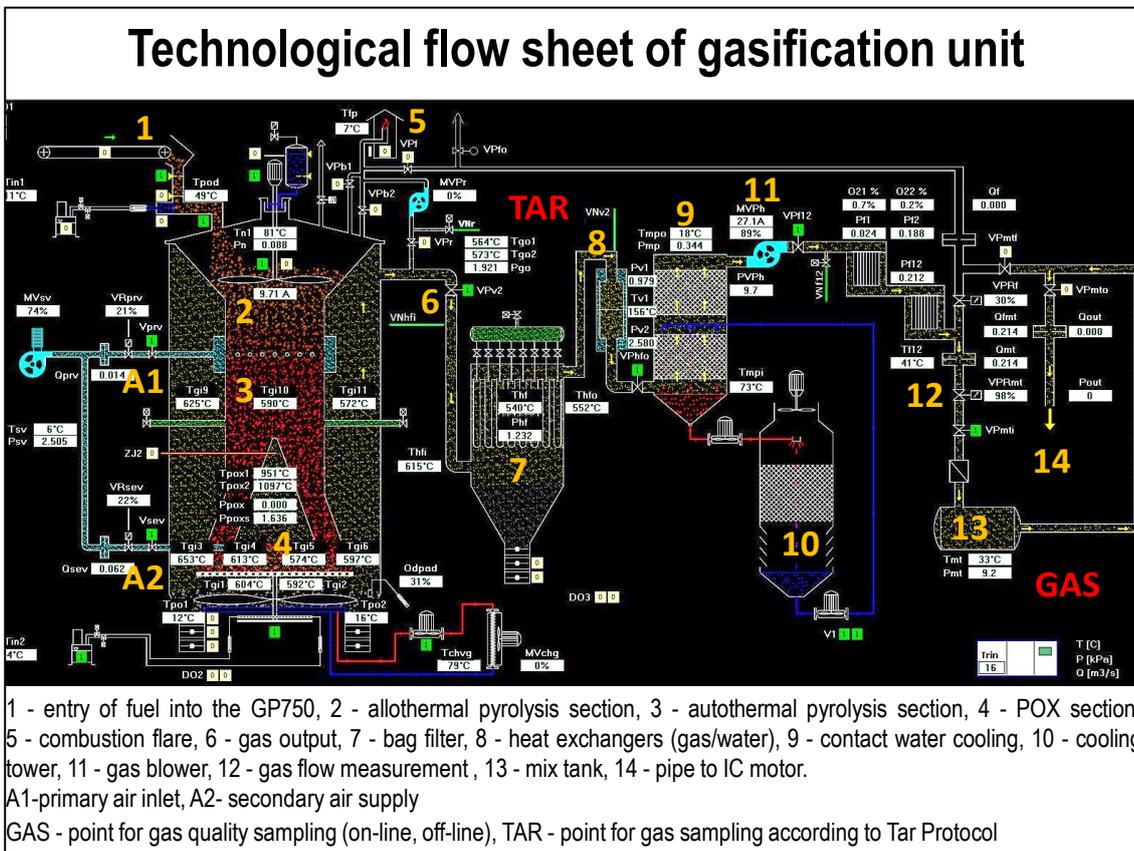
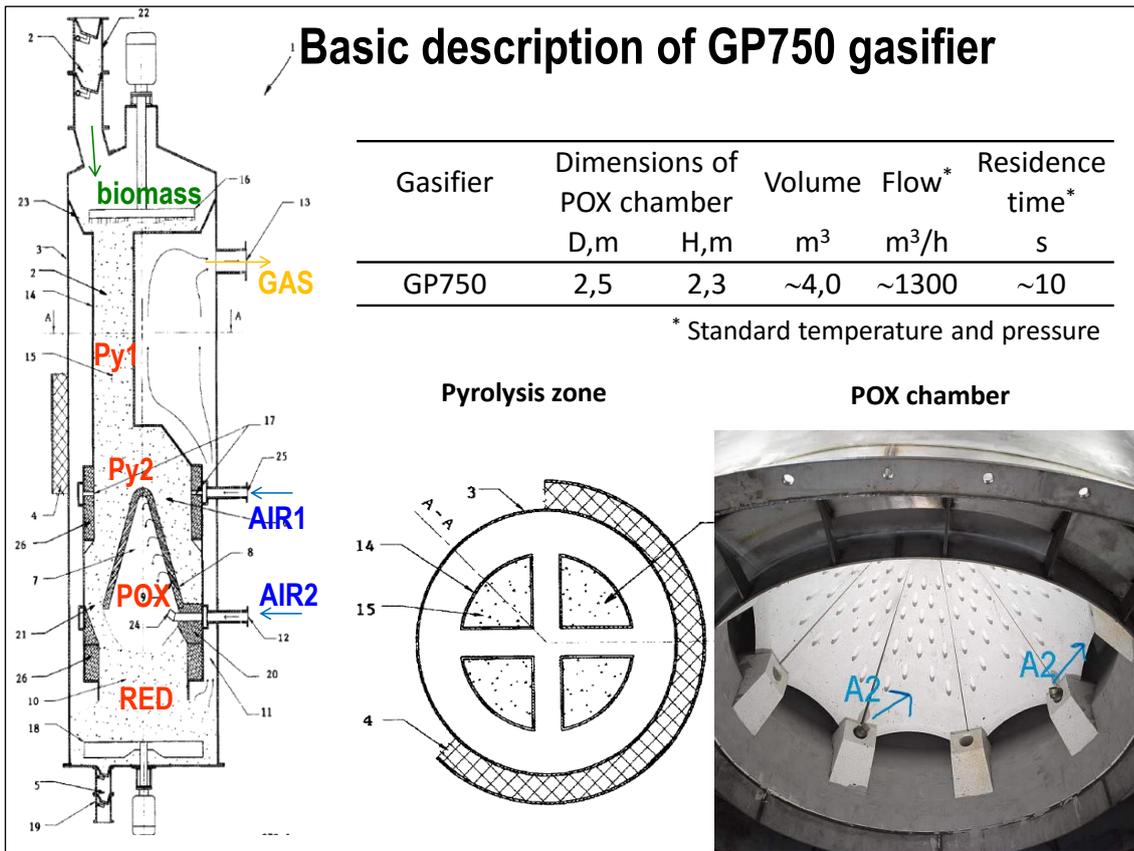
BJ1

Installations of two-stage gasifiers

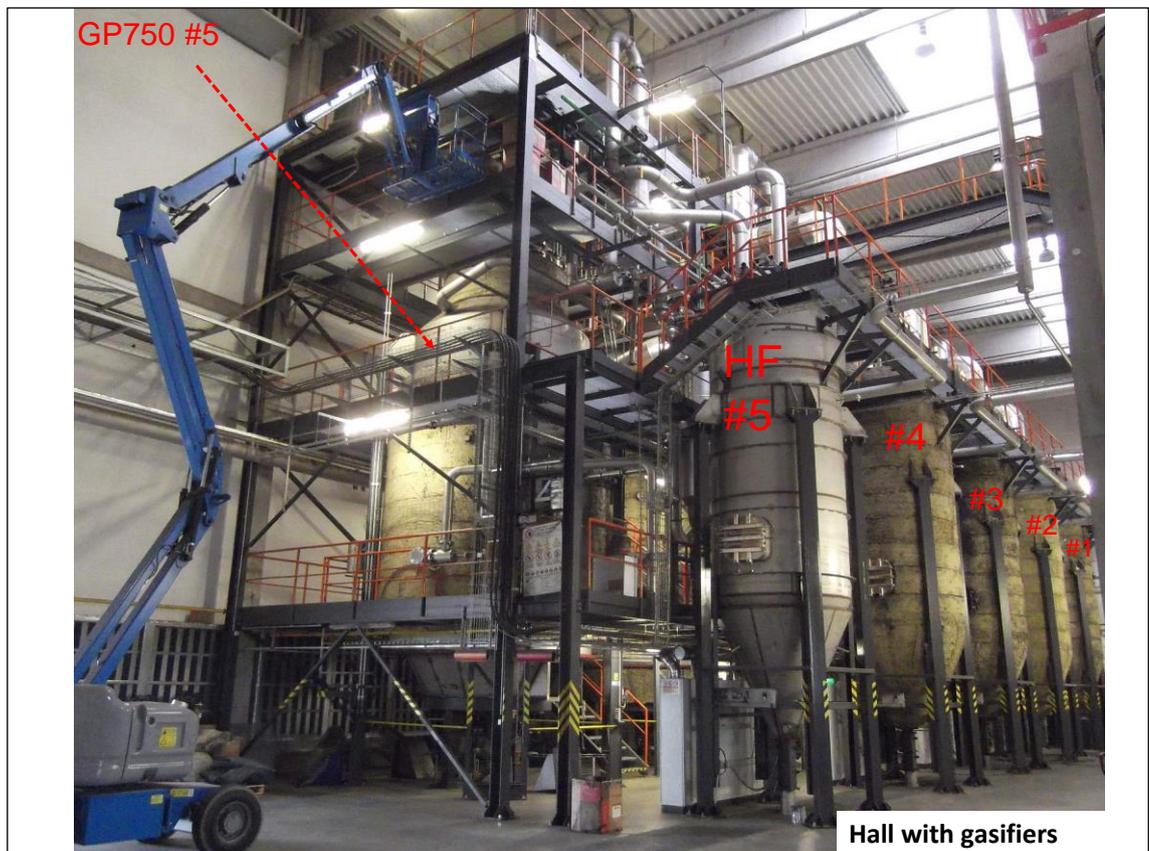


Locality	Engine type	Year of start-up Generator type	Installed power output	Current state
Kozomín	Jenbacher, 3xJ320	07/2014 5xGP750	2,1 MWe (3x710 kW _e) 4,2 MW _t (gas)	Pilot operation of five GP750 units
Handlová	Guascor, FBLD560, FBLD480	06/2014 2xGP750	570 kW _e 430 kW _e	Operating from 4/2015
Dobříš	Guascor, FBLD560	1xGP750	630 kW _e	Experimental unit
Kněžves	ČKD, 2x6S160	2011- 2013 GP200	2x100 kW _e	2014 Replaced by pyrolysis unit
Odry	Jenbacher, 2xJ316	Since 2012 2xGP500	2x400kW _e	Operating at lower output: 2x400 kW _e
Olešnice	ČKD, 2x6S160	2013 GP200 03/2015 GP200XL	2x100 kW _e	Transformed to twin-fire

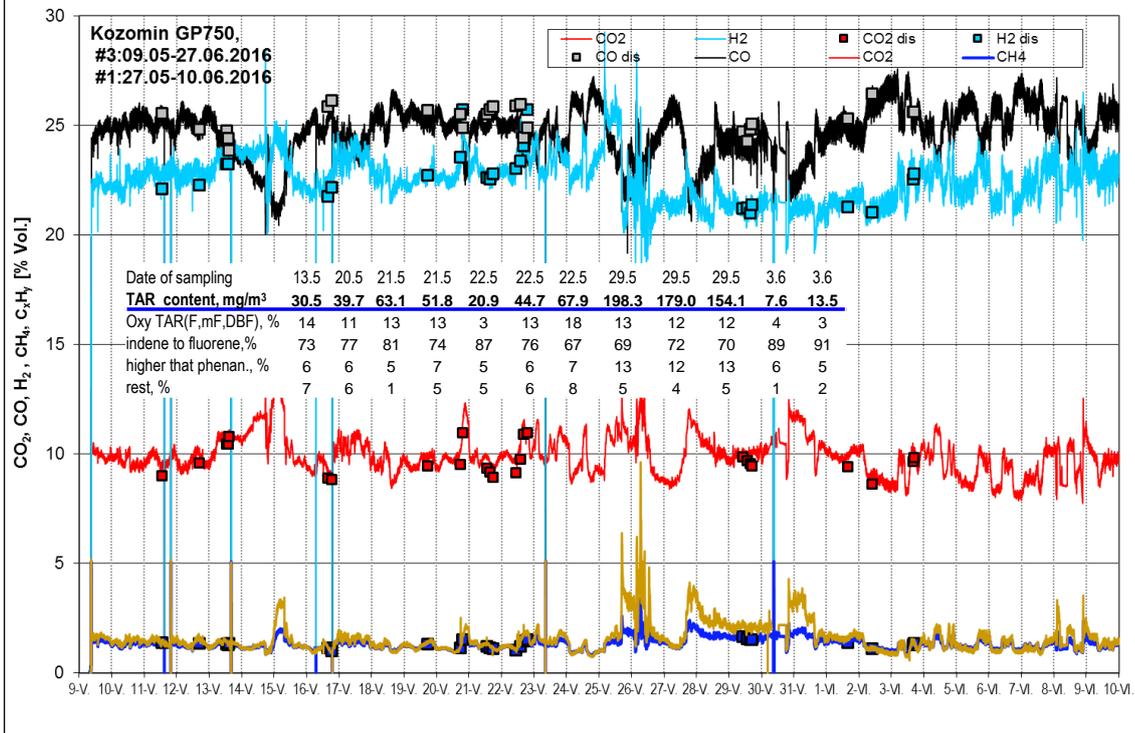




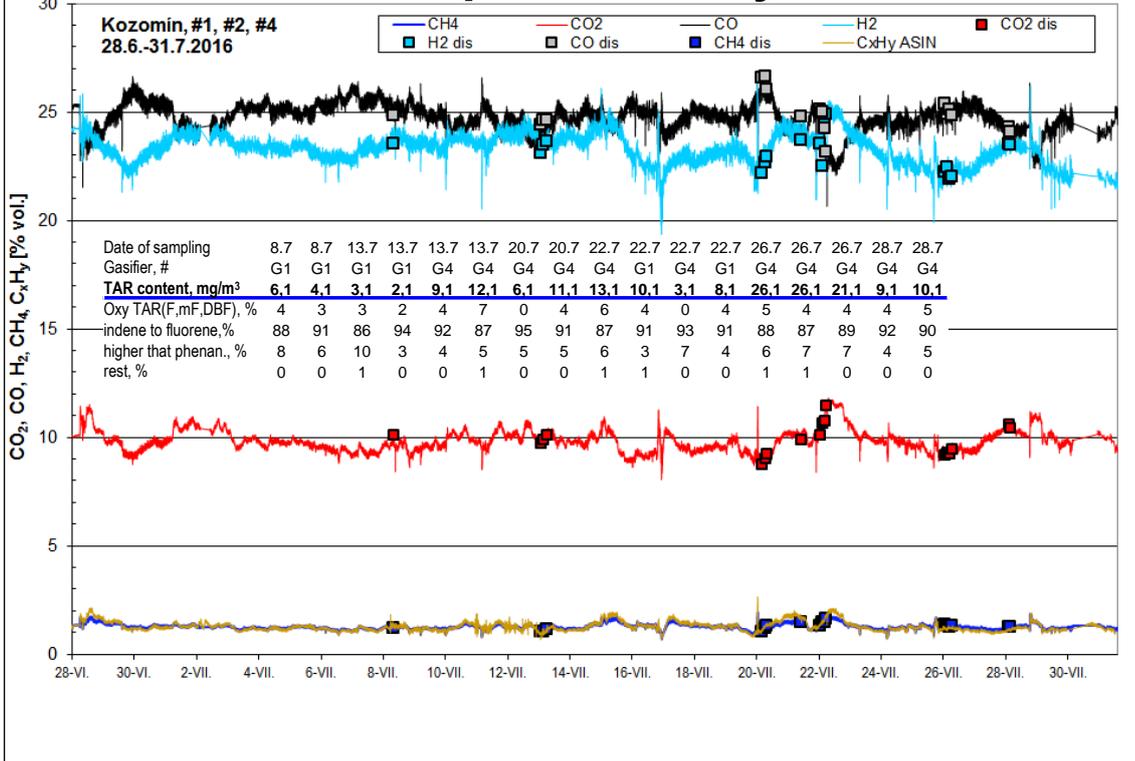
Combined heat and power plant in Kozomín



Gas composition June 2016



Gas composition July 2016



Fuel properties and their effects on generator

Proximate and ultimate analysis of selected fuels



fuel properties	Handlová, 2014	Kozomín, 2015	Kozomín ^{*)} , 2016	Kozomín, 2016
moisture, W^a	5.00	14.00	2.61	2.89
ash, A^d	1.08	2.78	1.03	0.98
volatile matter, V^d	79.75	78.80	78.84	78.21
fixed carbon, F_c^d	19.17	18.42	20.14	20.81
Q_i^a	16.94	14.72	16.71	17.23
Q_{daf}	18.16	18.02	17.40	17.99
ultimate analysis, ^d				
C	49.58	50.28	48.62	48.40
H	6.30	6.15	5.88	6.08
N	0.50	0.27	0.23	0.19
O	42.52	40.48	44.24	44.34
S	0.02	0.04	0.01	0.01

^{*)}chips stored for long period in the open air

Mass and energy balance during long time operation

	July	August	September	October	November	December
Wet fuel consumption [tons]	1733	1427	1395	1530	1376	1390
Average water content [wt. %]	40,0	38,2	38,5	40,5	41,3	42,7
Dry fuel consumption [tons]	1039	882	858	911	808	796
LHV of wet fuel [$MJ \cdot kg^{-1}$]	9,7	10,1	10,0	9,7	9,5	9,3
Biochar production [tons]	38,1	45,2	26,4	25,7	29,4	26,2
Biochar yield (compared to dry fuel) [wt. %]	3,7	5,1	3,1	2,8	3,6	3,3
Electric production [MWh]	1427	1309	1244	1327	1063	1083
Dry fuel consumption [$kg \cdot kWh^{-1}$]	0,728	0,673	0,690	0,687	0,760	0,735
Overall efficiency [%]	30,6	32,9	32,1	32,4	29,3	30,3
Overall efficiency (w/o biochar) [%]	32,4	35,7	33,7	33,8	31,0	32,0

Quality of biochar produced by GP750

Related to dry sample	Wooden chips			Biochar		
	Hardwood	Softwood	Mix	Hardwood	Softwood	Mix
Combustible [wt.]	99,0	99,6	99,2	82,8	83,5	68,0
Ash content [wt.]	1,03	0,379	0,795	17,2	16,5	32,0
Volatile matter [wt.]	82,9	83,5	83,4	4,48	2,95	4,90
Fixed carbon [wt.]	16,1	16,1	15,8	78,3	80,6	63,1
Higher heating value [MJ·kg ⁻¹]	19,0	19,2	19,3	27,9	27,3	21,0
Lower heating value [MJ·kg ⁻¹]	17,7	17,9	18,0	27,8	27,2	20,9
Specific surface area (S _{BET}) [m ² ·g ⁻¹]	-	-	-	600	659	401
Specific mesopore area [m ² ·g ⁻¹]	-	-	-	238	261	-
Volume of micropores [ml·g ⁻¹]	-	-	-	188	205	JB8

- Produced biochar does not contain any organic pollutants due to long residence time (several hours) in the high temperature zone ($t > 600$ °C)
- Textural properties of produced biochar are not dependent on a particle distribution JB5
- Average specific surface area $S_{BET} = 600$ m²·g⁻¹
- High volume of micropores assure good water retention abilities
- **All samples of produced biochar fulfil the requirements JB6 of European biochar certificate**

Typical gas composition from downdraft and staged gasifiers

	Downdraft Imbert	GP300	Viking DTU 75 kW _{th}	GP200	GP500	GP750
Biomass moisture, wt.	<10	<10	35-45	<10	<10	<10
CO	25,5	24,6	19,6 JB9	26,7	25,0	25,3
H ₂	17,2	16,4	30,5	23,0	22,3	22,7
CH₄	3,0	2,2	1,2	1,1	2,0	1,3
CO ₂	9,6	9,6	15,4	8,0	9,5	9,7
N₂	43,5	46,1	33,2	40,6	41,1	40,9
Other	1,2	1,1	0,1	0,6	0,2	0,1
Tar content, mg/m³	1000-2000	1300- 2000	<5	0,5-2,0	5,0-40	20-200
LHV (15 °C) MJ/m ³	6,3	5,7	5,6	5,9	5,9	5,8

Conclusion

- **GP750 gasifier is capable to simultaneously produce gas and biochar**
- Most suitable fuel for realisable operation are wooden chips with size 6–50 mm.
- Gas quality produced by GP750 is suitable for different types of IC engines.
- GP750 produces low tar gas (typically below $50 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$), HHV = $6,5 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ (Power production (>32 % Netto)).
- Gas treatment consists of: hot candle ceramic filters for particles removal and water scrubber for cooling < $40 \text{ }^\circ\text{C}$
- **High biochar quality ($500\text{-}900 \text{ m}^2/\text{g}$)**
- Gas quality and biochar production depends on:
 - fuel properties (size distribution, moisture content, ash content)
 - operating parameters (ratio of primary and secondary air, frequency of grating, temperature in POX chamber).

Thank you for attention



UNIVERSITY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY, PRAGUE
Faculty of Environmental Technology
Department of Gaseous and Solid Fuels and Air Protection

Jiří Brynda, Email: bryndaj@vscht.cz

Siarhei Skoblia, Email: skobljas@vscht.cz



**Institute of Chemical Process Fundamentals of
the Czech Academy of Sciences**

Michael Pohořelý, Email: pohorely@icpf.cas.cz



Biomasse im Rahmen der Energieprojekte der deutschen Technischen Entwicklungszusammenarbeit

(Elmar Dimpl; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH, Eschborn)



giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Bioenergy at GIZ
Bioenergy in Projects of the German Development Cooperation
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

29.08.2017 Elmar Dimpl: Biomass to Power and Heat. Zittau, June 1, 2017 Seite 1



Bioenergy in Projects of the German Development Cooperation

Outline:

- GIZ: its role and mandate
- Energy sector in GIZ
- Bioenergy in development Cooperation projects
 - Purpose and Use
 - Types of Biomass
 - Conversion Technologies
- Cooperation with Science and Consulting Services
- How to cooperate

29.08.2017 Elmar Dimpl: Biomass to Power and Heat. Zittau, June 1, 2017 Seite 2



GIZ one of the Implementing Organisations for Technical Development Cooperation

The Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ) and other governmental entities contract the **implementing organisations** with the concrete realisation of the development-policy projects and programmes of the German government.

KfW Entwicklungsbank is responsible for Financial Cooperation.

The **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)** is responsible for technical cooperation with Germany's partner countries.

Other smaller, specialised implementing organisations of Technical Cooperation are the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (**BGR**) or the National Metrology Institute (**PTB**).

29.08.2017 Elmar Dimpl: Biomass to Power and Heat. Zittau, June 1, 2017 Seite 3




GIZ Services in the Energy Sector





- **Increase of capacity and competence**
 - Provision of current expert knowledge about technology and management
 - Strengthening sector institutions and key actors
 - Trainings etc.

- **Creation of favourable pre-conditions**
 - Assistance in creating supportive political conditions on the national level
 - Support in the implementation of national renewable energy strategies
 - Assistance in including the private sector

- **Support a multi-stakeholder dialogue in the energy sector**
 - Playing the role of a 'trustworthy agent' among political institutions, civil society, the research sector and the business sector
 - Supporting national and regional political processes

- **Technical advisory services**
 - Technology transfers and introduction of innovative RE/EE technologies
 - Planning and implementation of demonstration projects

29.08.2017
Energy at GIZ
Seite 4




GIZ - Areas of Activity in the Energy Sector



Basic energy supply

- Household energy (improved cook stoves)
- Rural energy supply (solar home systems, village electrification)
- Mini and Micro-Grids



Renewable energies

- RE-Technologies (e.g. wind, solar, **biomass**, geothermal)
- Sustainable large-scale hydro power
- RE policy development
- Grid integration of RE



Energy efficiency

- EE in buildings
- EE in end-use devices
- EE in industry
- EE in the transport sector



International Energy policies

- International processes and networks (REN21, IRENA)
- Energy Partnerships (e.g. Mexico, Brazil)
- Policy and Strategy development
- Energy system analysis and planning

Seite 5



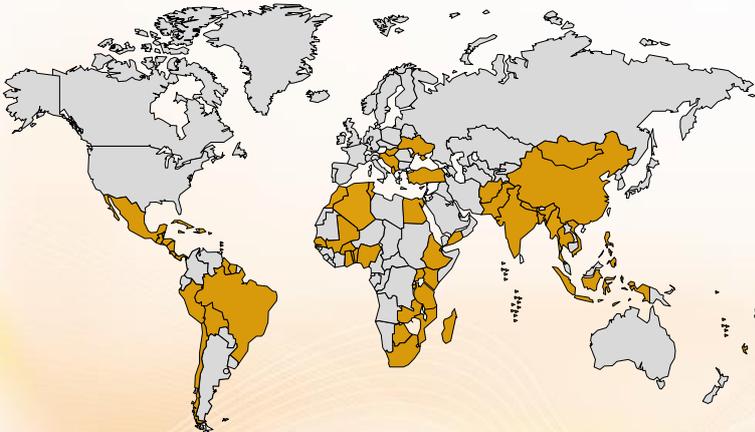
GIZ Energy Efficiency Activities through a Multilevel Approach

Macro	Meso	Micro
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formation of support policies (e.g. energy saving regulations) ▪ Development of sector and industry specific strategies ▪ Creation of incentive systems and financing mechanisms ▪ Estimation of technology potentials 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technical standards, norms, metrology, quality control ▪ Education and professional training for energy experts (e.g. auditors) ▪ Development of service markets (e.g. via consulting agencies or competence centres) ▪ Establishment of networks and dialogue platforms 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Awareness and dissemination campaigns ▪ Support for innovation processes ▪ Information and professional training services ▪ Implementation of pilot and model projects

29.08.2017
Challenges Energy Efficiency
Seite 6



GIZ - Energy Projects



GIZ energy projects worldwide: ca. 170

- Africa: 30 %
- Asia: 27 %
- Europe: 12 %
- Latin America: 18 %
- MENA region: 6 %
- Trans-regional: 7 %

Current projects

Seite 7



Objectives of RE deployment in emerging and developing countries

- Security of supply
- Cost efficiency / economic benefits from vRE generation
- Reduction of import dependence, local value creation, job creation
- Grid stability
- Capacity expansion
- Industrial and innovation policies
- Climate change mitigation

Seite 8



Biomass for Energy: Purpose and Use

- **Cooking** (in rural SSA Africa the main energy consumption)
- **Heating** (in cold climate: Balkan, Eastern Europe, Central Asia)
- Electricity generation
- Biofuels
- Agro/industrial processes
 - Drying
 - Paraboiling (rice)
 - Brewing
- Waste disposal, **creation of value from local available material** (shrubs, Namibia, **biogas from waste**)

29.08.2017

Seite 9



giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Types of Biomass used

- Wood: trunks, charcoal, pellets, wood chips
- Dry agricultural residues: rice husk, peanut shells, sugar cane bagasse (partly as pellets)
- Wet / humid agricultural residues: manure, residues from fruit processing.
- Organic municipal waste

- Namibia: Encroaching bushes as fuel for 10 MW power plant



29.08.2017Elmar Dimpl: Biomass to Power and Heat. Zittau, June 1, 2017Seite 10



giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Conversion Technologies

- Efficient, low emission stoves: household, small industry (Africa, S-E Asia)
- Kilns for charcoal production
- Dryer
- Gasifier
- Biogas small scale for cooking, large scale for power generation
- Boilers for heating e.g. schools, hospitals (Serbia)
- Long distance heating plants, *Toplanas* (Serbia)
- CHP plants

29.08.2017Elmar Dimpl: Biomass to Power and Heat. Zittau, June 1, 2017Seite 11

 **giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Examples for activities



29.08.2017



Countries with biogas activities



Seite 12

Elmar Dimpl: Biomass to Power and Heat. Zittau, June 1, 2017

 **giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Challenges and Opportunities

- GIZ has its own staff in the programs and projects
- Many are technical experts. However their task is mainly the process management.
- Hence technical support is needed.

- Nearly all projects contract consultants as support.
 - In some cases only for few days and for special tasks
 - In some cases a complete project or a complete project component (e.g. training) is allocated to consultants.

29.08.2017

Elmar Dimpl: Biomass to Power and Heat. Zittau, June 1, 2017

Seite 13



Need for Support from Science and Consulting Companies

- Analysis of potentials (technical, political, economical)
- Feasibility studies
- Project planning support
- Trainings, development of training concepts
- Advisory services on technologies or improving regulative, organizational and economic framework

29.08.2017 Elmar Dimpl: Biomass to Power and Heat. Zittau, June 1, 2017 Seite 14



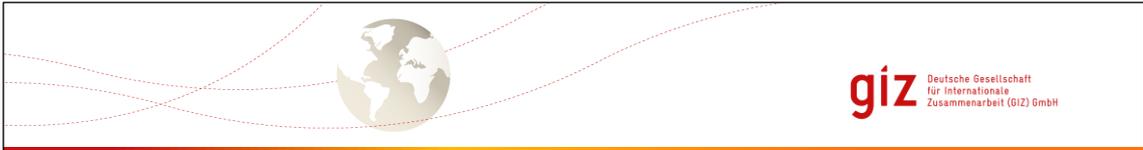
How to cooperate or support?

Bioenergy is a niche market in GIZ's energy sector.
Demand is existing, however not very high.

- Consultancy is possible with individual experts and with consultancy companies or public organizations.
- Standardized procedure: call for proposals
- Request comes mostly from projects in the partner countries
- *Fach und Methodenbereich (FMB)* in GIZ Headquarter has a supporting task.
- Important is to know who can offer what. To stay in contact. To observe GIZ website with announcement of tenders:
https://www.giz.de/de/mit_der_giz_arbeiten/421.html
https://www.giz.de/en/workingwithgiz/bidding_procurement.html

For equipment manufacturers the tenders from the partner organizations in the partner countries are more relevant.

29.08.2017 Elmar Dimpl: Biomass to Power and Heat. Zittau, June 1, 2017 Seite 15



■ Thank you for your attention

- Contact:
- **Elmar Dimpl**
- Fachplaner, OE 4D50, KC Energie
- Abteilung 4D00 – Klima, Ländliche Entwicklung, Infrastruktur
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
- Postfach / P.O. Box 5180
- 65726 Eschborn
- Deutschland / Germany
- + 49 6196 79 - 1374
- elmar.dimpl@giz.de

29.08.2017 Elmar Dimpl: Biomass to Power and Heat. Zittau, June 1, 2017 Seite 16

Possible valorization pathways for char from small scale gasification system: the case of South Tyrol

(Dr. Daniele Basso; Faculty of Science and Technology, Free University of Bozen)

unibz
— Freie Universität Bozen
— Libera Università di Bolzano
— Free University of Bolzano



Free University of Bozen-Bolzano, Faculty of Science and Technology
PhD programme in Sustainable Energy and Technologies

Possible valorization pathways for char from small scale gasification system: the case of South Tyrol

Daniele Basso, eng. Ph.D.

unibz Freie Universität Bozen
Libera Università di Bolzano
Free University of Bolzano

Introduction



BACKGROUND

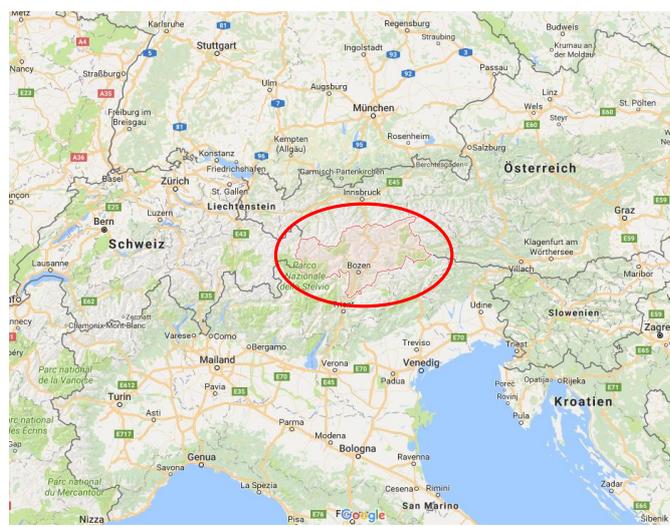
unibz Freie Universität Bozen
Libera Università di Bolzano
Free University of Bolzano

Introduction



The South Tyrol region

Area: 7400 km²
Population: 511750 ab.
~42% forest
CHP since 1993




 Freie Universität Bozen
 Libera Università di Bolzano
 Free University of Bolzano

Introduction



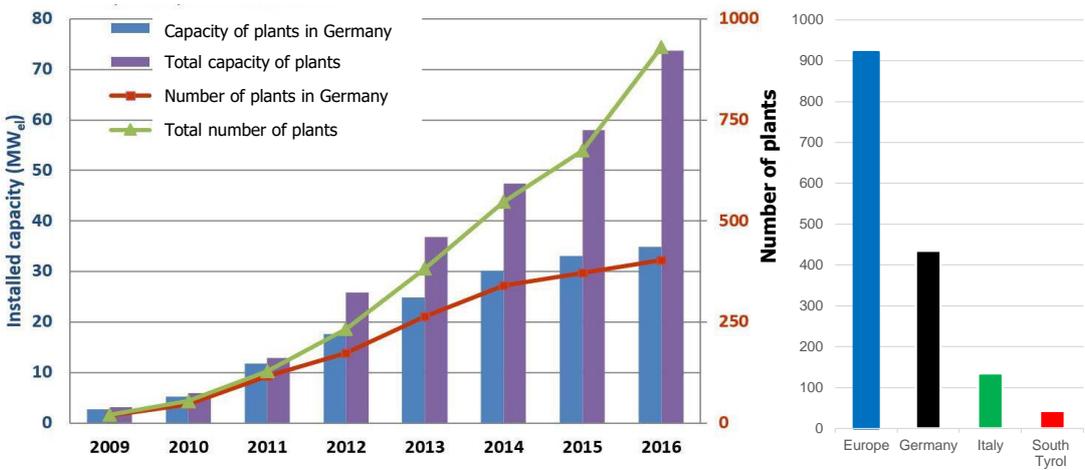
SMALL SCALE GASIFICATION PLANTS


 Freie Universität Bozen
 Libera Università di Bolzano
 Free University of Bolzano

Biomass & Biofuels LAB

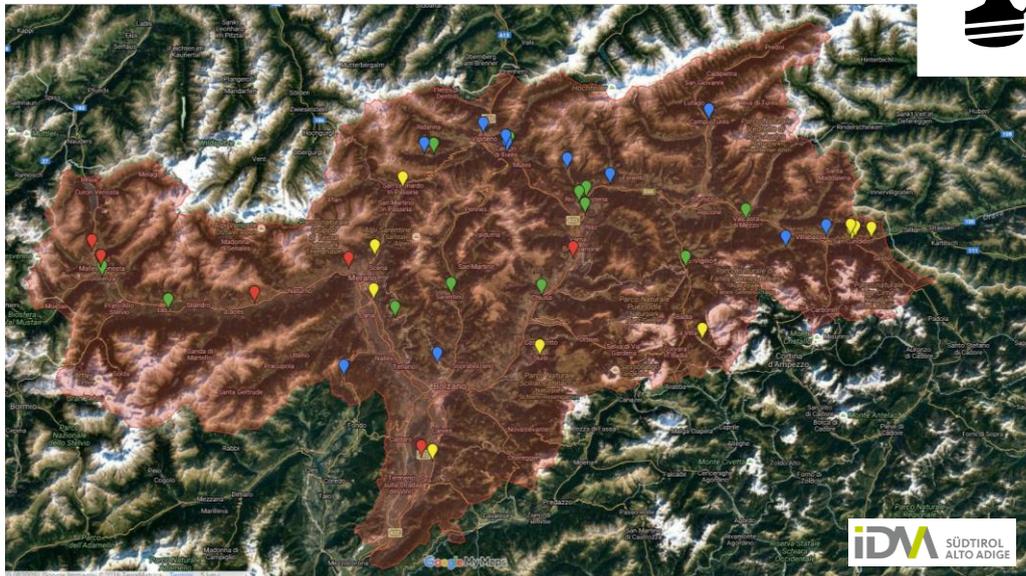
Data of small-scale biomass gasification units installed capacity by manufacturers:

Europe ~ 920; Germany ~ 435*, Italy ~ 120-150; South Tyrol ~ 43



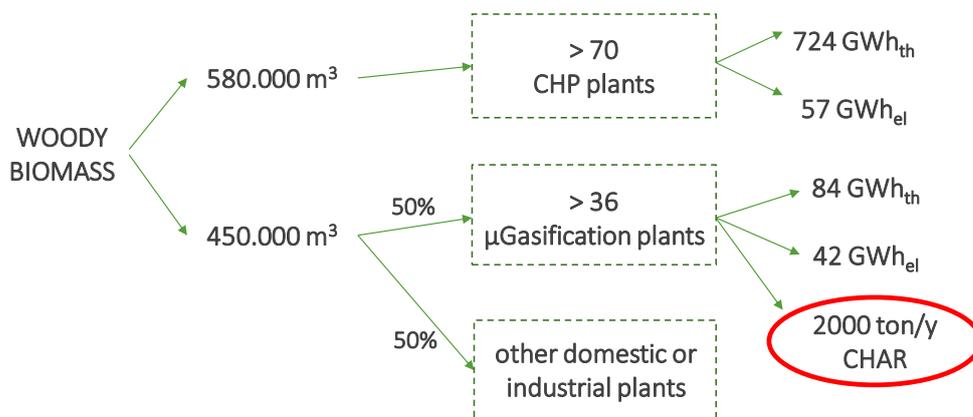
Year	Capacity of plants in Germany (MW _{el})	Total capacity of plants (MW _{el})	Number of plants in Germany	Total number of plants
2009	~2	~2	~1	~1
2010	~5	~5	~2	~2
2011	~12	~12	~4	~4
2012	~18	~25	~6	~6
2013	~25	~38	~8	~8
2014	~30	~48	~10	~10
2015	~33	~58	~11	~11
2016	~35	~75	~12	~12

*Source: workshop "Small scale gasification for CHP" – Innsbruck - 3rd, May 2017



TOTAL PLANTS AUTHORIZED: 43

GASIFICATION IN SOUTH-TYROL



(UNIBZ, GAST project 2014)

 Freie Universität Bozen
Libera Università di Bolzano
Free University of Bolzano

Introduction 

PROJECTS

 Freie Universität Bozen
Libera Università di Bolzano
Free University of Bolzano

Introduction 

GAST PROJECT (2013-16)

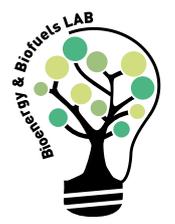
NEXT PROJECT (2016-17)

WOOD-UP PROJECT (2017-2019)

Possible valorization pathways for char from small scale gasification system: the case of South Tyrol



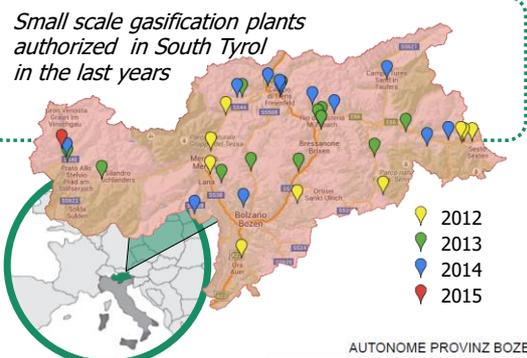
Freie Universität Bozen
Libera Università di Bolzano
Free University of Bolzano



The GAST project (2013-16)

"Experiences in biomass Gasification in South Tyrol: energy and environmental assessment"

Small scale gasification plants authorized in South Tyrol in the last years



Project partners





Funded by:
Autonomous Province of Bolzano

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL



Abteilung 40, Bildungsförderung,
Universität und Forschung

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE



Ripartizione 40, Diritto allo Studio,
Università e Ricerca scientifica

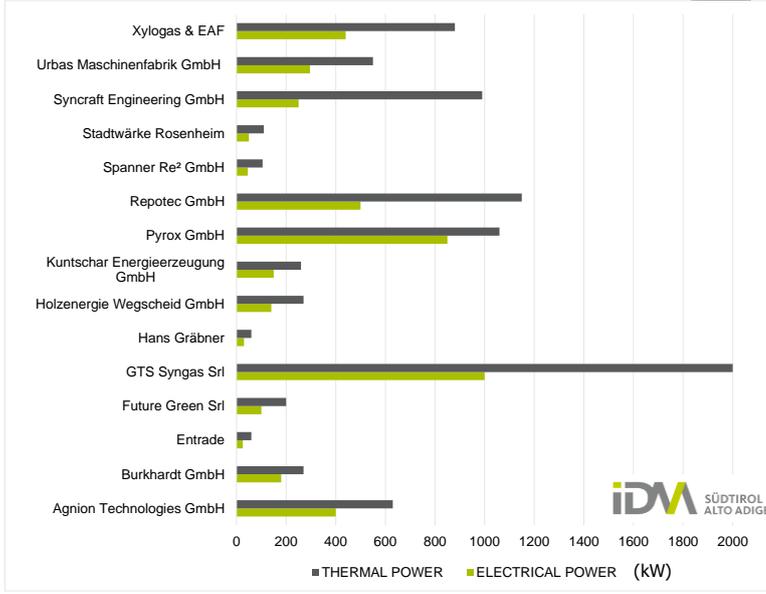


Freie Universität Bozen
Libera Università di Bolzano
Free University of Bolzano



FACTS & FIGURES

Technology	Place
Agnion Technologies GmbH	Ora
Burkhardt GmbH	Ora
Burkhardt GmbH	Sinigio
Burkhardt GmbH	Campo di Trens
Burkhardt GmbH	Campo di Trens
Burkhardt GmbH	S. Genesio
Entrade	Terlano
Future Green Srl	Lagundo
Hans Gräbner	Campo Tures
Holzenergie Wegscheid GmbH	Rio di Pusteria
Kuntschar Energieerzeugung GmbH	Braies
Kuntschar Energieerzeugung GmbH	Senale San Felice
Kuntschar Energieerzeugung GmbH	Rio Pusteria
Pyrox GmbH	Lasa
Repotec GmbH	Malles
Spanner Re² GmbH	Badia (S. Cassiano)
Spanner Re² GmbH	Castelrotto (Siusi)
Spanner Re² GmbH	Riffiano
Spanner Re² GmbH	S. Candido
Spanner Re² GmbH	S. Candido
Spanner Re² GmbH	S. Candido
Spanner Re² GmbH	S. Leonardo I.P.
Spanner Re² GmbH	Campo di Trens
Spanner Re² GmbH	Chiussa (Latzfons)
Spanner Re² GmbH	Glorenza
Spanner Re² GmbH	Naz Sclaves
Spanner Re² GmbH	Racines
Spanner Re² GmbH	Rio Pusteria (Springa)
Spanner Re² GmbH	S. Martino I.B.
Spanner Re² GmbH	Sarentino
Spanner Re² GmbH	Valdaora
Spanner Re² GmbH	Verano
Spanner Re² GmbH	Doibiacco
Spanner Re² GmbH	Malles
Spanner Re² GmbH	Racines
Spanner Re² GmbH	Vandoies
Spanner Re² GmbH	Lagundo (Aschbach)
Spanner Re² GmbH	Lainburg
Spanner Re² GmbH	n.p.
Stadtwärke Rosenheim	Bressanone
Syncraft Engineering GmbH	Versciaco
Urbas Maschinenfabrik GmbH	Valles
Urbas Maschinenfabrik GmbH	Castelbello
Urbas Maschinenfabrik GmbH	Malles
Xylogas & EAF	Val di Vizze



Company	Thermal Power (kW)	Electrical Power (kW)
Xylogas & EAF	~850	~450
Urbas Maschinenfabrik GmbH	~550	~300
Syncraft Engineering GmbH	~1000	~250
Stadtwärke Rosenheim	~100	~50
Spanner Re² GmbH	~100	~50
Repotec GmbH	~1150	~500
Pyrox GmbH	~1050	~850
Kuntschar Energieerzeugung GmbH	~250	~150
Holzenergie Wegscheid GmbH	~250	~150
Hans Gräbner	~50	~20
GTS Syngas Srl	~2000	~1000
Future Green Srl	~200	~100
Entrade	~50	~20
Burkhardt GmbH	~250	~150
Agnion Technologies GmbH	~600	~400



Plant monitoring: data acquisition

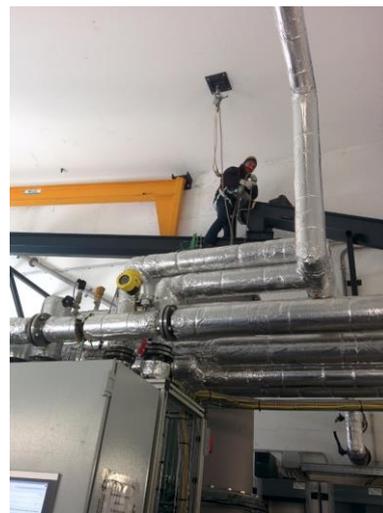
Mass fluxes

- Woody biomass flow rate
- Gasifying agent (air) flow rate
- Producer gas flow rate
- Char flow rate

Energy fluxes

- Energy related to the input fuel
- Energy related to the producer gas
- Produced electrical and thermal energy

Plant monitoring: mass of feedstock



Plant monitoring: gasifying agent

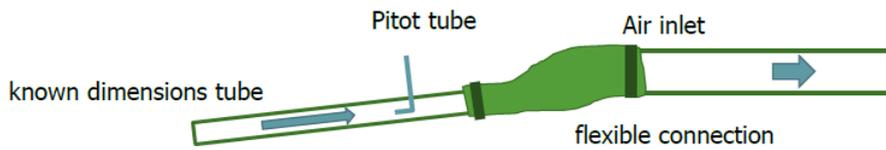
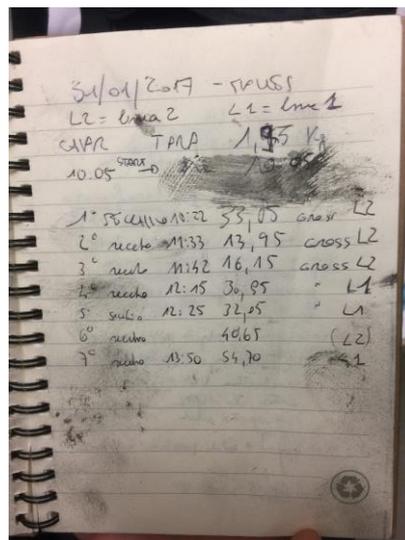


Figure 4: Set up for the measurement of the gasifying agent flow rate.

Volumetric flow rate of producer gas:

$$\dot{V}_{\text{gas}} = \frac{X_{\text{N}_2}}{0.21} \dot{V}_{\text{air}}$$

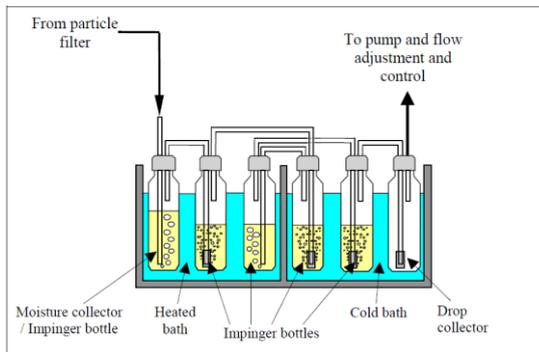
Plant monitoring: char production



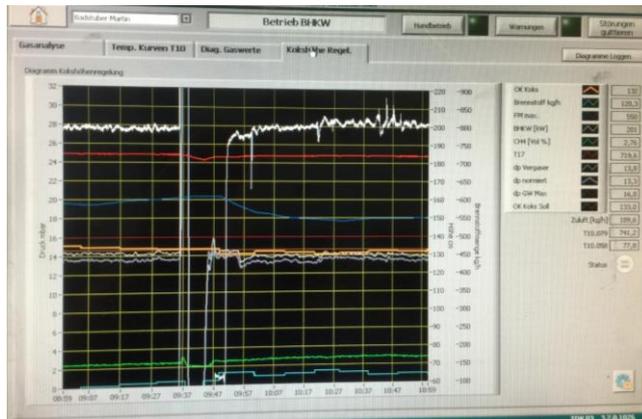
30/01/2017 - TRUSS			
CC	Time	CC	Time
CCPR	TMPA	1,85	V _g
10.05	10.05		
1°	scudo	11.22	33,05 cross L2
2°	scudo	11.33	13,95 cross L2
3°	scudo	11.42	16,15 cross L2
4°	scudo	12.15	30,85 " L1
5°	scudo	12.25	32,05 " L1
6°	scudo		44,65 (L2)
7°	scudo	13.50	54,70 " L1

Plant monitoring: tar sampling and gas analysis

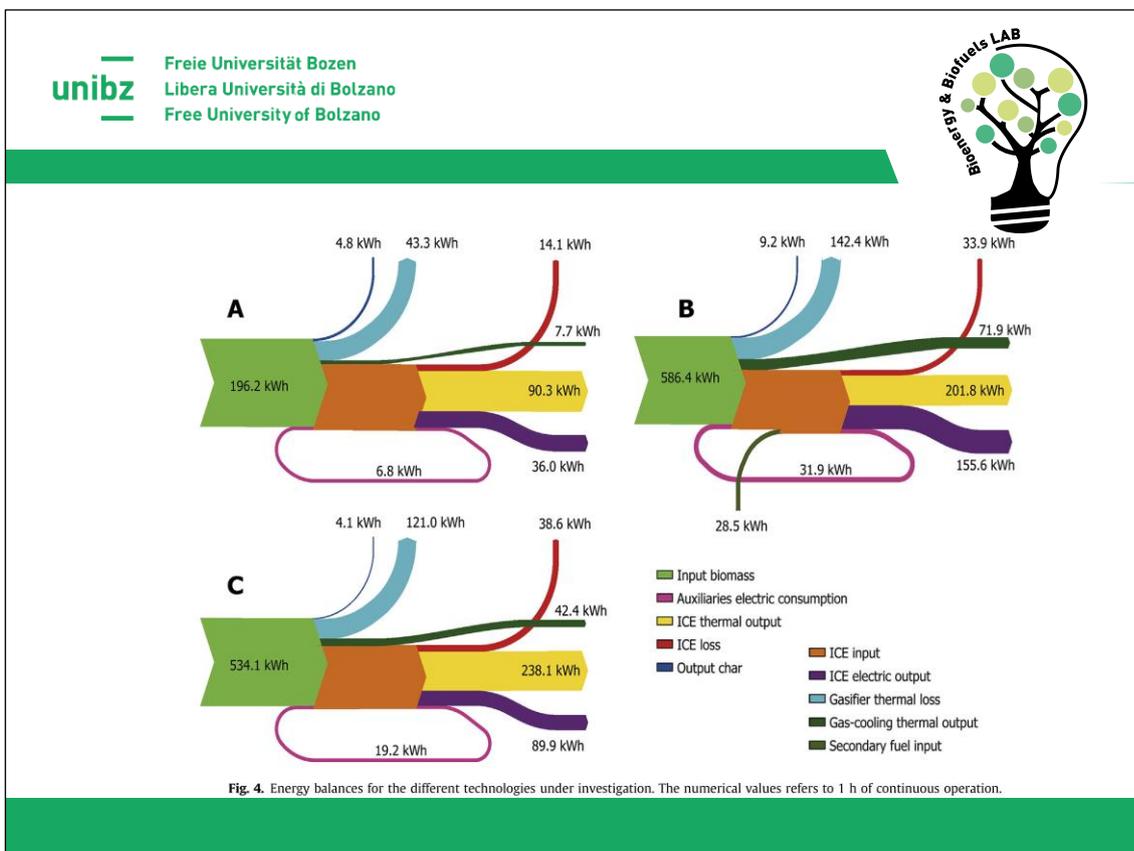
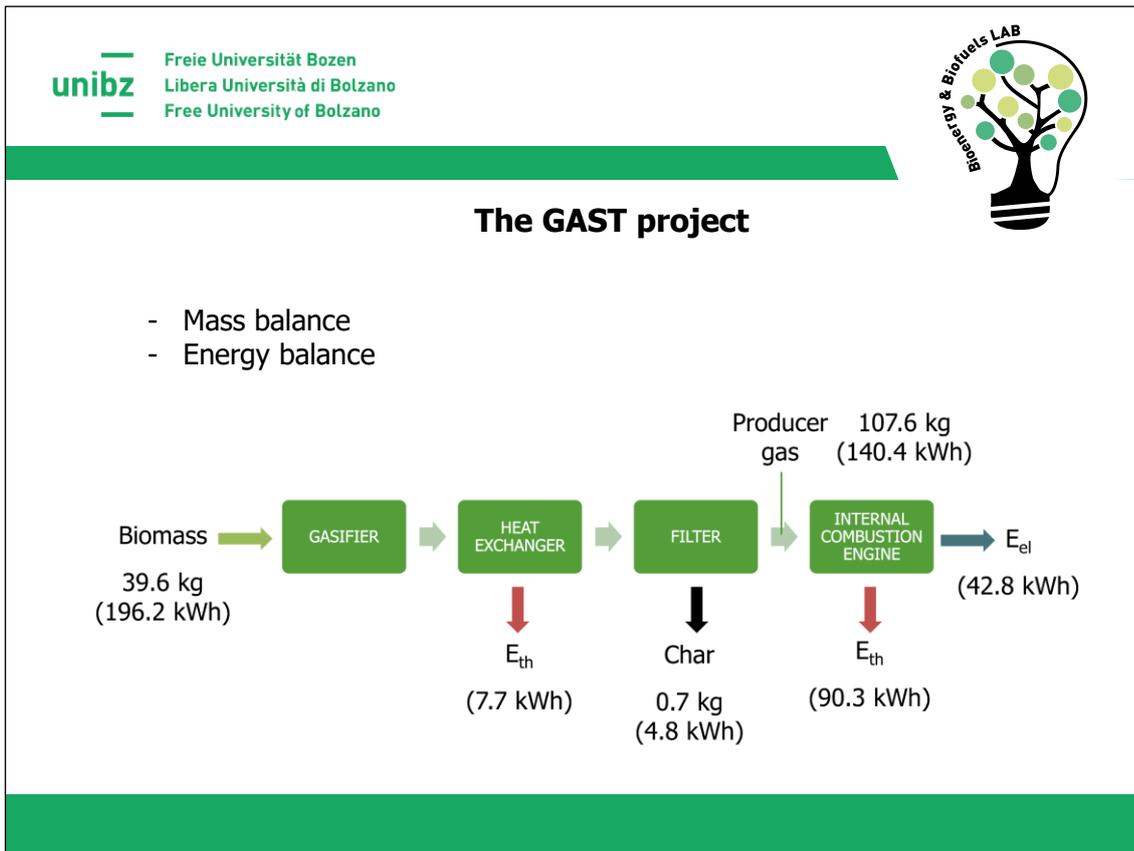
TAR sampling equipment



Plant monitoring: energy data



Generatorleistung :	182 kW
Elekt. Energie :	4100450 kWh
Wärmemenge :	0.00 MWh
Betriebsstunden :	24053 Std.
Kraftstoffzähler :	66570 l
Tankinhalt :	2118 l
Strom Eigenverb. :	58801.6 kWh
Leistung TG	19 kW
Energie TG	419953 kWh
Gesamtleistung	201 kW
Gesamtenergie	4520403 kWh





The GAST project

Main results

- Quite **reliable operation** of commercial small scale CHPs (< 200 kW_{el})
 - the plants ensure 7000 h/year of operation
 - similar overall efficiencies for the compared technologies (\approx 70%)
 - high electrical efficiency (20-30 %)
- but...
 - high quality feedstock (water content < 10 %)
 - **tar** content higher than the limit suggested in the scientific literature (frequent engine **maintenance** required)
 - **char** as to be disposed off (it is a **cost** for the plant manager)



The NEXT GENERATION project (2016-17)

“Novel **EXT**ension of biomass poly-**GENERATION** to small scale gasification systems in South-Tyrol”

Project partners



*Funded by:
Autonomous Province of Bolzano*

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

Abteilung 40. Bildungsförderung,
Universität und Forschung



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Ripartizione 40. Diritto allo Studio,
Università e Ricerca scientifica



POLYGENERATION

The production of at least three different products, which are typically heat, electricity and biofuels or valuable materials.



Possible utilization pathways (literature)

For energy production (co-firing in power plants)

As a soil improver

As an adsorbent

As a catalytic support



Possible utilization pathways (industrial)

For tar cracking applications

In adsorption applications



ENERGY PRODUCTION

Technology	Moisture	Ash	C	H	N	S	O	HHV	LHV
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(MJ/kg)	(MJ/kg)
A	0.00	13.34	78.97	0.68	0.20	0.31	6.50	25.53	25.38
B	79.01	19.40	66.96	0.18	0.16	0.63	12.67	18.11	18.07
C	0.75	5.47	80.23	0.49	0.23	0.28	13.29	26.74	26.53
D	0.79	4.63	89.33	0.54	0.21	0.28	9.59	30.92	30.73
E	0.23	25.15	69.05	0.15	0.12	0.28	5.24	22.87	22.84
F	1.25	16.03	69.49	0.20	0.46	0.33	13.49	24.17	23.99

Pellets of blended materials (char + wood)



SOIL IMPROVER (preliminary results)

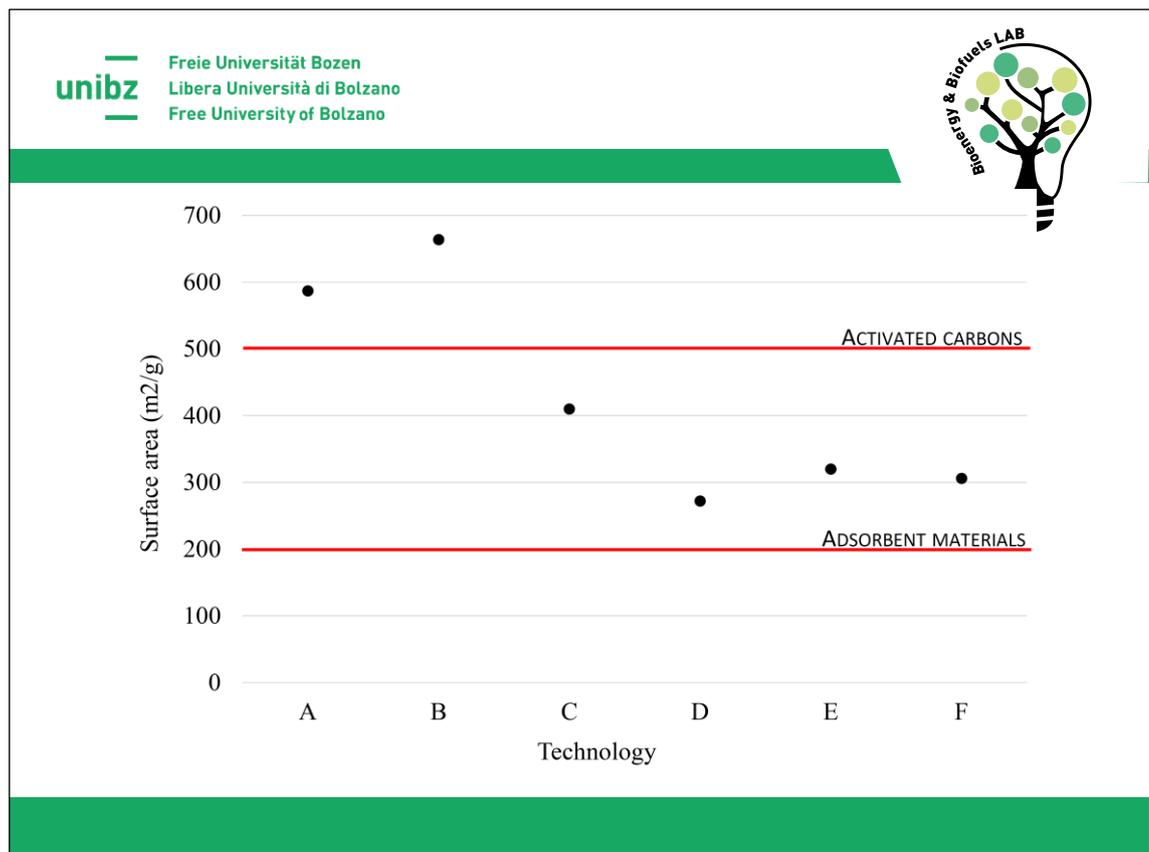
Technology	H/C	Cr	Cd	Zn	PAH	PCB
	(mol/mol)					
A	0.104 (0.7)	9.45 (0.5)	1.814 (1.5)	396.11 (500)		
B	0.031 (0.7)	0.71 (0.5)	1.856 (1.5)	215.69 (500)	263 (6)	19.5 (0.5)
C	0.074 (0.7)	1.13 (0.5)	6.433 (1.5)	511.06 (500)		
D	0.073 (0.7)	2.78 (0.5)	0.224 (1.5)	66.26 (500)	85.6 (6)	0.4 (0.5)
F	0.034 (0.7)	15.47 (0.5)	0.229 (1.5)	570.27 (500)	441.2 (6)	107.8 (0.5)



ADSORBENT (preliminary results)



BET surface measured with Micromeritics 3Flex surface analyzer



Freie Universität Bozen
Libera Università di Bolzano
Free University of Bolzano

Activated Carbons

Amorphous carbonaceous materials

- High carbon content (85-95 %)
- High surface area (500-2000 m²/g)
- Microporous structure (pore volume: 0.20-0.60 cm³/g)
- High degree of surface reactivity

↓

ACs are ideal for adsorption

ACs demand in 2018: 2.1 million tons

Cheap precursors are needed



Adsorption

- Large surface area (200-2000 m²/g)
- Micro- and meso-pore distribution compatible with the molecular dimensions of the adsorbates
- Surface chemistry that does not inhibit the adsorption mechanism.

**Scarce data available on
surface area of chars
from actual gasification plants**



Two options

- Given the char properties, **find the best application** (downstream)
 - e.g., dual stage gasifier seems the most promising technology for adsorption applications
- Integrate the existing technologies with **activation stages**, optimizing the process in order to obtain a valuable (by-)product



The WOOD-UP project (2016-2019)

“Optimization of **WOOD** gasification chain in South Tyrol to produce bio-energy and other high-value green Products to enhance soil fertility and mitigate climate change”

Question mark

- Can **char from gasification** be used in an effective way as **soil amendment**?

Project partners



Funded by:



AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



PROVINCIA
AUTONOMA
DI BOLZANO
ALTO ADIGE



LEGISLATIVE BACKGROUND

G.U. n. 186, 12.08.2015: «*Biochar as soil improver*»

S3 Priorities (Province of Bolzano), Energy and Environment:
«*Improve the renewable energy production from woody biomass*»



PATHWAYS TO IMPROVE POLYGENERATION IN SOUTH-TYROL



Correlation between char properties and process conditions/technology

- chemical-physical characteristics
- type of technology
- operational conditions of the plant



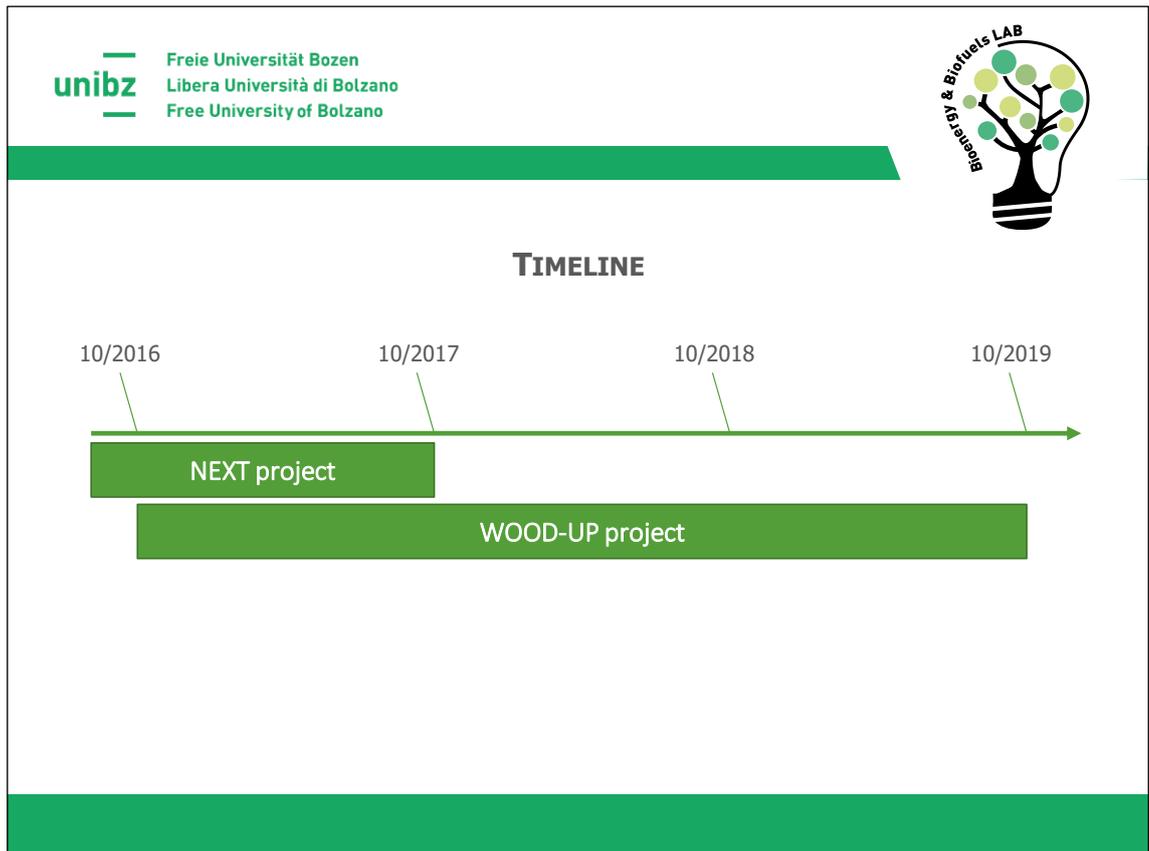
Comparison between gasification chars and certified biochar

- certified char
- char produced under controlled conditions in lab



Identification of viable alternatives for the improvement of the gasification technologies, in order to improve the characteristics of char.

A unified business: tool for the evaluation of the improvements proposed.



Freie Universität Bozen
Libera Università di Bolzano
Free University of Bolzano

Free University of Bozen-Bolzano, Faculty of Science and Technology
PhD programme in Sustainable Energy and Technologies

Thank you

Daniele Basso, eng. Ph.D.

Feststoff-Biomasse-KWK am Beispiel einer Pyrolyse-Anlage, die die Reststoff- und Energiekreisläufe einer großen Biogasanlage schließt und in Wert setzt

(Martin Schmid; Ökozentrum Langenbruck)

ökozentrum

forschen | entwickeln | bilden

Feststoff-Biomasse-KWK am Beispiel einer Pyrolyse-Anlage, die die Reststoff- und Energiekreisläufe einer Biogasanlage schließt und in Wert setzt

Zittau, 1. Juni 2017

CharNet.ch
Martin Schmid
Projektleiter

Compag AG
Rolf Fröhlich
VR / Inhaber

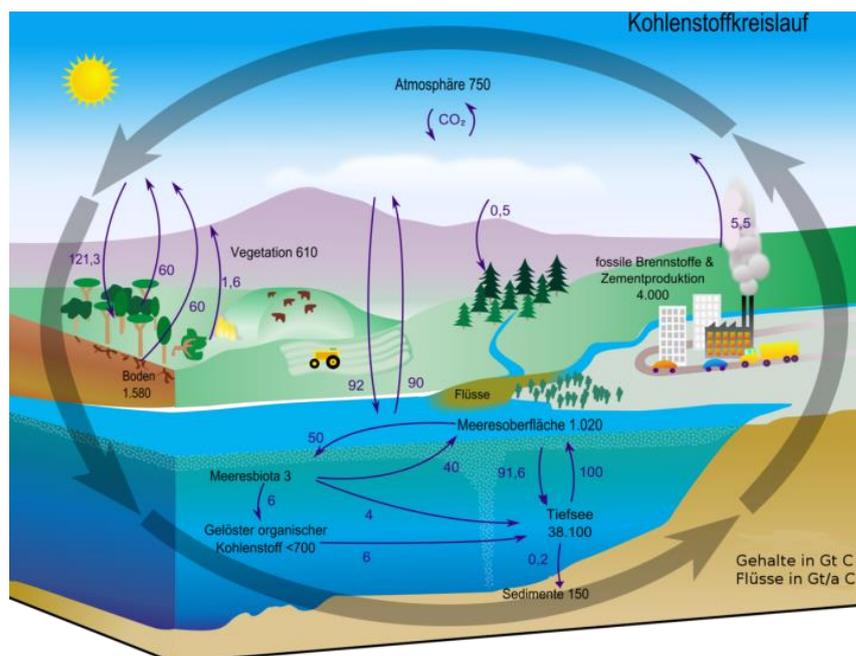
Le Viet Hien Mech. Co. Ltd.
Vinh Le Viet
Geschäftsführer/ Mitinhaber

Biomasse-Energie ist ja nicht überlebenswichtig...

- *Kaskadische Nutzung: Stoffliche Nutzung ist vorzuziehen*
- *Als Futtermittel zugelassene Pflanzenkohle hat einen Marktwert von „22 ct/kWh“ Heizwert der eingesetzten Biomasse.*
- *EEG wird sinken oder wegfallen, Ökostrom aus Wind und vom Solardach wird immer kosteneffizienter (Ausschreibungen Solar Ende 2016 in De bei 6.29 ct/kWh. In der Schweiz wird schon gar nicht mehr mit KEV gerechnet, sondern mit Eigenbedarfs-optimierung.*
- *Konvergenz der Netze – bessere Speicherbarkeit von Solarstrom*
- *Peak-Oil war harmlos – der Peak Soil wird aber alles andere als harmlos sein.*
- *Es geht nicht nur um die nur noch 2'000 m² Acker pro Kopf der Weltbevölkerung – sondern auch um deren Dicke und Fruchtbarkeit*

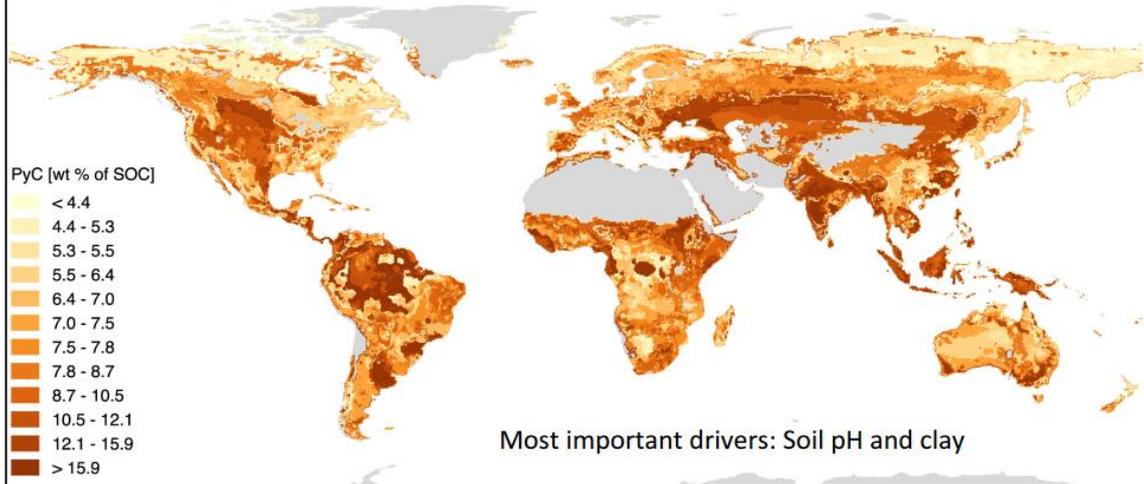


Die Humusböden enthalten mehr als doppelt soviel Kohlenstoff C wie die Atmosphäre



Bildquelle:
Wikipedia

Die häufigste Form von Kohlenstoff im Humusboden ist pyrolytischen Ursprungs – nicht weil es so häufig brennt...



Take home messages:

- Soils are all full of biochar-like material
- Soil characteristics have a major influence on its content

Presented by Dr. Samuel Abiven, Uni Zürich: Reisser et al., 2016

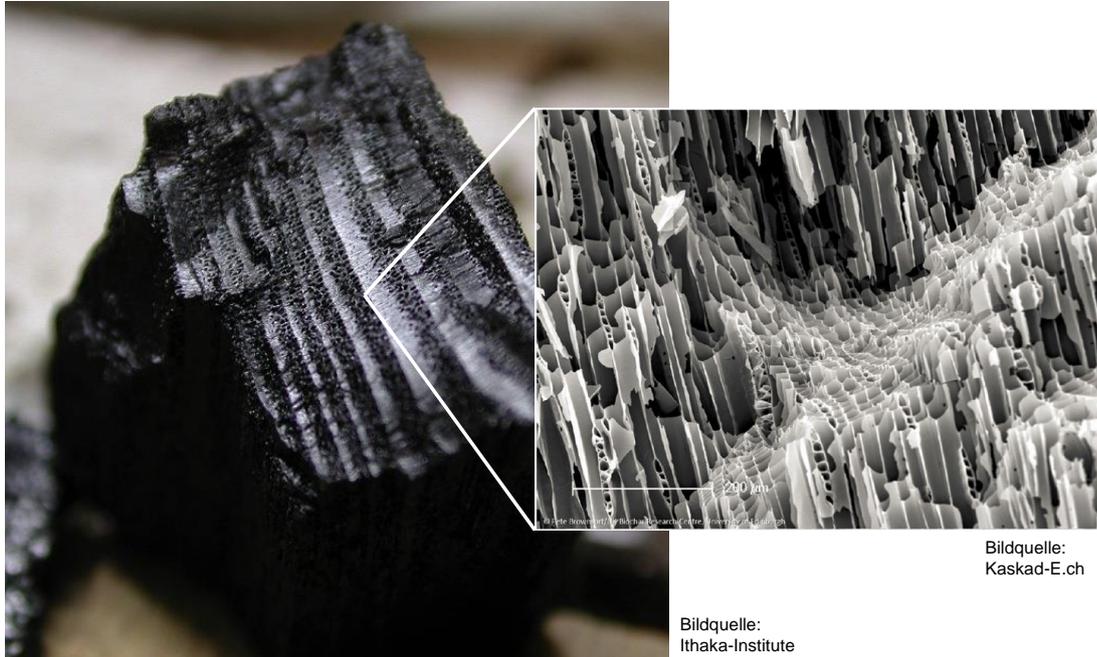
...weil Pflanzenkohle mindestens 300x länger im Boden bleibt als «kompostierte Biomasse»

→ Die Terra-Preta – Geschichte ist kein Hype!



- Die seit 500 Jahren ohne Fruchtbarkeitsverlust bewirtschafteten schwarzen Böden, die an wenigen Stellen am Amazonas zu finden sind, enthalten menschgemachte Holzkohle einer früheren Hochkultur von vor 7'000 bis 3'000 Jahren.
- In Europa wissen alte Gärtner noch, dass Holzkohle-Staub für eine fruchtbare Erde mindestens so gut wie Torf ist, aber länger bleibt.
- Auch in Westafrika vielerorts in Anwendung – seit mindestens 700 Jahren

Was ist Pflanzenkohle?

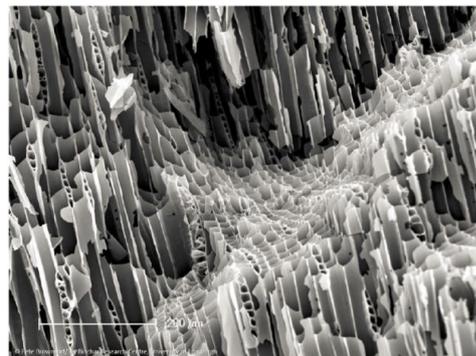


Bildquelle:
Kaskad-E.ch

Bildquelle:
Ithaka-Institute

Was ist Pflanzenkohle?

- Aus Biomasse erzeugte Aktivkohle (englisch und französisch: Biochar, russisch: Bio-ugol – aber im deutschsprachigen Raum war „Bio“ ein mehrfach besetzter Ausdruck; Holzkohle ist auch eine Pflanzenkohle-Art)
- Sehr porös – 200 bis 1'500 m²/g
- Enorme Wasserhaltekapazität (100 bis zu 500% der Eigenmasse)
- Geruchlos
- Geschmacklos ausser bei hohem Mineralgehalt
- Basisch – pH >9.0
- So gut wie kristalline Struktur
- Elektrisch gut leitend
- Sehr hohe KAK (Kationen-Austausch-Kapazität)
- katalytisch und reduzierend
- Thermisch stabil gegen Oxidation bis ca. 375°C – langlebigste C-Form
- Stabiler schwarzer Farbstoff (E153) „Pflanzenkohle“



Herstellung und Herkunft sauber gegenüber Boden und Luft

- Die Produktion der Pflanzenkohle darf **keine klimarelevanten** und **keine toxischen Gase** ausstossen und muss die **Abgasvorschriften** einhalten.
- Die erzeugte Kohle muss punkto **Schwermetall-Gehalt** und **PAK** (Polyaromatische Kohlenwasserstoffe), sowie **PCB** das **European Biochar Certificate EBC** einhalten
- Die überschüssige **Energie soll genutzt** sein.



Traditionelles Köhlern ist klima- und umweltschädlich, sowie eine Ressourcenverschwendung

Projekt: Pflanzenkohleanalytik gemäß EBC-Richtlinie

Untersuchung nach Pflanzenkohle gemäß European Biochar Certificate (Auswahl)

Probenbezeichnung

PPPC1 Cashew

Parameter	Einheit	BG	Grenzwerte		Labornummer	116083045	
			GW 1	GW 2		Methode	anl
Bestimmung aus dem Borataufschluss der Asche 550°C nach DIN 51729-1/-11 - bezogen auf die Asche (FR-JE02)							
Eisen berechnet als Fe2O3	Ma.-%	0,1			DIN EN ISO 11885 (FR-JE02)	-	0,5
Calcium berechnet als CaO	Ma.-%	0,1			DIN EN ISO 11885 (FR-JE02)	-	9,8
Kalium berechnet als K2O	Ma.-%	0,1			DIN EN ISO 11885 (FR-JE02)	-	32,9
Magnesium berechnet als MgO	Ma.-%	0,1			DIN EN ISO 11885 (FR-JE02)	-	8,9
Natrium berechnet als Na2O	Ma.-%	0,1			DIN EN ISO 11885 (FR-JE02)	-	0,9
Phosphor als P2O5 ber.	Ma.-%	0,1			DIN EN ISO 11885 (FR-JE02)	-	9,2
Schwefel berechnet als SO3	Ma.-%	0,1			DIN EN ISO 11885 (FR-JE02)	-	1,4
Silicium berechnet als SiO2	Ma.-%	0,1			DIN EN ISO 11885 (FR-JE02)	-	6,8

Bestimmung aus dem Toluolextrakt

Parameter	Einheit	BG	GW 1	GW 2	Methode	anl	wf
Naphthalin (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Acenaphthylen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Acenaphthen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Fluoren (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Phenanthren (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Anthracen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Fluoranthen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Pyren (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Benzo(a)anthracen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Chrysen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Benzo(b)fluoranthen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Benzo(k)fluoranthen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Benzo(a)pyren (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Indeno(1,2,3-cd)pyren (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Dibenz(a,h)anthracen (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Benzo(g,h,i)perylene (Toluol Extr.)	mg/kg	0,1			analog DIN EN 15527 (FR-JE02)	-	< 0,1
Summe PAK (EPA) (Toluol Extr.)	mg/kg		< 12	< 4	berechnet (FR-JE02)	-	(n. b.*)

Feststoff-Biomasse-KWK am Beispiel einer Pyrolyse-Anlage, die die Reststoff- und Energiekreisläufe einer großen Biogasanlage schließt und in Wert setzt

Projekt: Pflanzenkohleanalytik gemäß EBC-Richtlinie Untersuchung nach Biochar according to European Biochar Certificate (Auswahl)				Grenzwerte		Probenbezeichnung		PPP "gut" 29.9 Nr.1	
Parameter	Einheit	BG	Grenzwerte		Labornummer	Methode		116083046	
			GW 1	GW 2		anl	wf		
Bestimmung aus der Originalsubstanz (<= 2mm gebrochenes Material)									
Wasserhaltekapazität	Ma.-%				DIN EN ISO 14238, Anhang A (S899 ff)	-		134,2	
Schüttdichte	kg/m³				DIN 51705 (FR-JE02)	175		-	
spezifische Oberfläche BET-Verfahren	m²/g				DIN 68132/ISO 9277 (S826 ff)	-		234	
Reindichte	g/cm³				DIN 68137 (S826 ff)	-		1,72	
Gesamtwasser	Ma.-%	0,1			DIN 51718 (FR-JE02)	4,2		-	
Aschegehalt 550 °C	Ma.-%	0,1			analog DIN 51719 (FR-JE02)	10,5		10,9	
Brennwert (Ho,V)	kJ/kg	200			DIN 51900 (FR-JE02)	29016		30293	
Heizwert (Hu,p)	kJ/kg	200			berechnet nach DIN 51900 (FR-JE02)	28639		30007	
Wasserstoff	Ma.-%	0,1			DIN 51732 (FR-JE02)	1,28		1,34	
Kohlenstoff gesamt (TC)	Ma.-%	0,2	> 50	> 50	DIN 51732 (FR-JE02)	80,9		84,5	
Stickstoff gesamt	Ma.-%	0,05			DIN 51732 (FR-JE02)	1,13		1,18	
Sauerstoff (Diff.)	Ma.-%				DIN 51733, berechnet (FR-JE02)	2,0		2,1	
Carbonat-CO2	Ma.-%	0,4			DIN 51726 (FR-JE02)	2,70		2,82	
Kohlenstoff, organisch	Ma.-%				berechnet (FR-JE02)	80,2		83,7	
H/C Verhältnis (molar)	ohne		< 0,6	< 0,6	berechnet (FR-JE02)	0,19		0,19	
H/Corg Verhältnis (molar)	ohne		< 0,7	< 0,7	berechnet (FR-JE02)	0,19		0,19	
O/C Verhältnis (molar)	ohne		< 0,4	< 0,4	berechnet (FR-JE02)	0,02		0,019	
Schwefel gesamt	Ma.-%	0,03			DIN 51724-3 (FR-JE02)	0,03		0,03	
pH-Wert (CaCl2)	ohne		≤ 10	≤ 10	DIN ISO 10390 (FR-JE02)	9,0		-	
Leitfähigkeit	µS/cm	5			BGK Kapitel III. C2 (FR-JE02)	1640		-	
Salzgehalt	g/kg	0,005			BGK Kapitel III. C2 (FR-JE02)	8,66		9,05	
Salzgehalt, berechnet mit Schüttdichte	g/l	0,005			BGK Kapitel III. C2 (FR-JE02)	1,52		1,58	
Thermogravimetrie TGA 950°C unter N-Atm.	ohne				TGA 701 D4C (FR)			siehe Anlage	

Bestimmung aus dem Mikrowellendruckaufschluss nach DIN 22022-1 (FR-JE02)

Zulassung und Verwendung in Europa und CH

■ Zugelassen als Futtermittel-Zusatzstoff (und dadurch auch als Silage-Hilfsstoff)

- in ganz Europa - seit einigen Jahren sogar für die Biolandwirtschaft.
- Grosshandelspreis z. Zt. in De 1'300 €/t

■ Zugelassen als «düngerähnliche Substanz» für die Landwirtschaft

- offiziell bisher nur in der Schweiz nach eidg. Düngemittelverordnung (seit 3. 2013). Restliches Europa verschieden – 90% der Kohle in De geht via «Tiermagen» in die Jauche und von dort in den Boden.
- typische Preise weltweit: 750 €/t 900 CHF/t 900\$/t 2'300 sol/t

■ Zugelassen in ganz Europa als Nahrungsmittelfarbstoff E153

- Preise „extrem hoch“ - bisher Spielzeug für Designer und Sterneköche (15'000 bis 30'000€/t)
- Aspekt „gesund“ wird noch zu wenig eingesetzt.

■ Medizin und Hygiene: Hausmittel gegen Durchfallerkrankungen – wird nicht beworben weil zu billig. In Ostafrika traditionell verwendet zum Zähneputzen (durch Zerkauen) – neu auch in Zahnpasten in Europa erhältlich...

Millionen Tonnen schwer kompostierbare und schwer brennbare Biomasse-Reststoffe zu verwerten

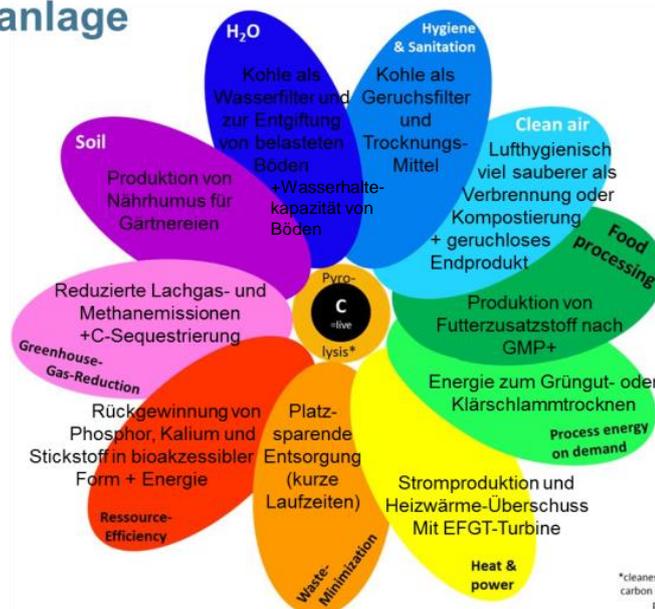
- Mangokerne, Cashew-Schalen, Kokos-Schalen
- *Landschaftspflegeschnitt (Grünschnitt, Feldgehölz)*
- Müllerei-Stäube
- Papierschlamm
- Klärschlamm
- *Siebüberlauf aus Trockenfermentation und Kompostierung mit Störstoffen (Plastikfolie/Steine/Sand)*
- Schwemmholz (sandhaltig)
- *Wurzelstöcke (sandhaltig)*
- Obstkerne und Trester
- Getreide- und Schilfstroh
- Reisspelzen (120 Mio t/a)
- Kaffeepulpe (20 Mio t/a)
- Vetiverwurzeln
- *Mikroplastik im Meer (mit Bewuchs)*
- *Hospitalabfälle*
- *Strassen-Asphalt-Bruch*

- Typische Substrate
 - *Betrifft Pilotprojekt*
 - Keine Biomasse aber am Besten auch pyrolysiert

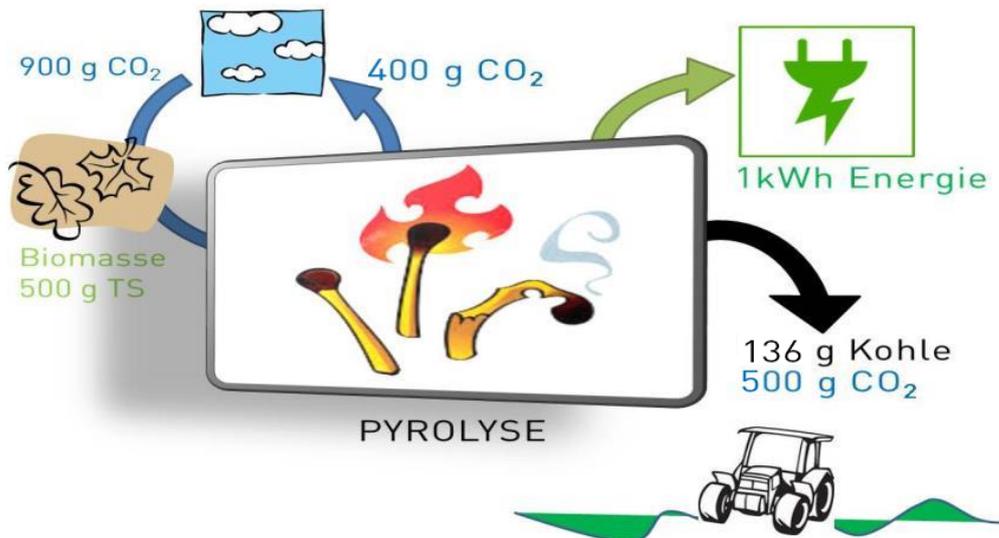


Fotos: Siebüberkorn >40mm Kompostierung; Axpo Kompogas Anlage Winterthur; Foto Bürke und Poiger, Diplomanden ZHAW

Der Nutzen konkret für den Betrieb einer Pyrolyse-Anlage in einem Kompostierwerk oder einer Biogasanlage



Pyrolyse = „Klimapostive Energie“ (-500g CO₂/kWh) - oder - „CCS als Zusatznutzen“

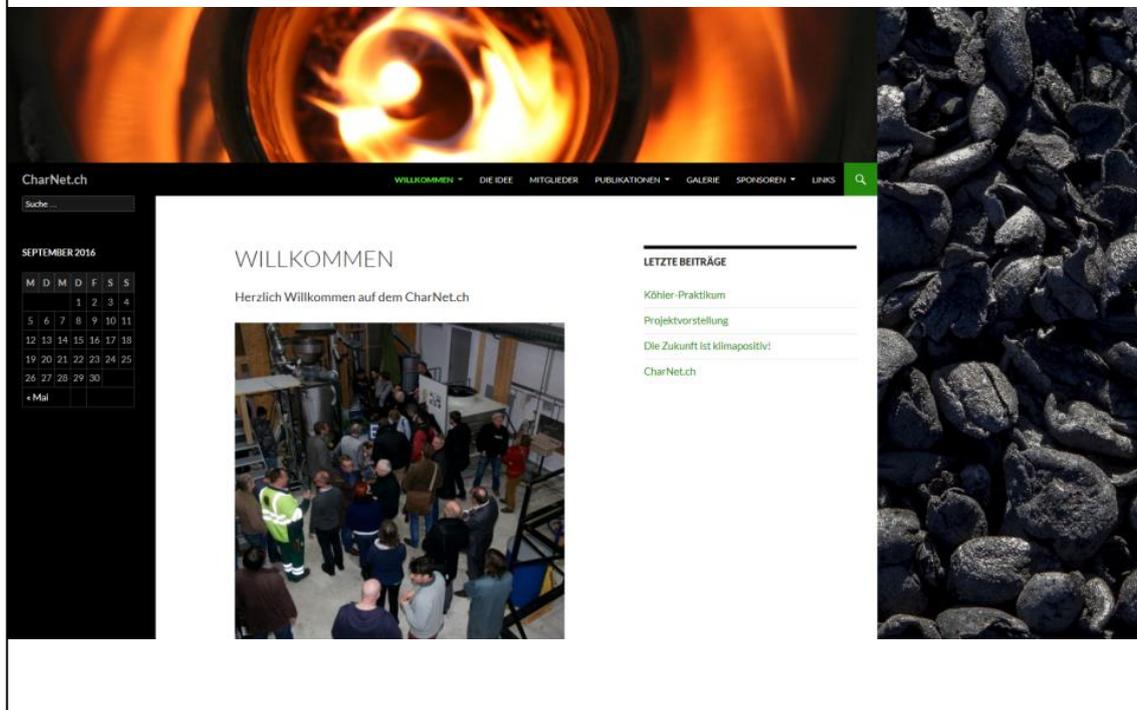


Zusammenfassung

- Pflanzenkohle und Pyrolyse ist der sauberste und anpassungsfähigste Weg, um schwierige feste Biomasse Reststoffe sowohl energetisch und als auch stofflich zu nutzen.
- Es wird klimapositive Energie und gleichzeitig langfristige Bodenverbesserung und Dünger-Rückführung (Mineralstoffe) erzeugt
- Die Produktion von Strom aus dem Abgas ist gut und robust möglich – mit extern befeuerten Turbinensystemen.
- Die Biomasse-Pyrolyse ist eine gute Ergänzung für Biogas und Kompostierung und kann langfristig die Verbrennung ersetzen.
- Durch die schnellen Durchlaufzeiten und den Zusatznutzen der Kohle ist ein wirtschaftlicher Betrieb ohne EEG o.ä. Förderungen möglich.
- **Es ist die einzige "CCS"-Strategie, die Geld bringt anstatt kostet.**



Gründung CharNet am 25.11.15 ...



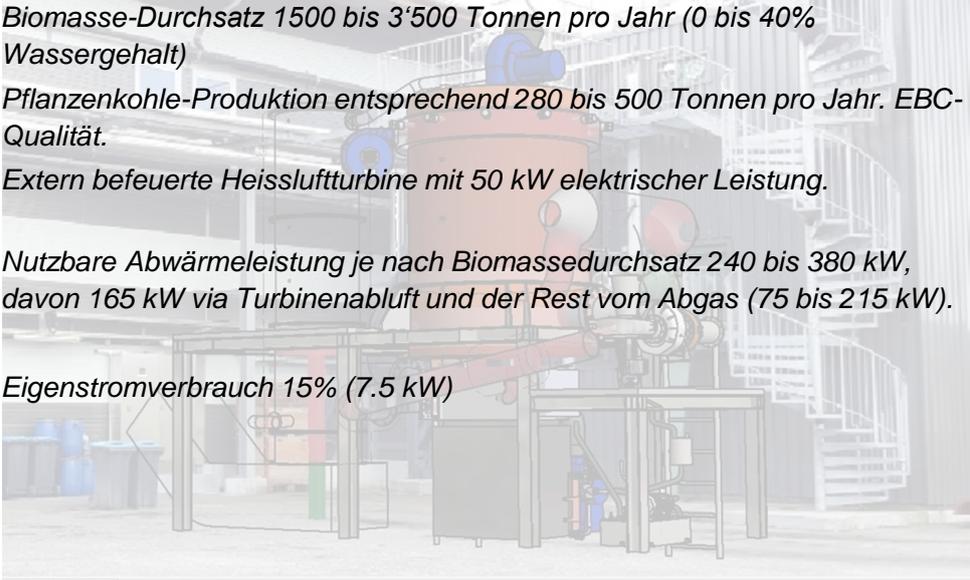
...mit 47 TeilnehmerInnen – nun sind wir schon 100!



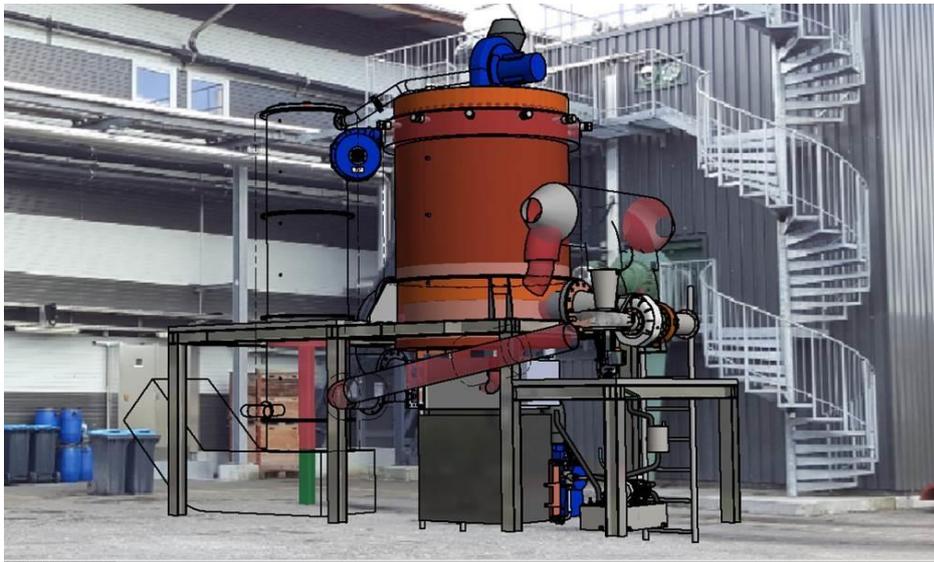
→ im März 2017 wurde auch der deutsche Fachverband Pflanzenkohle e.V. gegründet. <http://fachverbandpflanzenkohle.org/>

Biomasse-Reststoff-KWK(+K) Anlage CPP600-1'000

- Biomasse-Durchsatz 1500 bis 3'500 Tonnen pro Jahr (0 bis 40% Wassergehalt)
- Pflanzenkohle-Produktion entsprechend 280 bis 500 Tonnen pro Jahr. EBC-Qualität.
- Extern befeuerte Heissluftturbine mit 50 kW elektrischer Leistung.
- Nutzbare Abwärmeleistung je nach Biomassedurchsatz 240 bis 380 kW, davon 165 kW via Turbinenabluft und der Rest vom Abgas (75 bis 215 kW).
- Eigenstromverbrauch 15% (7.5 kW)



PPP600-2000 waste-to-power and biochar plants



PPP 600-1000
 50 kWe / 220-380 kWth
 input 1'800 bis 3'500 t/a bis 40% w.c.
 output 280 bis 500 t Kohle /a

PPP 2000+
 150 kWe / 550-800 kWth
 4'500 bis 6'000 t/a
 650 bis 1'000 t Kohle /a

USP's des neuen vereinfachten Pyrolyseprozesses „PPP“ des Ökozentrums:

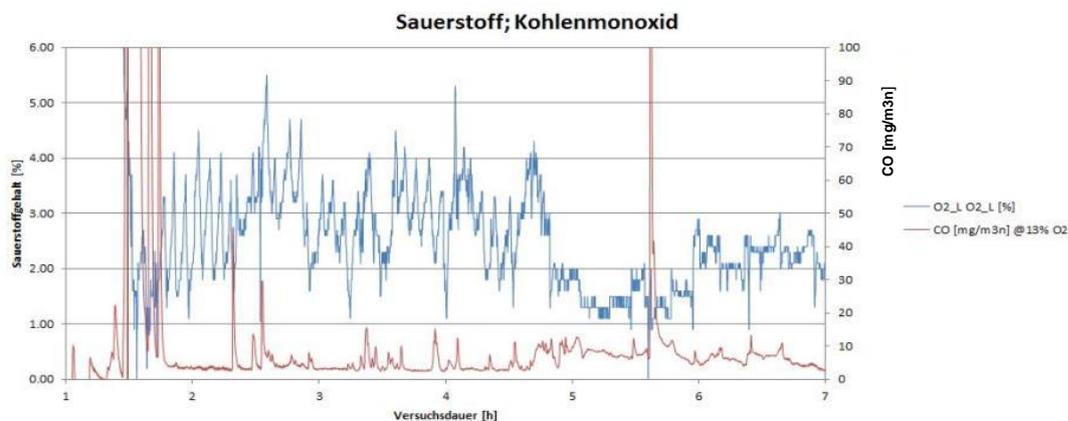
- Keine Wärmeübertragung durch die Reaktorwand, sondern Direktbeheizung → weniger bis gar kein Hochtemperatur-Stahl
- Genaue Temperaturregelung durch Direktbeheizung – noch saubere Abgase durch den Gegenstrom-Prozess
- Keine Überhitzungsgefahr bei Stromausfall (fail safe)
- Robust gegen Steine, Dreck, hohe Ascheanteile – keine bewegten Teile im zudem kompakteren Reaktor
- Vorbereitet/angepasst auf Stromerzeugung aus Abhitze bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung des thermischen Kreislaufs
- Auch in kleineren Systemen (<200 kW Heizleistung) wirtschaftlich gut darstellbar → angepasste Technik auch für die Tropen.





Die Pyrolyse kann die sauberste «Verbrennung» von Biomasse sein –

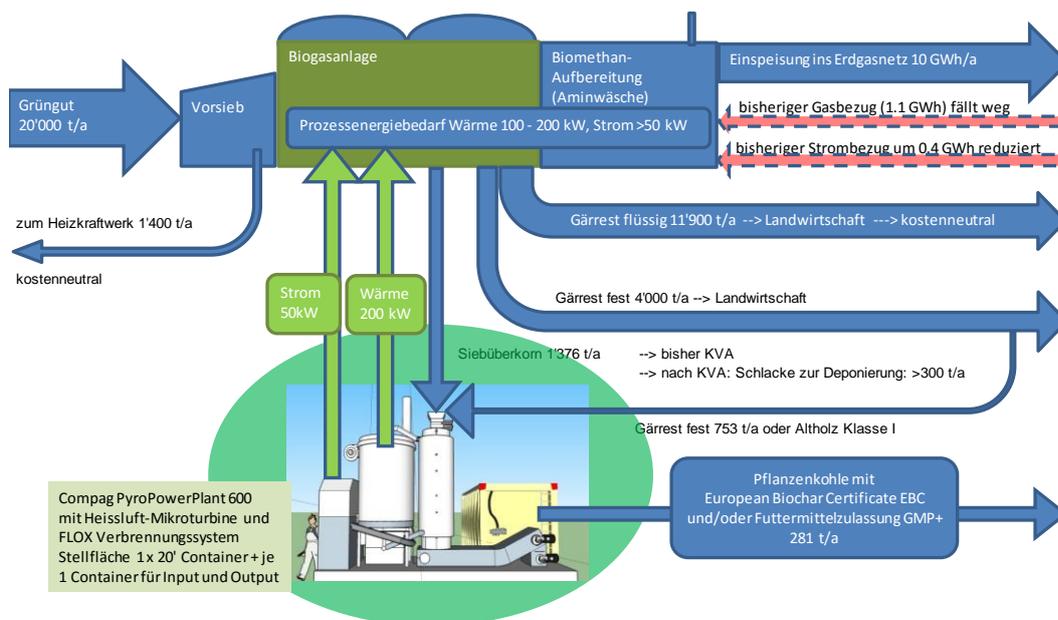
- Gesamtstaub (<1) bzw. <5mg/m³n @13%O₂
- CO < 10 mg/m³n @13%O₂
- NO_x je nach Brennstoff - Propan: 2mg/m³n @13%O₂



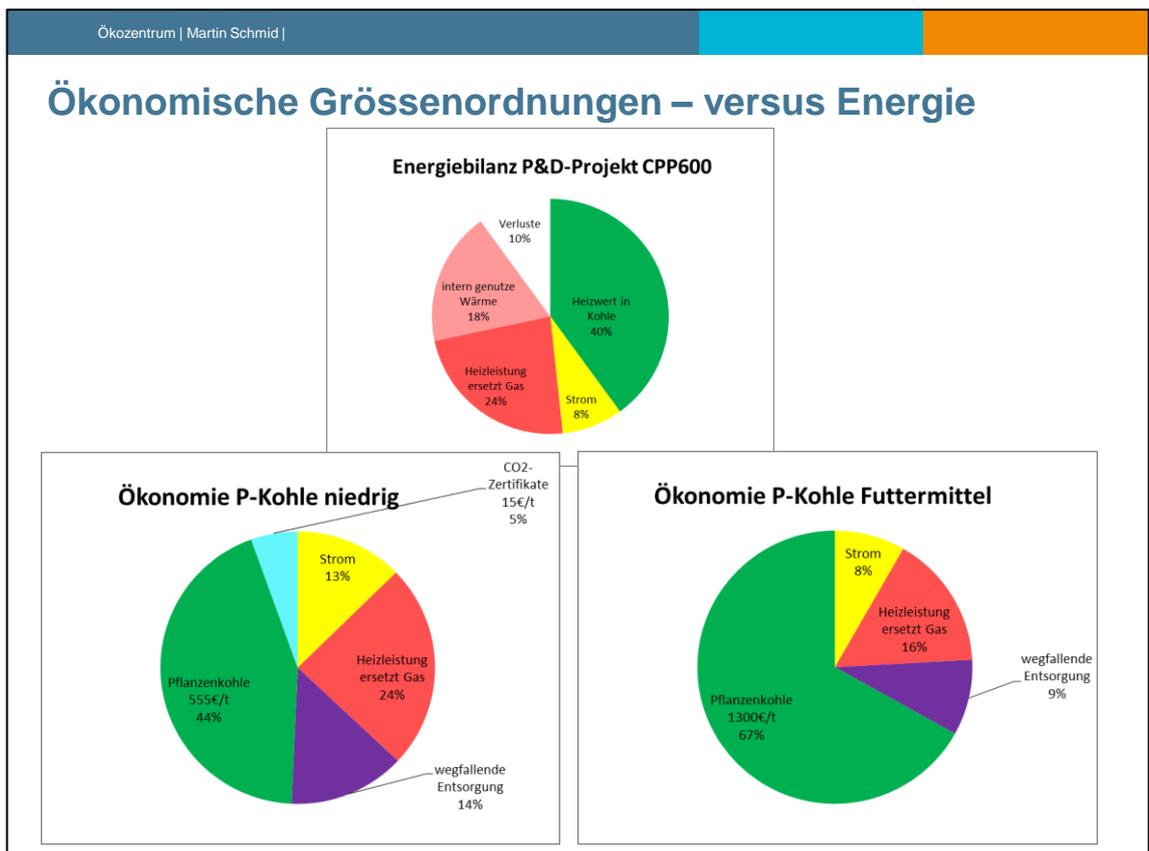
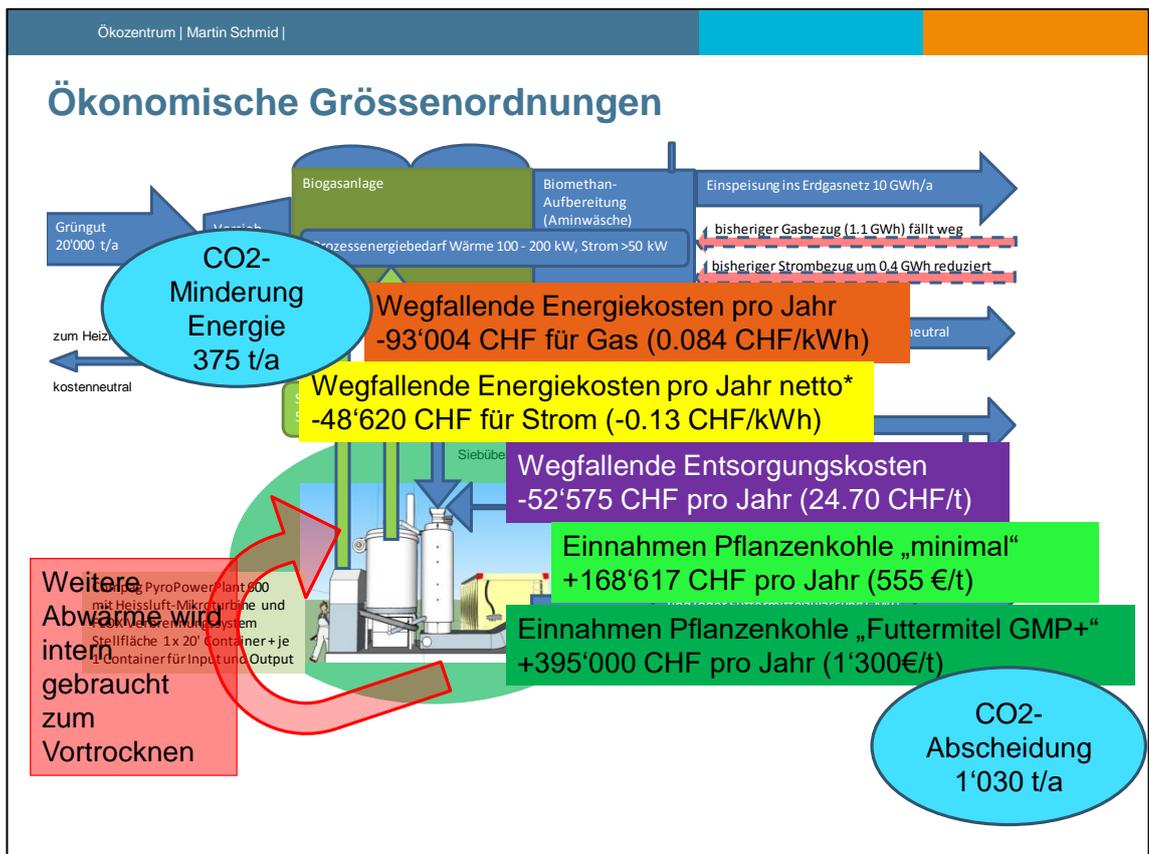
20'000 t/a Bio-Methan-Anlage – Kompogas-Prozess (Trockenfermentation). Gasleistung ca. 1.3 MW



20'000 t/a Bio-Methan-Anlage – alle Kreise geschlossen



Feststoff-Biomasse-KWK am Beispiel einer Pyrolyse-Anlage, die die Reststoff- und Energiekreisläufe einer großen Biogasanlage schließt und in Wert setzt

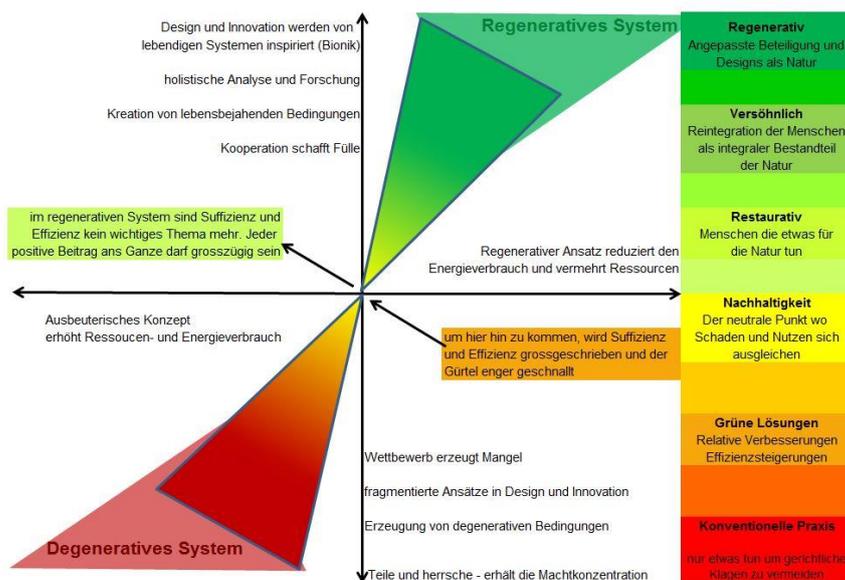


Zusammenfassung

- Pflanzkohle und Pyrolyse helfen der Biomasse-KWK – die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, v.a. bei Verwertung von Reststoffen von niedrigem oder gar negativem Brennstoffkosten
- D.h. den finanziellen Umsatz einer Anlage bei gegebener Leistung verdoppeln oder vervierfachen!
- Die Klimaschutzleistung mindestens verdoppelt werden – sogar ohne weitere landwirtsch. Effekte (Lachgas etc.)
- Die Abgas-Behandlung kann weggelassen werden, da kein Feinstaub emittiert wird und die Abgase sogar geruchlos sind.
- Die Biomasse-Pyrolyse ist eine gute Ergänzung für Biogas und Kompostierung und kann langfristig die Biomasse-Verbrennung ersetzen.
- **Es gibt ein Leben ohne EEG und Bezuschussung.**

Trilemma – der Mensch sei ein Störefried – der schmaler werdende Grat zwischen Umweltschutz und «selber leben»

→ **Nein - der Mensch wird sich zunehmend wieder als Teil der Natur selbst ansehen (müssen)**



Schlusswort mit einem Beispiel zur neuen Grosszügigkeit – dem Gedeihen:

- Wenn ein Landwirtschaftsbetrieb Humusaufbau erzeugen kann und eine klimapositive Wirtschaft aufbaut und
 - den Boden und das Grundwasser verbessert anstatt zu belasten
 - Grundwasser speichern kann und die Extremwetterfestigkeit erhöht.
 - und dies mit eigenen Biomasse-Reststoffe, erzeugt, indem er
 - Pflanzenkohle aus Rinde, Grünschnitt und Ernte-Reststoffen erzeugt
 - Und damit den eigenen Betrieb heizt.
- **Dann soll dieser Betrieb sicher nicht die Gebäude thermisch aufs höchste isolieren, sondern kann eher noch ein Gewächshaus beheizen.**
- **Dann muss nicht mehr über Gewässerschutzzonen diskutiert werden – die Landwirtschaftsfläche selbst wird zum Umweltnutzen.**

Lasst uns richtig Kohle machen!



Climatechwiki.org

ökozentrum
forschen | entwickeln | bilden

**Herzlichen Dank für Ihr Engagement und
Ihre Aufmerksamkeit!**

www.oekozentrum.ch

Alternative dezentrale Biomasseverstromung ohne Methanisierung

(Wolfgang Harazim; Global Group Holding AG, Kreuzlingen)

Themenkomplex IV

Alternative dezentrale Biomasseverstromung ohne Methanisierung

Inhaltsübersicht

Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung

1. Motivation
2. Kurzüberblick Status Quo
3. Brennstoff Mais
4. BHKW mit geschlossenem Gasturbinenprozess
5. Baugruppen
6. Zusammenfassung

1. Motivation **Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung**

- Fossile Energiequellen sind endlich.
- Auch zukünftige Generationen haben darauf Anspruch.
- Seit dem Dampfmaschinenzeitalter steigt der CO₂-Anteil in der Luft ständig.
- Die Folgen sind unübersehbar: Klimawandel, Treibhauseffekt, schmelzende Polkappen, steigende Pegelstände, schadstoffbelastete Umgebungsluft, extreme Wetterlagen usw.

Ein Leben ohne Strom, Autos, Haustechnik und moderner Medien ist auch keine Lösung.

↓

Zielstellung: Energiewandlung ohne zusätzlichen CO₂ Ausstoß

↓

Mittels Biomasse betriebener dezentraler KWK-Anlagen möglich

↓

Grund: Zeitnahe gleichgewichtige Assimilation und Emission von CO₂ beim Wachsen und Verbrennen der Biomasse

- Die KWK-Anlage liefert auch Heizwärme, wodurch Hausbrandemissionen entfallen.
- Für die zukünftige E-Mobilität steht CO₂ neutraler Ladestrom zur Verfügung.
- Keine Altlasten für Nachfolgegenerationen und Schonung der fossilen Energiequellen.

Biomass to Power and Heat 2017 - Zittau 

2. Kurzübersicht Status Quo **Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung**

Hauptsächliche Verfahren der Biomasseverstromung im Leistungsbereich unterhalb 1 MW

biologische oder thermische Vergasung		Verbrennung
Diesel- bzw. Ottomotor η 30–45%	Mikrogasturbine η 20-33%	Dampfturbine η 18-25%

Biomass to Power and Heat 2017 - Zittau 

2. 1 Vorzüge Biogasanlagen	Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung
	<p>Die Stromwandlung über den Weg der Vergasung bietet diverse Vorzüge.</p> <p>Durch den Einsatz ausgereifter Motorentechnik aus dem Automobilbau entstehen Vergleichsmaßstäbe bezogen auf:</p> <ul style="list-style-type: none">• Kostenaufwand,• Wirkungsgrad,• Platzbedarf,• Vorfertigungsgrad,• Handling. <p>Außer in Sonderfällen bei konstant hohem Wärmebedarf können weder Mikrogasturbinen noch Dampfturbinen die Standards der Motorentechnik in den unteren Leistungsbereichen erreichen.</p>
<p>Biogasanlagen, Biomasse und Landwirtschaft, das passt zusammen! Biogasanlagen dominieren wegen der ausgereiften Motorentechnik.</p>	
<p>Biomass to Power and Heat 2017 - Zittau</p>	

2. 2 Problembetrachtung Methanisierung	Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung
	<ul style="list-style-type: none">• Biogasanlagen stehen wegen Geruchsemissionen oftmals außerhalb der Bebauung.• Die Kraft-Wärmekopplung zur Senkung der Hausbrandemissionen wird dadurch unrentabel. Ein wichtiger Aspekt für den Einsatz von BHKW's entfällt.• Notwendige flexible Fruchtfolgen als auch Erntedefizite verlängern die Transportwege zwischen Feld und Anlage für Ernte und Düngung mit negativem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.• Die Konzentration von mehreren Biogasanlagen an einem Standort führen zwangsläufig zur Überdüngung und zur Vermaisung der Felder.• Im Umkreis der Anlage dominieren mit allen Vor- und Nachteilen der Anbau der benötigten Energiepflanzen, das auf Jahre hinaus und unabhängig von der Marktlage. <p>➤ Die Vergärung von Gülle, biologischen Abfällen und Ernteresten gehört zum modernen Recycling. Dafür sind Biogasanlagen bestens geeignet und sie befinden sich technisch auf einem hohen Niveau.</p> <p>➤ Lässt sich Mais nur über diese Wandlungstechnologie energetisch nutzen?</p>
<p>Biomass to Power and Heat 2017 - Zittau</p>	

3. Brennstoff Mais

Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung



Bildquelle: www.pflanzenforschung.de

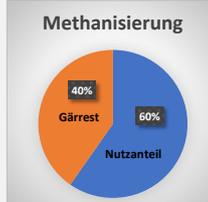
Mais, die C4-Pflanze mit hoher Kohlendioxid-Assimilation durch besonders effizienter Fotosynthese, hat sich als Gärsubstrat durchgesetzt. Bei einem Frischmasseertrag von etwa 45 t/ha bietet Mais bezogen auf die Flächenproduktivität Spitzenwerte¹.

Bei einem Trockensubstratanteil von 34,3% entsteht daraus etwa 4.650 Nm³ Methan mit einer thermischen Leistung von 167.129 MJ/ha. Der Brennwert der Trockenmasse liegt bei ~18.150 MJ/t², was einer Flächenleistung von 280.130 MJ/ha entspricht. Für die Verbrennung trocknungsbereinigt ergeben sich daraus die thermischen Nutzanteile.

Verbrennung



Methanisierung



➤ **Thermisch stehen bei der Verbrennung 54.839 MJ/ha etwa 19% mehr zur Verfügung, als bei der Methanisierung.**

¹ Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK) <http://www.ima-agrar.de>
² J. Born, R. Casaretto, Die theoretischen 100 Prozent geernteter Energie, BIOGAS Journal | 2_2012

Biomass to Power and Heat 2017 - Zittau



3.1 Mais in Doppelfunktion

Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung

Verzichtet man auf den nicht problemlosen Gärrestkreislauf und betrachtet vorrangig die CO₂-neutrale Kraft-Wärme-Kopplung, entstehen neue Optionen in der Gesamtnutzung.

Die ethische Frage des Anbaus ob „Nahrung oder Energie“ entfällt, wenn die Maispflanze gleichzeitig beide Nutzungsarten bedient. Für die Lebensmittelindustrie die inhaltsreichen Körner mit ca.10 t/ha und der Pflanzenrest ca. 35 t/ha geht zur Trocknung und zum Pelletieren, wonach ein geruchsneutraler, handhabbarer Brennstoff mit holzähnlichem Brennwert entsteht.



- Landhandel, Pelletsvertrieb oder Trockner sind vorhanden und können die zusätzlichen Aufgaben übernehmen.
- Die Erntetechnologie muss angepasst werden.
- Keine BHKW-Standortnähe zum Feld mehr, bessere Anpassung zum Wärmeverbraucher.
- Automatische Fahrweise der Anlagen bei Pelletsbetrieb.
- Trotz Abzug der Körnermasse liefert der Maisrest thermisch mit 172.641 MJ/ha mehr als das Methan-Äquivalent mit Körnern.

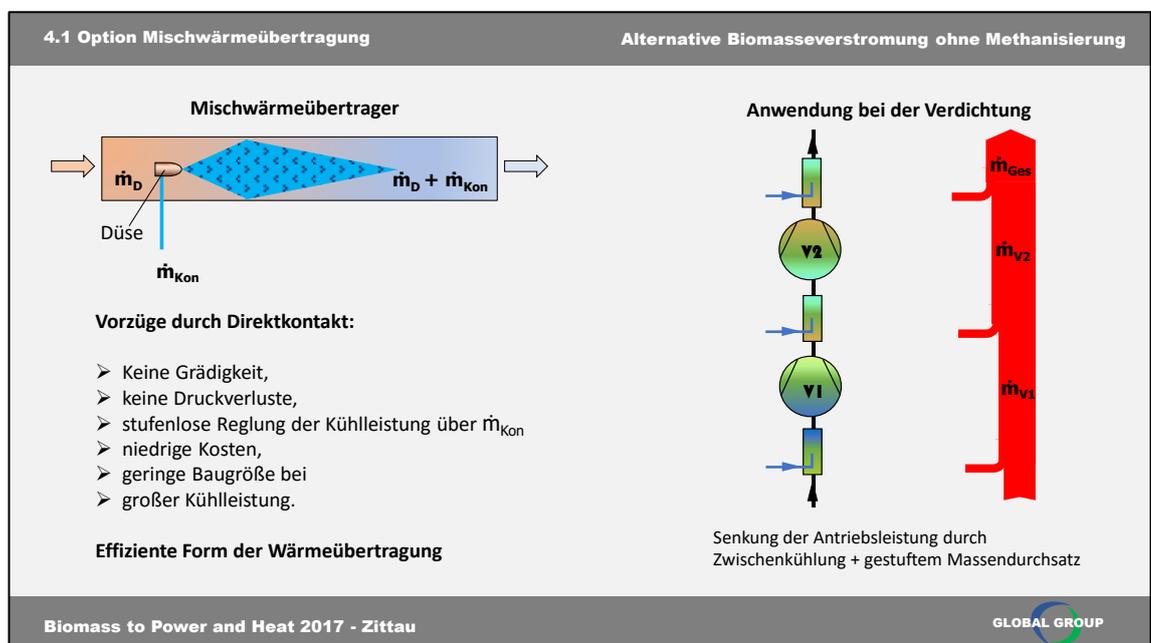
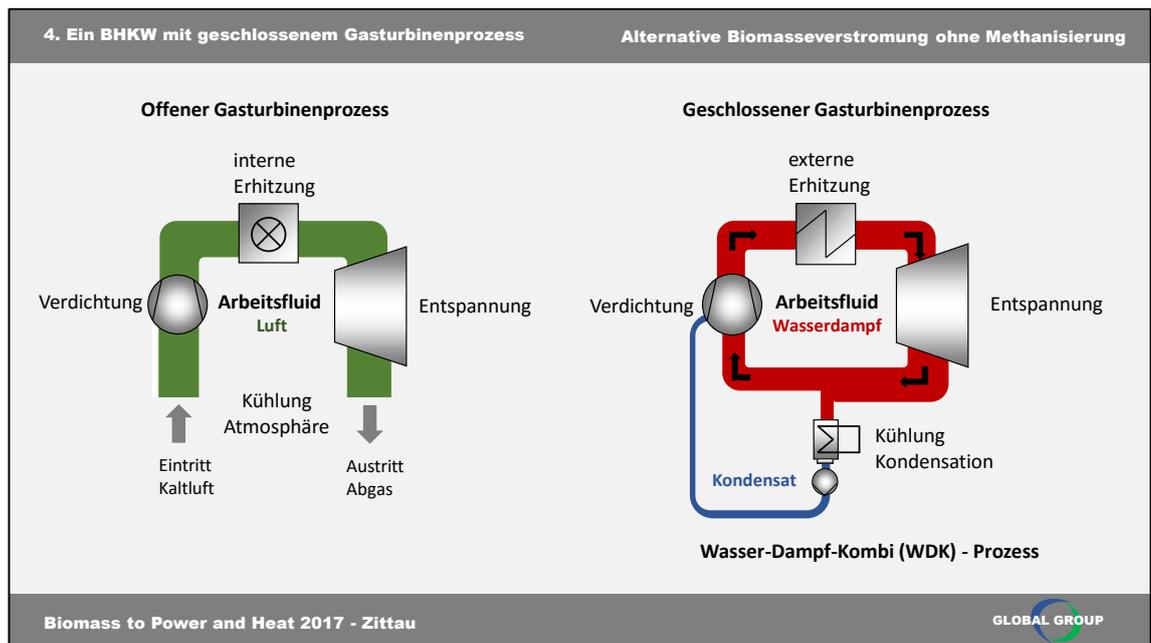
Voraussetzung ist ein Blockheizkraftwerk, welches effizient mit den geruchsfreien Pellets betrieben werden kann.

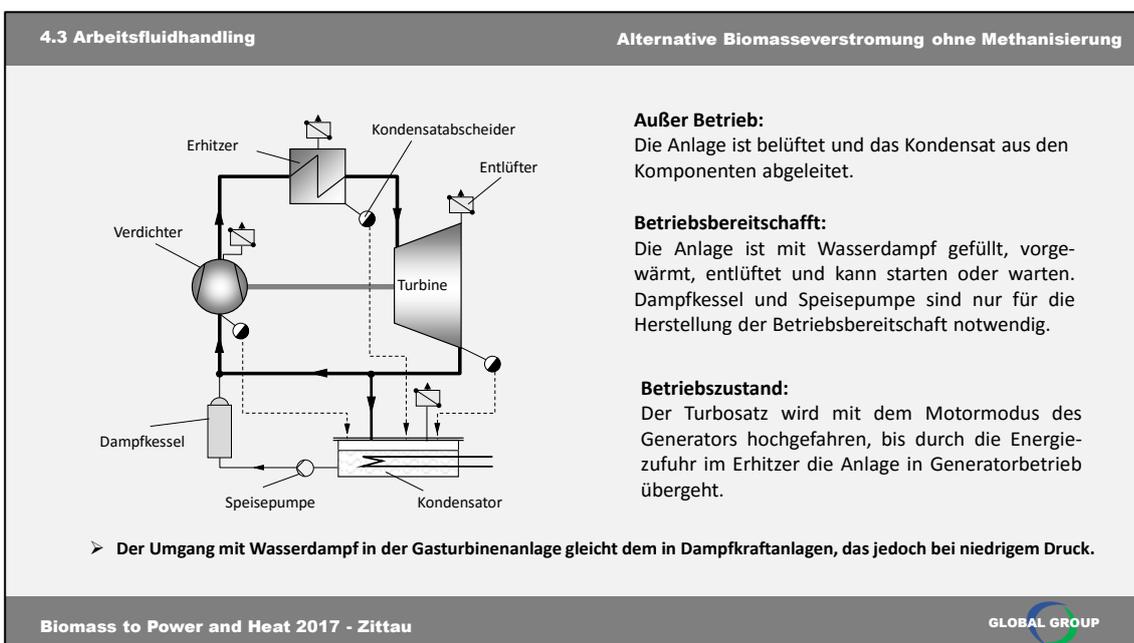
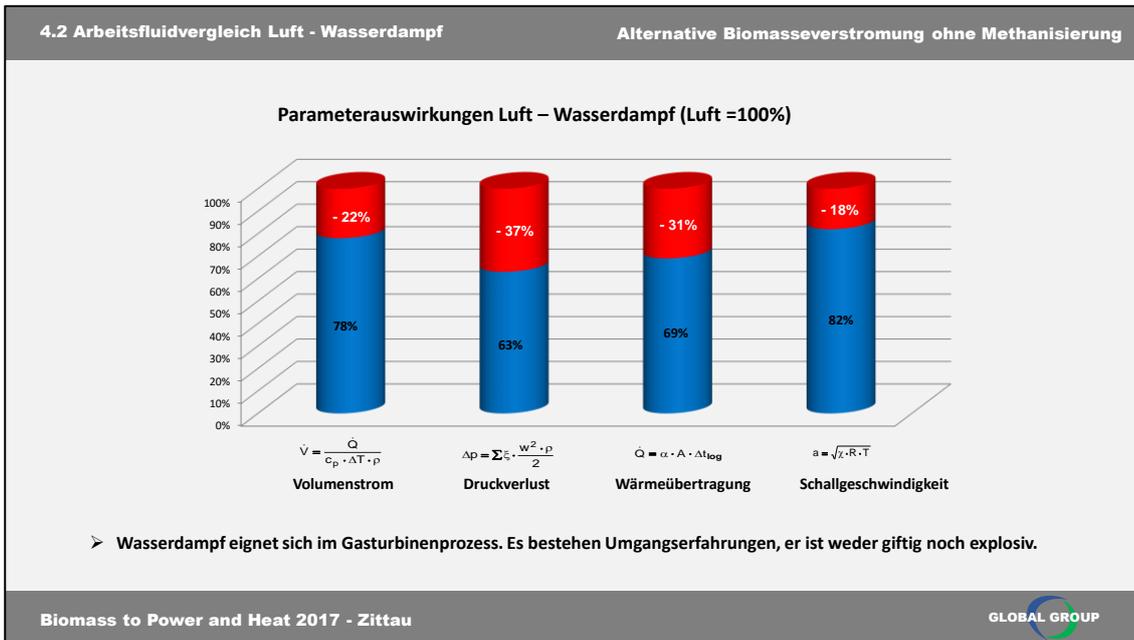
Bildquelle: www.pflanzenforschung.de



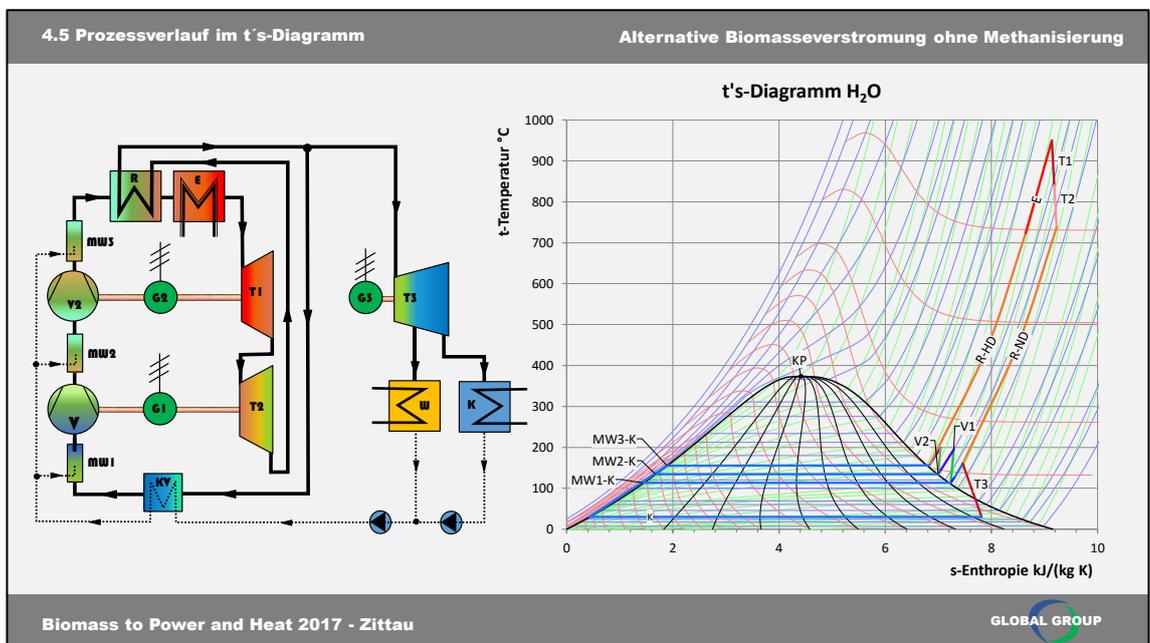
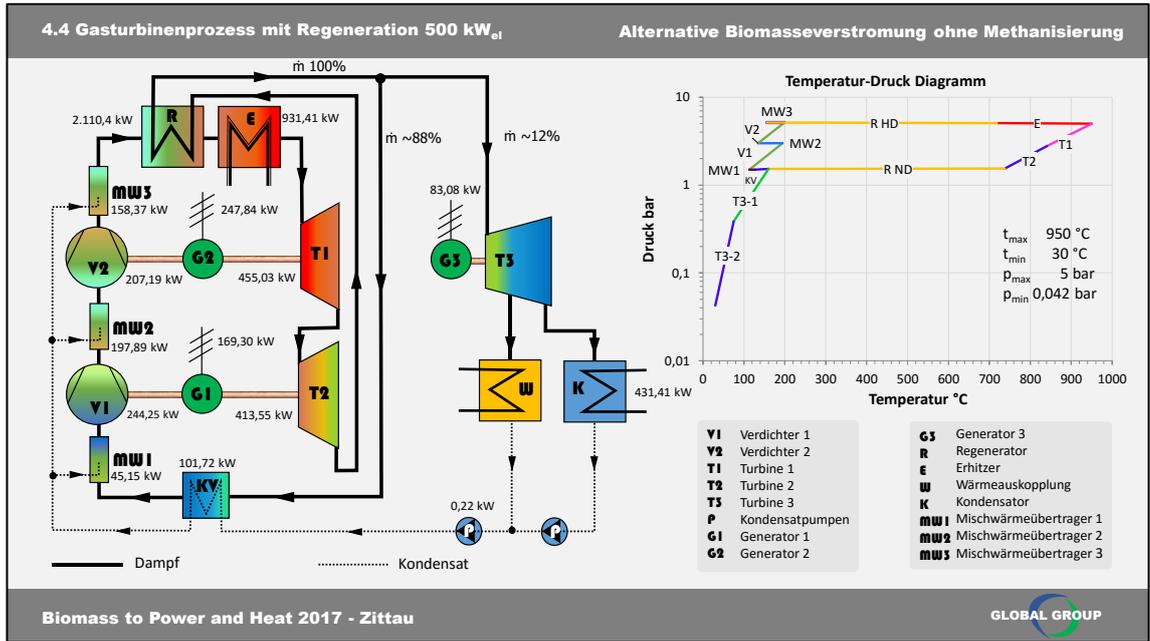
Biomass to Power and Heat 2017 - Zittau

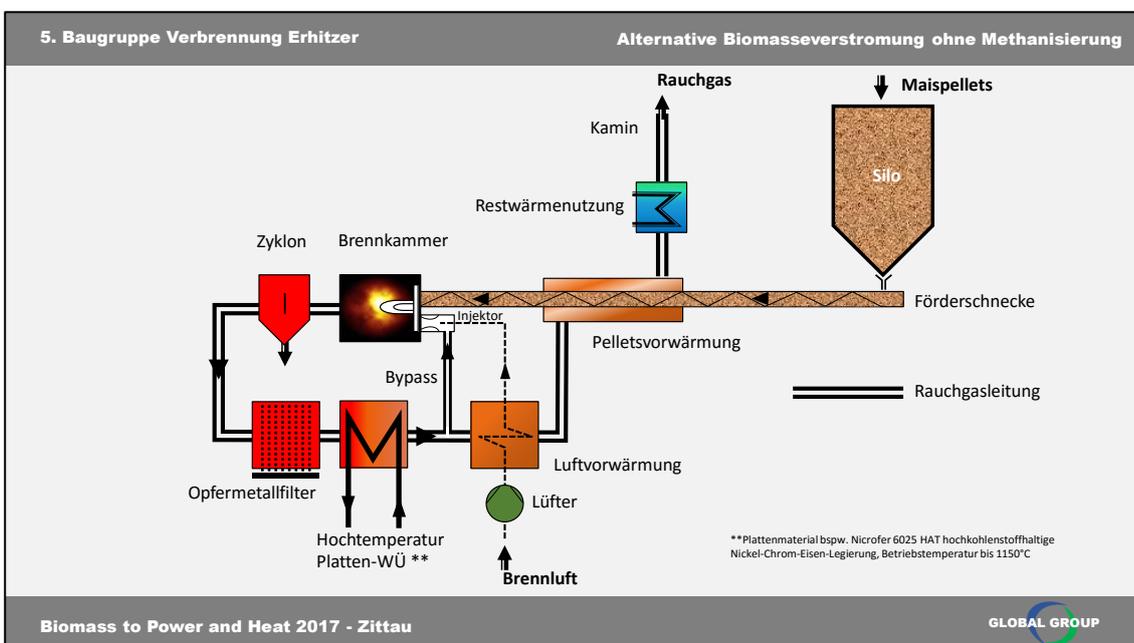
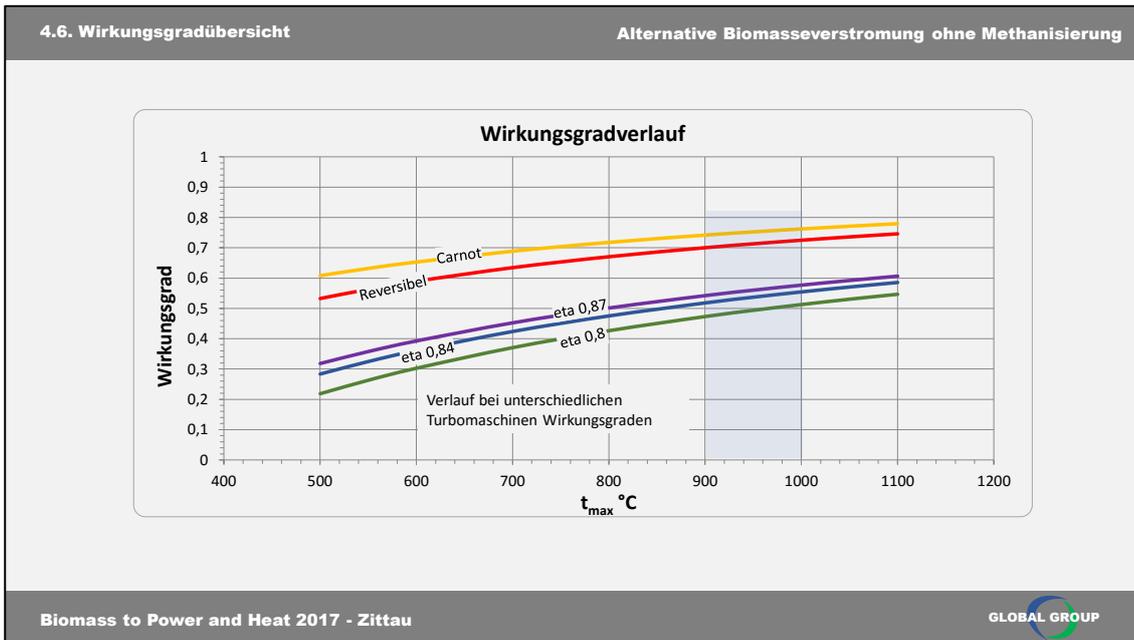






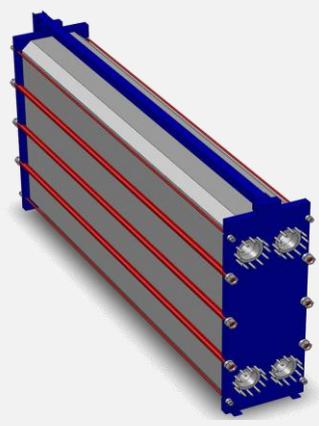
Alternative dezentrale Biomasseverstromung ohne Methanisierung





5.1 Regeneration

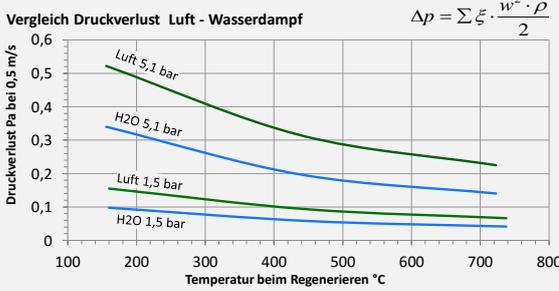
Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung



Bauart Plattenwärmeübertrager - Gründe:

- Kompakte Bauform bei großer Heizfläche.
- Die internen Parallelschaltungen der Strömungswege reduzieren die Druckverluste.
- Gutes Preis-Leistungsverhältnis.
- Geringer Platzbedarf.
- Ermöglicht niedrige Grädigkeiten zwischen den Strömen.

Vergleich Druckverlust Luft - Wasserdampf $\Delta p = \sum \xi \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$

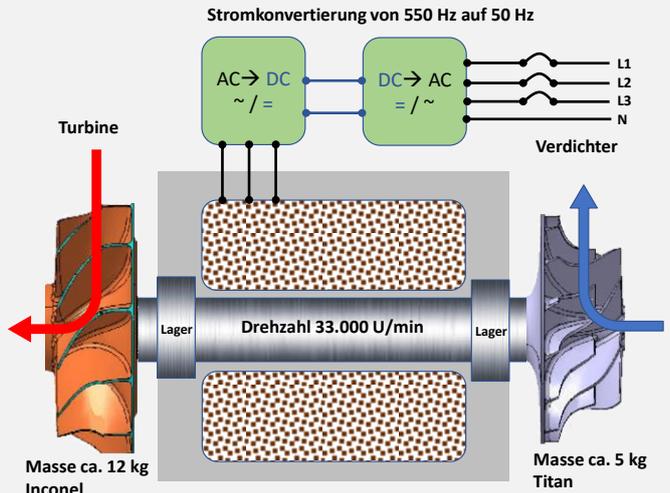


Biomass to Power and Heat 2017 - Zittau



5.2 Baugruppe Turbosatz

Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung



Turbosätze – Schnittstellen zwischen Thermodynamik und Mechanik

- Voraussetzung für hohe Wirkungsgrade auch im kleinen Leistungsbereich ist eine flexible Stromkonvertierung zur Nutzung der optimalen Drehzahl.
- Die gewählte Bauform sorgt für optimale axiale Anströmverhältnisse.
- Die Mitnutzung der Generatorlager reduzieren Reibungsverluste.
- Es sind Hybrid-, Keramik-, Gleit-, Luft- und Magnetlager einsetzbar.
- Die Steuerung ermöglicht Motor- und Generatorbetrieb sowie jeweils eine separate Einspeisung.

Bei diesen Bedingungen sind Wirkungsgrade bis 85% möglich, die 200 kW Capstone-turbine schafft mindestens 87%.

Biomass to Power and Heat 2017 - Zittau



6. Zusammenfassung

Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung

- Im Maissubstrat steckt mehr thermische Energie als die Vergärung biologisch in Methan umwandeln kann.
- Die Frage des Anbaus ob „Nahrung oder Energie“ entfällt, wenn die Maispflanze gleichzeitig beide Nutzungsarten bedienen kann.
- Trotz Körnerseparation liefert der Maisrest bei der Verbrennung mehr thermische Energie als das Methan-Äquivalent mit Körnern.
- Getrocknet und pelletiert entsteht aus dem Maisrest ein geruchsneutraler, handhabbarer Brennstoff mit holzähnlichem Brennwert.

Voraussetzung ist ein Blockheizkraftwerk, welches effizient mit diesen Pellets betrieben werden kann. Ein speziell ausgerichteter mit Wasserdampf betriebener geschlossener Gasturbinenprozess mit Regeneration kann durch externe Wärmeübertragung die heißen Rauchgase energetisch nutzen. Wasserdampf lässt sich bis ins Vakuum entspannen, wodurch flexibel lastbezogen zwischen Wärmeauskopplung oder Strom plus Kondensatorkühlung gewechselt werden kann.

- Derartige Anlagen benötigen keine Feldnähe, der Standort ist Wärmeverbraucherfreundlich und die Pelletstechnologie ermöglicht einen hohen Automatisierungsgrad.
- Das Ziel, Energiegewinnung ohne zusätzlichen CO₂ Ausstoß, rückt mit der Realisierung ein Stück näher.

Alternative Biomasseverstromung ohne Methanisierung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr.-Ing. habil. Achim Dittmann

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Harazim
Global Group Holding AG
Gartenstrasse 4f
CH-8280 Kreuzlingen
Mail: wh@global-group.biz
UID CHE-113.648.205
HRN CH-020.3.031.036-4

Katalytische Vergasungsversuche

(Prof. Tobias Zschunke, Roman Schneider, Dr. Ulf Sénéchal, Ralf Pohl; alle Hochschule Zittau/Görlitz
Prof. Herbert Spindler, Gesellschaft für Nachhaltige Stoffnutzung mbH)

1 Motivation und Ziel

Am Versuchsstand der Hochschule Zittau/Görlitz (HSZG) zur Biomassevergasung (Thermochemisches Versuchsfeld (TCV) als Teilprojekt des „Zittauer Kraftwerkslabors“) werden üblicherweise Nadelholz-Hackschnitzel (HHS) aus Stamm- und Waldrestholz gemäß P31S/P45S nach DIN EN ISO 17225-4 (G30/G50 nach ÖNORM M 7133 (Norm veraltet)) als Brennstoff eingesetzt. Die dabei ablaufenden Vergasungsreaktionen werden von der Lage des chemischen Gleichgewichtes sowie den Reaktionsgeschwindigkeiten beeinflusst, sodass der Einsatz von Katalysatoren eine Verbesserung des thermochemischen Umsetzungsprozesses verspricht. Aus diesem Grund wurden über die Fa. GNS drei verschiedene Prozesskatalysatoren auf Basis carbonatischer bzw. sauerstoffhaltiger Verbindungen erworben [3] und am Versuchsstand unter praxisnahen Bedingungen eingesetzt.

Im Rahmen von Messfahrten (MF) sollten die auftretenden Prozessänderungen bei Zumischung dieser Katalysatoren zu den HHS mit der vorhandenen Messtechnik erfasst und dargestellt werden, um anschließend diese mit den Referenzfahrten bei Verwendung des Standardbrennstoffes zu vergleichen. Dabei bezog sich die Auswertung hauptsächlich auf den Vergasungsprozess und die entsprechenden Stoffströme (Brennstoff, Vergasungsmittel, Produktgas, Filterstaub), um anschließend die Wirkung des Katalysatoreinsatzes bewerten zu können.

2 Vorgehen

Für die Durchführung der Vergasungsversuche wurde im Rahmen des TCV folgende Anlage eingesetzt:

- Holz-Kraft-Anlage der Fa. Spanner Re² GmbH (30 kW_{el} Nennleistung; 70 kW_{th} Nennleistung)

Hinsichtlich der Anlageneinstellungen wurde diese bei allen Messfahrten unverändert beibehalten. Die Mischung der getrockneten HHS und des Katalysators erfolgte manuell in Mischbehältern, die dann wieder dem Tagesbehälter zugegeben wurden. Die HHS wurden zuvor dem Tagesbehälter entnommen, abgewogen und die entsprechende Masse Katalysator wie beschrieben zugegeben. Für die nachfolgende Auswertung wird die Mischung aus HHS und Katalysator mit KAT-HHS bezeichnet.

Als Referenz wurden zu Beginn der jeweiligen Messfahrt Standard-HHS als Brennstoff eingesetzt. Für den Vergleich zwischen den Standard- und KAT-HHS wurde die jeweilige Messfahrt immer an einem Tag durchgeführt, sodass im ersten Teil der Messfahrt die Standard-HHS und im zweiten Teil die KAT-HHS eingesetzt wurden. Um eine Entmischung der HHS und des Katalysators zu verhindern, wurde die vorhandene Feinanteilabsiebung in der Hackschnitzelzufuhr blockiert und dies für alle Messfahrten beibehalten. Der zeitliche Bereich der Versuchsdatenauswertung wurde erst nach dem Erreichen des jeweiligen stationären Zustandes ausgewählt und nahm bei den Messfahrten zwei bis drei Stunden ein. Die Bestimmung des zeitlichen Beginns des stationären Zustandes erfolgte durch die Temperatur des Vergasungsmittels direkt am Eintritt des

Reformers. Konnte eine konstante Temperatur der Luft nach der Vorwärmung nachgewiesen werden, wurde von einem stationären Betrieb ausgegangen.

Nach Umstellung auf die Fahrweise mit Zugabe der Katalysatoren wurde ca. 2 bis 3 h abgewartet und dann die Versuchsdatenauswertung wieder über zwei bis drei Stunden durchgeführt. Im Rahmen der Messfahrten kamen drei verschiedene Katalysatormaterialien zum Einsatz. Die Zugabeintensität der Katalysatoren betrug nach Absprache mit der Fa. GNS bei den Messfahrten 2 Ma.-% bezogen auf das Brennstoffinput. Der Wassergehalt der getrockneten HHS nahm bei der ersten Messfahrt (MF1) ca. 7 bis 9 Ma.-%, bei der zweiten Messfahrt (MF2) ca. 8 bis 10 Ma.-% und bei der dritten Messfahrt (MF3) ca. 6 Ma.-% ein.

Bei der Durchführung der Versuche erfolgte die Erfassung der Produktgaszusammensetzung (CO , CO_2 , H_2 , CH_4 , C_2H_6 , O_2 , H_2O) und des Betriebsverhaltens der Anlage (Brennstoffbedarf, Filterstaubanfall, Volumenströme, Temperaturen, Absolutdrücke, Leistung, Störungen). Außerdem wurde während der ersten Messfahrt die PAK-Beladung des Produktgases an drei verschiedenen Messstellen (Reformeraustritt, Eintritt Gewebefilter, Eintritt Motor) erfasst. Die Probenahmen und anschließende Analysen wurde durch die RWTH Aachen (Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe (TEER)) vorgenommen.

Darüber hinaus wurden Proben des eingesetzten Brennstoffes und des entsprechend anfallenden Filterstaubes genommen und im Labor hinsichtlich ihrer Zusammensetzung etc. analysiert. Die Anlage wurde während der Messfahrten ohne Nachreformer betrieben, sodass nur der Filterstaub direkt aus dem Gewebefilter erfasst und analysiert wurde.

Abschließend erfolgte eine Beschreibung und Auswertung der durchgeführten Arbeiten inkl. Zusammenstellung und Diskussion der ermittelten Daten und Ergebnisse.

3 Auswertung der Messfahrten

Zur Bewertung der Einsetzeignung der zur Verfügung stehenden Katalysatoren als Brennstoffzumischung für die Vergasung in einem Holzvergaser-BHKW wurden die Messfahrten im Nennlastbereich der Anlage durchgeführt. Bei der Auswertung wurde primär auf die Vergasungsparameter und die mit dem Reformer (Vergasungsreaktor) in Verbindung stehenden Stoffströme geachtet und abschließend mit der Verwendung des Standardbrennstoffes bei identischen Anlageneinstellungen verglichen.

Um den Verlauf einer Messfahrt zu charakterisieren, ist in Abbildung 1 der zeitliche Verlauf der im Rahmen von MF3 erfassten Produktgaszusammensetzung dargestellt. Außerdem wurden im Diagramm die Zeiträume der jeweiligen Datenauswertung (Standard-HHS und KAT-HHS) und der nachweisbaren KAT-Wirkung grafisch gekennzeichnet. Die peakartige kurze Veränderung der Gaszusammensetzung um 0:18 Uhr ist auf eine kurze Anlagenstörung zurückzuführen, die manuell sofort behoben wurde.

Des Weiteren ist mit Hilfe der Abbildung 2 die Katalysatorwirkung durch den Temperaturverlauf des Produktgases am Reformeraustritt sichtbar. Erkennbar ist außerdem, dass während der MF1 und MF2 erst zum Ende des jeweiligen KAT-Versuches kein weiterer Temperaturabfall zu verzeichnen war. Daraufhin wurden im Rahmen der MF3 nach den KAT-HHS wieder direkt anschließend Standard-HHS eingesetzt. Somit konnte der gesamte Zeitrahmen der Katalysatorwirkung dargestellt werden (s.a. Abbildung 1).

Katalytische Vergasungsversuche

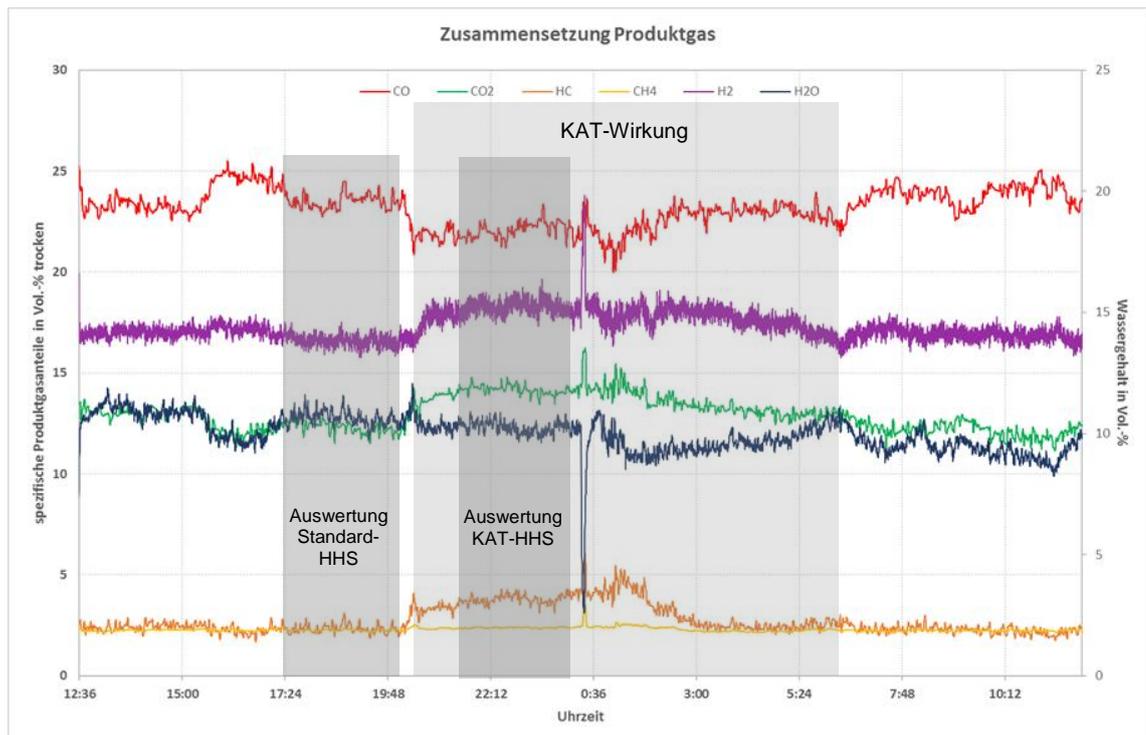


Abbildung 1: Zusammensetzung des Produktgases während der MF3 mit Kennzeichnung des Zeitraumes der KAT-Wirkung

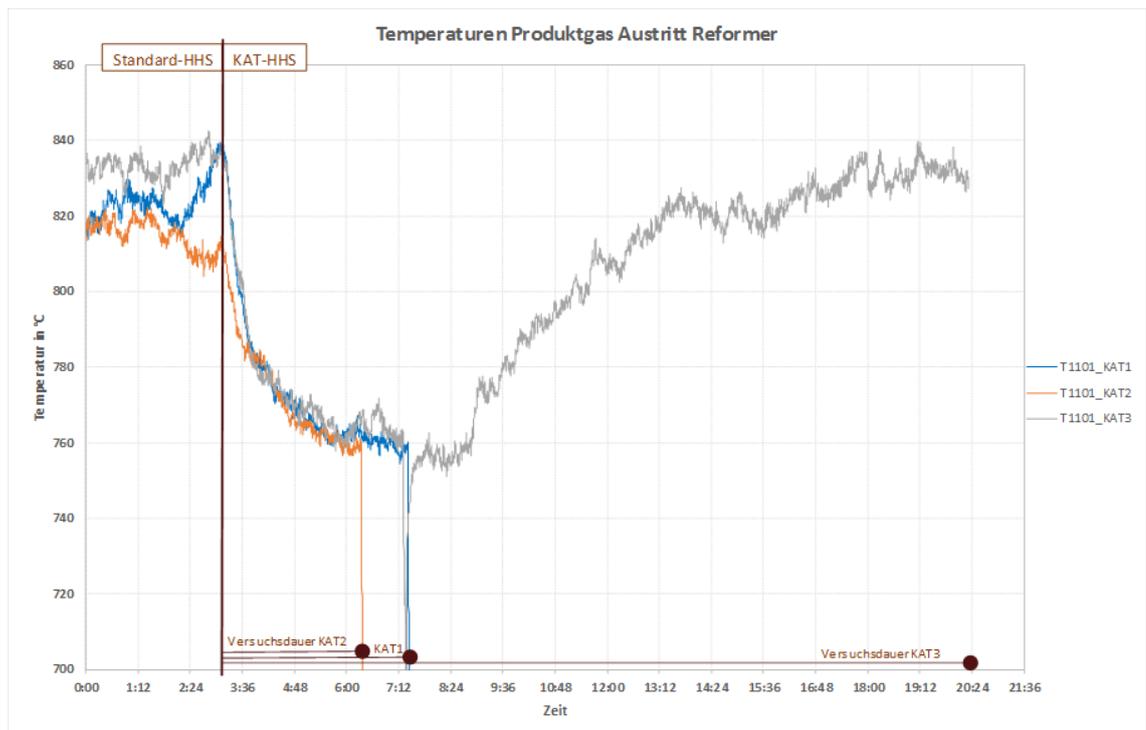


Abbildung 2: Temperaturverlauf des Produktgases am Austritt des Reformers während der MF

Brennstoff

Wie in Tabelle 1 ersichtlich, wurde allg. ein Brennstoffbedarf von ca. 28,6 bis 29,6 kg/h für den jeweiligen Auswertungszeitraum erfasst. Werden die Fahrweisen Standard und KAT hinsichtlich des Brennstoffmassenstroms miteinander verglichen, ist erkennbar, dass keine Aussage zu einem ggf. steigenden oder sinkenden Brennstoffbedarf bei Einsatz der KAT getroffen werden kann.

Tabelle 1: Brennstoffbedarf bei Verwendung von Standard – bzw. KAT-HHS

Bezeichnung	Einheit	Messfahrten					
		MF1		MF2		MF3	
Fahrweise		Standard	KAT	Standard	KAT	Standard	KAT
Auswertungszeitraum	h	2	2	2	2	3	3
Brennstoffbedarf	kg	58,44	57,74	59,21	58,87	85,46	88,41
Brennstoffbedarf	kg/h	29,2	28,9	29,6	29,4	28,5	29,5
Wassergehalt HHS	Ma.-%	8,5		9,7		6,3	

Produktgas

Die Produktgastemperaturen vom Reformeraustritt bis hin zum Motoreintritt wurden erfasst und die Versuchsphasen Standard und KAT miteinander verglichen. Dabei ist ersichtlich, dass die Gastemperaturen bei KAT-Einsatz direkt nach dem Reformier ggü. Standard deutlich abfielen (um ca. 50 bis 67 K) und dieser Temperaturabfall sich bei den folgenden Messstellen bis hin zum Motor immer weiter abschwächte. Dies ist u.a. mit der Temperaturspeicherwirkung der Bauteile und sich verändernden Wärmeströmen zu erklären. Der Temperaturabfall des Produktgases bei Einsatz des KAT ergibt sich aus der Tatsache, dass der KAT die endothermen Reaktionen verstärkt. [2]

Hinsichtlich des Vergleiches der Produktgasqualität bei der Vergasung der Standard-HHS und der KAT-HHS konnten v.a. signifikante Unterschiede bei den höheren Kohlenwasserstoffverbindungen (HC-Messwert wird durch die Autoren erfahrungsgemäß als Ethan (C₂H₆) interpretiert) und beim Wasserstoff festgestellt werden. Hier stiegen die Anteile um jeweils ca. 1,3 bis 1,7 Vol.-% und führen somit zu einer deutlichen Erhöhung des Produktgasheizwertes (vgl. Tabelle 2), da CO und CH₄ bei den Vergleichsmessfahrten keine signifikanten Änderungen ihres Volumenanteils aufwiesen. Der bei Einsatz der KAT-HHS deutlich gesunkene Wassergehalt im Produktgas wurde der chemischen Wirkung des Katalysators zugeschrieben. Nach Aussage des Herstellers katalysiert das Material auch die Wassergasreaktion, wodurch Wasser umgesetzt wird und der Wassergehalt im Produktgas entsprechend sinkt. [2]

Tabelle 2: Heizwert des Produktgases bei Verwendung von Standard – bzw. KAT-HHS

Bezeichnung	Einheit	Messfahrten					
		MF1		MF2		MF3	
Fahrweise		Standard	KAT	Standard	KAT	Standard	KAT
Auswertungszeitraum	h	2	2	2	2	3	3
Heizwert Produktgas	MJ/m ³ (i.N.)	6,35	7,56	6,59	7,74	6,34	7,21
Heizwert Produktgas	MJ/kg	5,84	7,00	6,08	7,13	5,74	6,54

Die Volumenströme des Produktgases und des zugeführten Vergasungsmittels Luft wurden ebenfalls erfasst und für den Vergleich der Messfahrten auf Normbedingungen nach DIN 1343 umgerechnet. Im Vergleich zwischen Standard- und KAT-HHS im Rahmen der MF1 sinken die Volumenströme des Produktgases um absolut 3,6 m³/h (i.N.) (relativ 4,6 %) und der Luft um 0,3 m³/h (i.N.) (relativ 0,8 %). Der Ver-

gleich der Daten aus der MF2 ergab ein Absinken der Volumenströme des Produktgases um absolut 3,6 m³/h (i.N.) (relativ 4,9 %) und der Luft um 0,4 m³/h (i.N.) (relativ 1,1 %). Hinsichtlich der MF3 sanken die Volumenströme des Produktgases um absolut 2,2 m³/h (i.N.) (relativ 3,1 %) und der Luft um 0,1 m³/h (i.N.) (relativ 0,3 %).

Durch die Erfassung der Zusammensetzung und des Volumenstromes des Produktgases konnte die Produktgasleistung (entspricht dem chemischen Produktgasenergiestrom) berechnet und für die jeweiligen Versuchsphasen miteinander verglichen werden. Da der Heizwert des Produktgases beim Einsatz der KAT-HHS ggü. dem Einsatz der Standard-HHS stieg, ergab sich ein deutlich höherer chemischer Energiestrom. Die diesbezügliche Steigerung betrug absolut ca. 13 bis 17 kW (relativ ca. 10 bis 13 %). Im Vergleich der elektrischen BHKW-Leistungen stieg diese beim Einsatz der KAT-HHS absolut um 0,1 bis 0,9 kW.

Anhand der erfassten Zusammensetzung und Volumenströme des Vergasungsmittels Luft und des Brennstoffes wurde die Luftzahl der Vergasung berechnet und in Tabelle 3 dargestellt. Erkennbar ist kein Unterschied der Luftzahl im Vergleich Standard- und KAT-HHS festzustellen. Bei den ersten zwei Messfahrten lag dieser bei ca. 0,36 und bei MF3 bei ca. 0,34.

Die zuvor beschriebenen Mess- und Berechnungsdaten der jeweiligen Auswertungszeiträume sind zusammengefasst in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Volumenstrom Produktgas und Vergasungsmittel sowie Produktgasleistung in den Auswertungszeiträumen

Bezeichnung	Einheit	Messfahrten					
		MF1		MF2		MF3	
Fahrweise		Standard	KAT	Standard	KAT	Standard	KAT
Auswertungszeitraum	h	2	2	2	2	3	3
Volumenstrom Produktgas	m ³ /h (i.N.)	73,4	69,8	73,2	69,6	71,7	69,5
Volumenstrom Vergasungsmittel	m ³ /h (i.N.)	38,1	37,8	38,1	37,7	38,3	38,2
Luftzahl		0,36	0,36	0,37	0,37	0,35	0,34
Produktgasleistung	kW	129,5	146,6	133,8	149,6	126,3	139,1
Elektrische BHKW-Leistung	kW	31,1	32,0	31,9	32,3	31,8	31,9

Wie zuvor beschrieben führte eine Arbeitsgruppe der RWTH Aachen im Rahmen der MF1 an drei verschiedenen Messstellen jeweils zwei Probenahmen des Produktgases durch, die zeitgleich erfolgten und analysierte diese im Labor auf die 16 polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) nach EPA. Dabei waren die Massenkonzentrationen der PAK direkt nach dem Reformer am höchsten und im gereinigten Produktgas vor dem Motor nur noch marginal. Den größten Anteil im Produktgas direkt nach dem Reformer nahm Naphtalin ein. Im Vergleich der Fahrweise mit Standard- und KAT-HHS ist eine Reduzierung der PAK-Konzentration beim Einsatz der KAT-HHS am Reformeraustritt um absolut ca. 29 mg/m³ bzw. relativ ca. 20 % festzustellen. Im gereinigten Produktgas konnten keine Unterschiede hinsichtlich der PAK-Konzentrationen detektiert werden.

Filterstaub

Mithilfe der durch die Abwägung des Filterstaubes am Gewebefilteraustrag erfassten Filterstaubmenge wurde der jeweilig auftretende Anfall an Filterstaub als Massenstrom berechnet. Darüber hinaus wurde durch die Laboranalysen der Filterstaubproben der Asche- und C_{fix}-Anteil ermittelt. In Tabelle 4 ist der erfasste Filterstaubanfall und des-

sen Charakterisierung hinsichtlich Asche- und C_{fix} -Anteil geordnet nach den Messfahrten dargestellt. Dabei wurde ein Filterstaubanfall von 2,9 bis 4,5 Ma.-% bezogen auf den Brennstoffinput analysiert. Zu erkennen ist zum einen der gestiegene Filterstaubanfall bei Einsatz der KAT-HHS (um absolut 170; 107 bzw. 308 g/h) und zum anderen die sich verändernde Filterstaubzusammensetzung, die durch einen höheren Ascheanteil (um 8,6; 5,1 bzw. 12,9 Ma.-% TS) und einen niedrigeren C_{fix} -Anteil (um 13,7; 5,4 bzw. 19,7 Ma.-% TS) gekennzeichnet ist. Zu bemerken ist beim Einsatz der KAT-HHS, dass der Filterstaubanfall auch den am Gewebefilter ausgetragenen Katalysatoranteil beinhaltet. Eine Herausrechnung der jeweils zugeführten Katalysatormenge ist nicht möglich, da nach Auskunft des Herstellers ein gewisser Anteil des Katalysators (z.B. die enthaltenen Hydroxid- und Carbonatanteile) im Prozess umgesetzt wird. [2]

Tabelle 4: Anfall und Charakterisierung der Filterstaubproben

Bezeichnung	Einheit	Messfahrten						
		MF1		MF2		MF3		
Fahrweise		Standard	KAT	Standard	KAT	Standard	KAT	
Filterstaubanfall	g/h	836	1006*	971	1078*	1023	1331*	
	Ma.-%**	2,9	3,5	3,3	3,7	3,6	4,5	
Filterstaub- zusammensetzung	A	Ma.-% TS	22,1	30,7	21,7	26,8	14,7	27,6
	C_{fix}	Ma.-% TS	63,8	50,1	62,8	57,4	73,0	53,3

* Die Angabe bezieht sich auf die erfasste Gesamtmasse (Filterstaub inkl. Katalysatorrest)

** die Angabe bezieht sich auf die Brennstoffmasse

Die extern durchgeführten Analysen der Filterstaubproben hinsichtlich der PAK-Beladung ergaben einen signifikanten Unterschied beim Einsatzvergleich der Standard- und KAT-HHS. Wird die Summe der EPA-PAK bei Standard-HHS und KAT-HHS miteinander verglichen, kann bei Einsatz der KAT-HHS ein Anstieg der PAK-Beladung um absolut ca. 650 mg/kg TS für MF1 und 1680 mg/kg TS für MF3 detektiert werden.

Weiterführende Informationen sowohl zu den aufgeführten als auch zu weiteren Prozessparametern können dem entsprechenden Forschungsbericht [1] entnommen werden.

4 Gleichgewichtsberechnungen

Die angesprochene Erhöhung des Heizwertes bei Einsatz der KAT-HHS ist im Einklang mit theoretischen Betrachtungen: auf Basis der messtechnisch ermittelten Produktgaszusammensetzung und -temperaturen bei Einsatz des KAT im Rahmen der MF2 wurden die chemischen Gleichgewichte der Gasphase ausgehend von den gemessenen Produktgaszusammensetzungen für Standard-HHS und KAT-HHS für isotherme sowie für adiabate Bedingungen und die daraus resultierenden Heizwerte bestimmt. Dafür wurde der Sauerstoffanteil im Produktgas zu Null gesetzt und für den Messwert HC im Produktgas Ethan angenommen. Im Ergebnis der Gleichgewichtsberechnungen verschieben sich unter isothermen Bedingungen die Anteile im Produktgas bei Einsatz des Katalysators hin zu einem höheren Anteil von CO und H₂ bei gleichzeitiger Senkung des Anteils CO₂ und H₂O (siehe Abbildung 3). Die Zusammensetzung des theoretisch berechneten Produktgases führt dabei im Vergleich zum gemessenen Produktgas zu einem höheren Heizwert von 6,63 MJ/m³ (i.N.). Unter adiabaten Berechnungsbedingungen verändern sich die Produktgasanteile von CO, CO₂, H₂ und H₂O nicht, lediglich für CH₄ lässt sich eine deutliche Steigerung feststellen (siehe Abbildung).

Der im Rahmen der Messfahrt gemessene Temperaturabfall des Produktgases nach dem Reformier ist ebenfalls im Einklang mit theoretischen Gleichgewichtsberechnungen und lässt sich unter adiabaten Berechnungsbedingungen abbilden. Die berechnete Temperatur des Produktgases sinkt dabei im Vergleich zur gemessenen Temperatur um 23 K (von 655 °C zu 627 °C).

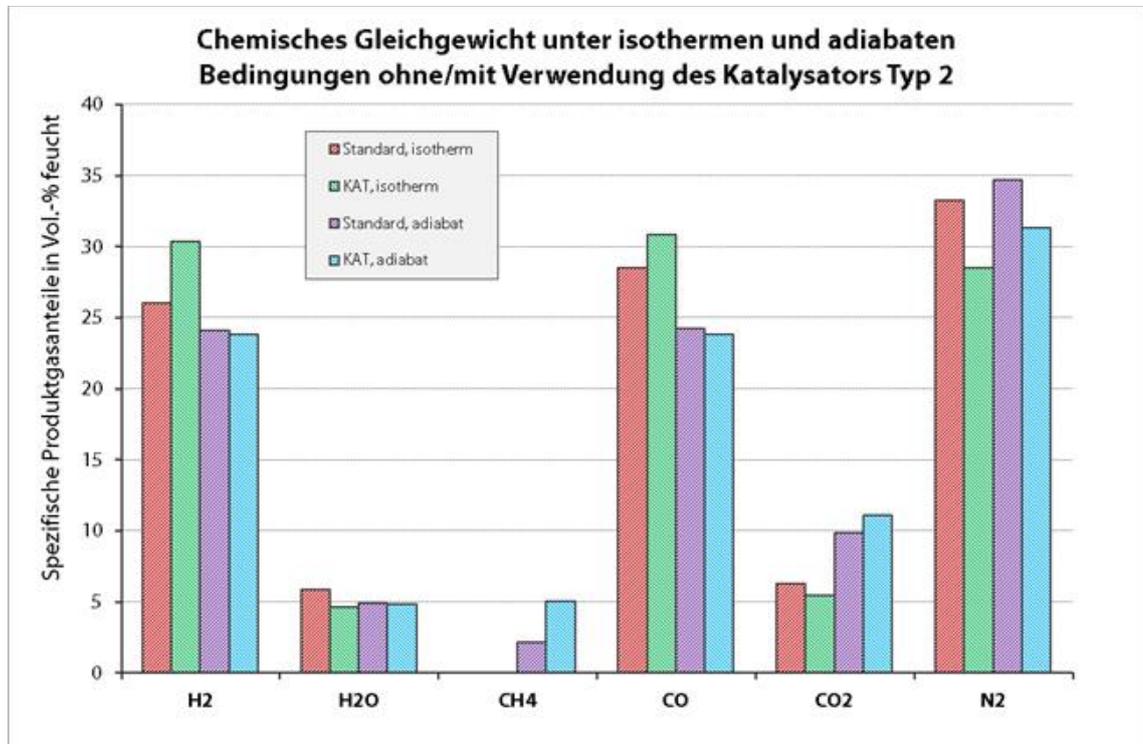


Abbildung 3: Darstellung der chemischen Gleichgewichte im Produktgas unter isothermen sowie adiabaten Bedingungen, basierend auf den Produktgaszusammensetzungen und -temperaturen bei der Vergasung von Standard-HHS und KAT-HHS, MF2

5 Fazit

Die Vergasungsversuche mit dem an der HSZG für Zwecke der anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung betriebenen Holzvergaser-BHKW bei Verwendung einer Mischung aus Standard-Hackschnitzeln (Standard-HHS) und drei Katalysatoren der Fa. GNS haben im Vergleich mit dem Einsatz von ausschließlich Standard-HHS eine Veränderung des Vergasungsverhaltens bestätigt. Hinsichtlich des Brennstoffmassenstroms konnte aufgrund fehlender Tendenz keine Aussage zu einem ggf. steigenden oder sinkenden Brennstoffbedarf bei Einsatz der Katalysatoren getroffen werden. Jedoch wurden während der Vergasungsversuche mit Zumischung der Katalysatoren signifikante Unterschiede der Stoff- und Energieströme im Vergleich zur Vergasung der Standard-HHS bei identischen Anlageneinstellungen festgestellt.

Die wesentlichen zu beobachtenden Auswirkungen des Katalysatoreinsatzes waren folgende:

- Absinken der Reaktionstemperaturen
- Steigerung des Ascheanteils im Filterstaub
- Anstieg der PAK-Beladung im Filterstaub

Darüber hinaus führte die tendenzielle Änderung der Produktgaszusammensetzung zu einer Steigerung des Produktgasheizwertes, wobei in diesem Zusammenhang die Messunsicherheiten der jeweiligen Sensoren und die Schwankungsbreite der Messdaten berücksichtigt werden müssen. Vor allem die Änderung der Produktgaszusammensetzung und als Folge dessen die Steigerung des Produktgasheizwertes bildet die Grundlage für die Bewertung des Katalysatoreinsatzes. Somit konnte tendenziell bei Zumischung der Katalysatoren mehr Brennstoffenergie in chemisch gebundene Energie des Produktgases umgewandelt werden. Jedoch konnte das entstehende energetisch höherwertigere Produktgas nicht äquivalent im BHKW in elektrische Energie umgewandelt werden. Demzufolge sank bei Katalysatoreinsatz der Motorwirkungsgrad. Die beschriebenen Effizienzverbesserungen hinsichtlich der Vergasung wurden somit durch Effizienzverluste der internen motorischen Verbrennung aufgehoben. Die Ursachen für letzteres sind noch nicht abschließend geklärt und sollten in weiterführenden Untersuchungen aufgedeckt werden.

Diesbezüglich konnte im Rahmen der Messfahrten keine positive Beeinflussung der Anlageneffizienz durch die Katalysatorzugabe erreicht werden.

Danksagung

Die Zuwendung für das „Zittauer Kraftwerkslabor“ wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen finanziert.



Quellen

- [1] Forschungsbericht „Katalytische Vergasungsversuche am Holzvergaser-BHKW des TCV“, 2017; http://ipm.hszg.de/fileadmin/Redakteure/Institute/IPM/Publikationen/TCV/Bericht_Katalytische_Vergasung_final.pdf
- [2] Spindler, H: Chemische Reaktionen bei der katalytischen Vergasung; Mündliche Mitteilungen im persönlichen Gespräch; Gesellschaft für Nachhaltige Stoffnutzung mbH; Zittau; 2016
- [3] GNS mbH: Sicherheitsdatenblatt GNS-Catalyst Z16/17; Halle; 02/2016

Potentiale zur Reichweitenerhöhung eines Serien-Elektrofahrzeuges durch die Nutzung regenerativer Energien

(Tiffany Haas, Prof. Michael Walter, Prof. Stefan Weiherer; alle Hochschule Ansbach)

Hochschule Ansbach
Residenzstr. 8
91522 Ansbach
Tel: 0981/4877-537
tiffan.haas@hs-ansbach.de

Abstract

Die Elektromobilität ist heutzutage ein beherrschendes Thema. Ursächlich hierfür ist das große Potential, welches diese Technologie hinsichtlich Umweltschutz und Ressourcenschonung bietet. Im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen lassen sich jedoch mit aktuellen Batterie-Technologien (v.a. Lithium-Ionen-Akkus) lediglich geringe Reichweiten realisieren. Momentan auf dem Markt erhältliche Mittelklasse-Fahrzeuge bieten Reichweiten zwischen 83 km und 250 km (entspricht ca. 20 % Reichweite von Verbrenner-Motoren). Verschärft wird das Problem durch extreme Witterungsbedingungen (z.B. Fahrten im Hochsommer oder bei strengem Frost), welche den größten Einfluss auf die Akku-Kapazität und –Lebensdauer sowie die Reichweite darstellen. Der Einbau eines größeren Akkus ist nicht immer zielführend, da damit auch eine Gewichtszunahme des Fahrzeugs und ein Kostenanstieg einhergehen sowie erforderliche seltene Erden wie z.B. Lithium endlich sind. Auch wenn dank intensivster Forschung im Bereich der Speichertechnologie die Akkukapazität Akkus damit die Reichweite der Serien-Elektrofahrzeuge stetig steigen, bleiben die Probleme einer ineffizienten Akku-Betriebstemperatur sowie die energieintensive Nutzung von weiteren Verbrauchern, wie Klimaanlage oder Heizung, bestehen. Demnach stellt sich die Forschungsfrage, wie zukünftig Akku-Packs von Elektrofahrzeugen unterstützt bzw. entlastet werden können. Durch die Zuführung von Sekundärenergie kann die Betriebstemperatur optimiert werden. Weiterhin kann die externe energetische Versorgung von energieintensiven Verbrauchern übernommen werden. In diesem Paper werden der Stand der Technik in Bezug auf den Einsatz von regenerativer Energietechnik und deren Anwendung in der Fahrzeugtechnik aufgezeigt. Die Sekundärenergien, welche durch ihre thermische und / oder elektrische Nutzung zu einer Akku-Entlastung und infolge dessen zu einer Reichweitenerhöhung beitragen können, werden gegenübergestellt und bewertet.

Keywords: Elektromobilität; Reichweitenerhöhung; Erneuerbare Energien; Bewertung; Biomasse

1 Einleitung

Der zunehmende weltweite Energiebedarf, hervorgerufen durch Bevölkerungswachstum, Industrialisierung und Globalisierung, kann allein mit Mineralöl langfristig nicht gedeckt werden. Eine Abkehr von dieser Abhängigkeit ist daher unvermeidlich. An die Stelle des Mineralöls treten in den letzten Jahren zunehmend erneuerbare Energieträger und alternative Technologien.

1.1. Motivation

Die Diskussion über den Einsatz fossiler oder erneuerbarer Energieträger geht weit über deren zeitliche Verfügbarkeit und den globalen Energieverbrauch hinaus. Sie beinhaltet ergänzend auch das höchst bedeutsame Thema der Schadstoffbelastungen. Über 55 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen werden im Verkehrssektor emittiert. Der maßgebliche Teil dieser wird von Personenkraftwägen (PKW) freigesetzt. Durch den im Jahr 2015 aufgedeckten Diesel-Abgasskandal ist das Image von Verbrenner-Motoren zusätzlich stark belastet und die Forderungen nach alternativen und sauberen Antriebstechniken werden zunehmend lauter.

Waren in den letzten Jahren kaum Serien-Elektrofahrzeuge auf den Straßen unterwegs und der Bedarf sowie die Akzeptanz der Bevölkerung gering, ist die Elektromobilität heutzutage ein allgegenwärtiges Thema – und dies nicht nur in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen nahezu aller Automobilhersteller und -zulieferer sondern auch in der gesamten Gesellschaft. Ursächlich hierfür ist das Potential, welches diese Technologie hinsichtlich Umweltschutz und Ressourcenschonung bietet. Durch die Nutzung erneuerbarer Energien können Elektrofahrzeuge ihr ökologisches Innovationspotential bestmöglich entfalten. Während Elektrofahrzeuge bei Verwendung des durchschnittlichen Strommixes bei einer „Wheel-to-Wheel“-Betrachtung nur geringe CO₂-Emissionsvorteile gegenüber effizienten Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor aufweisen (da CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung anfallen würden), werden diese laut [Scha12] aufgrund des Einsatzes erneuerbarer Energien praktisch zu Nullemissionsfahrzeugen.

1.2. Problemstellung

Im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen lassen sich jedoch mit aktuellen Technologien (v.a. Lithium-Ionen-Akkus) signifikant kleinere Reichweiten realisieren (~ 20 % Reichweite von Verbrenner-Motoren). Fakt ist zudem, dass weitere Faktoren Einfluss auf die Reichweite haben: Eine sportliche Fahrweise und die Nutzung stromintensiver Verbraucher reduzieren die Reichweite drastisch.

Den größten Einfluss auf die Akku-Kapazität und somit die Reichweite, stellt die starke Streuung der herrschenden Umgebungs- und Witterungsbedingungen (z.B. Fahrten im Hochsommer oder bei strengem Frost) dar. Wird der Akku-Pack im ineffizienten Temperaturbereich betrieben, wird die nutzbare Akkukapazität deutlich und damit auch die erzielbare Reichweite erheblich reduziert. Ferner führt dies zu einer signifikanten Reduktion der verfügbaren Energie und zu einer vorzeitigen Alterung der Akku-Zellen. Abschließend ist besonders hervorzuheben, dass insbesondere der energieintensive Betrieb einer Klimaanlage (bzw. der hierfür erforderlichen Wärmepumpe bzw. Kältemaschine) drastische Auswirkungen auf die Reichweite des Elektrofahrzeugs hat.

2. Identifikation der Forschungsfrage und Ableiten des Handlungsbedarfs

Die vorhergehenden Ausführungen belegen klar, dass die Forschungsfrage des vorliegenden Papers, wie zukünftig Akku-Packs von Elektrofahrzeugen unterstützt oder entlastet werden können, von weitreichender Bedeutung ist.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wird an der Hochschule Ansbach untersucht, wie sich die Reichweite eines vorhandenen Serien-Elektrofahrzeugs (Renault Zoe R240) durch die Bereitstellung externer, sekundärer Energie erhöhen lässt. Da aus Garantiegründen nicht direkt auf den Akku-Pack zugegriffen werden kann, konzentriert

sich die Unterstützung durch Sekundärenergie hierbei auf andere Systeme und Verbraucher des Fahrzeugs abseits des Akku-Packs, um so zu einer Akku-Entlastung beitragen.

Hierfür sind umfangreiche Forschungsaktivitäten erforderlich, welche zunächst auf einer kritischen Beurteilung externer regenerativer Energien bzgl. deren Eignung zur Übernahme von ausgewählten Funktionsumfängen eines Elektrofahrzeugs und damit schlussendlich zu einer Entlastung des Akkus und einer Reichweitenerhöhung führen.

Im Rahmen dieses Beitrags wird der gegenwärtige Stand der Forschung und Technik verschiedenster regenerativer Energieformen und Technologien dargestellt, analysiert und beurteilt. Der Fokus liegt hierbei auf regenerativ erzeugten Energien, da diese der Ökobilanz des E-Fahrzeugs weithin zuträglich sind. Dieses Paper diskutiert Vorteile und Nachteile von regenerativen Energieformen, ihre Anwendungsmerkmale wie z.B.: Verfügbarkeit, Kosten und Platzanforderungen, und gibt einen Überblick über den Stand der Technik. Abschließend werden die verschiedenen Lösungsansätze gegenübergestellt und bewertet. Hieraus ergibt sich eine Empfehlung für die Nutzung und Anwendung von Sekundärenergie im Bereich der Elektromobilität.

3. Regenerative Energien und deren Einsatz im Automobil

Im Folgenden werden nun die betrachteten regenerativen Energien vorgestellt sowie bereits existierende Anwendungen in der Kraftfahrzeugtechnik und gewonnene Erkenntnisse aufgezeigt. Diese Ausführungen dienen somit als Grundlage der im vierten Kapitel folgenden Beurteilung der einzelnen Energiearten.

3.1. Biokraftstoffe

Einen wesentlichen Teil der Übergangsstrategie von der fossilen zur regenerativen Mobilität könnte ein verstärkter Einsatz von Biokraftstoffen (z.B. Biodiesel oder (Bio-)Ethanol) bilden. Die verstärkte Nutzung von diesen, bisher noch nicht vollständig etablierten Energieträgern in der Elektromobilität bietet die Möglichkeit, die Reichweite von Serien-Elektrofahrzeugen zu erhöhen und die Umwelt zusätzlich zu entlasten. Bei Biokraftstoffen werden nur diejenigen Energieträger betrachtet, welche gegenwärtig bereits in der Fahrzeugtechnik genutzt werden.

3.1.1. Biodiesel

Ausgangsprodukt von Biodiesel ist in der Regel Rapsöl, oder auch RME (Rapsölmethylester) genannt. Als B100 (100 % Biodiesel) werden etwa 2/3 des in Deutschland produzierten Rapsöls an Spediteure, Pkw-Fahrer und Landwirte geliefert [BKV16]. Auch wenn viele ältere Dieselfahrzeuge laut einigen Fahrzeugherstellern für den Betrieb mit Biodiesel geeignet sind, gibt es immer wieder Probleme mit der Kompatibilität der Motoren oder den Dichtungen sowie Einspritzsystemen. Andere Hersteller erteilen dagegen keine Freigabe, was zu Verwirrung bei den Verbrauchern und folglich zu einem allgemein geringen Interesse an Biodiesel führt. Weiterhin ist der Markt für B100 aufgrund einer gestiegenen Besteuerung in den letzten Jahren stark geschrumpft. Da sich alle jedoch alle Fette und Öle als Rohstoffe für die Biodieselherstellung verwenden lassen, wird die Forschung im Bereich Rohmaterialien, Katalyse und Verfahrenstechnik weiter vorangetrieben.

Tabelle 1. Eigenschaften von Biodiesel nach [Gei08]

Kenngroße	Wert	Einheit
Dichte (bei 15 °C)	0,86 bis 0,90	kg/l
Energiedichte	8,9	kWh/l
Kinemat. Viskosität (bei 20 °C)	7,5	mm ² /s
Cetan-Zahl	51 bis 58	-
Flammpunkt	120 bis 135	°C
Schmelzpunkt	-12 bis -22	°C
Kraftstoffäquivalent zu Diesel	0,91	l

3.1.2. Pflanzenöle

Pflanzenöle werden größtenteils aus Raps-, Sonnenblumen- oder Palmöl gewonnen. Lange Zeit war die Verwendung von teurem Pflanzenöl als Ersatz für Erdöl nicht rentabel. Erst die Ölkrisen verstärkten die Suche nach alternativen Kraftstoffen und brachten die erneuerbaren Energieträger zurück in die Diskussion. Da diese Technik seit 1980 im Einsatz ist und ständig weiterentwickelt wurde, kann diese als ausgereift angesehen werden. Bisher ist nur ein geringer Prozentsatz der Fahrzeuge auf den Straßen für den Betrieb mit Pflanzenöl umgerüstet. Hintergrund sind die oft nicht vorhandenen Freigaben vom Fahrzeughersteller, ein mangelndes Tankstellennetz sowie die Kosten für die Umrüstung. [Sie06]

Tabelle 2. Eigenschaften von Raps-, Sonnenblumen- und Palmöl nach [Gei08]

Kenngroße	Rapsöl	Sonnenblumenöl	Palmöl	Einheit
Dichte (bei 15 °C)	0,92	0,93	0,92	kg/l
Energiedichte	37,6	37,1	37,0	kWh/l
Kinemat. Viskosität (bei 20 °C)	72,3	68,9	29,4	mm ² /s
Cetan-Zahl	40	36	42	-
Flammpunkt	317	316	267	°C
Schmelzpunkt	-3 bis 0	-18 bis -16	27 bis 43	°C
Kraftstoffäquivalent zu Diesel	0,96	0,96	0,96	l

3.1.3. Bioethanol

Als Alternative zu fossilem Benzin ist Bioethanol weltweit führend und entwickelt sich auch in Deutschland, beigemischt zu fossilem Benzin, zu einem wichtigen Element der nachhaltigen Mobilität. Die Ausgangsstoffe für Bioethanol (z.B. Getreide, Kartoffel, aber auch Holz und Biomasse) decken ein breites Spektrum ab. Die gebräuchlichste Bezeichnung ist E85, weil meist 85 % Ethanol und 15 % Benzin gemischt werden. Wurden bis Ende 2014 Neuwagen mit Ethanol-fähigen Motoren angeboten (sogenannte Flexi Fuel Vehicles (FFV, u.a. von Audi, Ford, Opel, Renault und Volvo), kam im Jahre 2015 nur ein einziger Neuwagen für den Betrieb mit Bioethanol in Frage. Flexi Fuel Vehicle bezeichnet dabei ein Fahrzeug welches mit Benzin, Ethanol sowie beliebigen Mischungen dieser Kraftstoffe betrieben werden kann. Da in Deutschland das Angebot der Neuwagen, die mit E85 Bioethanol betankt werden dürfen, überschaubar ist, ist die Zielgruppe besonders stark eingeschränkt. Ferner wird E85 nur an freien Tankstellen

angeboten (nur ca. 300 von nahezu 15.000). Daher ist eine zukunftsnahe, großflächige Markteinführung nicht zu erwarten [BDB16].

Tabelle 3. Eigenschaften von Bioethanol nach [Gei08]

KenngroÙe	Wert	Einheit
Dichte (bei 15°C)	0,79	kg/l
Energiedichte	26,8	kWh/l
Kinemat. Viskosität (bei 20°C)	1,5	mm ² /s
Cetan-Zahl	> 100	-
Flammpunkt	21	°C
Schmelzpunkt	-	°C
Kraftstoffäquivalent zu Diesel	0,65	l

3.1.4. Biogas

Biogas (oder Biomethan) kann in umgerüsteten Otto-Motoren als Kraftstoff eingesetzt werden. In einigen Modellen von Opel, Volvo oder Ford wurde diese Technologie bereits umgesetzt. Mit diesen umgerüsteten Fahrzeugen kann das als umweltfreundliches Erdgas bezeichnete Biogas getankt werden. Zudem ist es deutlich billiger als Benzin.

Jedoch ist nach [Gei08] bis dato keine flächendeckende Einführung in den Automobil-Markt erfolgt. Trotzdem gibt es diverse Forschungsergebnisse und -konzepte im Bereich der Elektromobilität. Der Einbau einer Gasturbine ist noch nicht serienreif, jedoch eine vielbeachtete und intensiv diskutierte Alternative. Hier kann das Konzeptfahrzeug Jaguar C-X75 in Zusammenarbeit mit Bladon Jets genannt werden, welches über 4 Elektromotoren je 145 kW (195 PS) verfügt. Diese werden aus Batterien angetrieben, die von zwei Micro-Gasturbinen je 70 kW geladen werden können. Die Reichweite dieses Fahrzeugs kann aufgrund der zwei Turbinen von 110 km (rein elektrisch) auf bis zu 900 km pro Tank und Batterieladung erhöht werden [Bla16].

Tabelle 4. Eigenschaften von Biogas nach [Gei08]

KenngroÙe	Wert	Einheit
Dichte (bei 15 °C)	0,86 bis 0,90	kg/l
Energiedichte	8,9	kWh/l
Kinemat. Viskosität (bei 20 °C)	7,5	mm ² /s
Cetan-Zahl	51 bis 58	-
Flammpunkt	120 bis 135	°C
Schmelzpunkt	-12 bis -22	°C
Kraftstoffäquivalent zu Diesel	0,91	l

3.1.5. Biomass-to-Liquid (BtL)

Biomass-to-Liquid (BtL) gehört zu den Biokraftstoffen der zweiten Generation. Das Interesse an diesem Kraftstoff ist in den vergangenen Jahren deutlich gewachsen. Positiv ist die hohe Anpassbarkeit dieses Kraftstoffs an verschiedenste spezifische Anforderungen. BtL erfordert keine zusätzliche Antriebstechnik und erlaubt überdies ähnliche Reichweiten wie konventionelle Treibstoffe. Jedoch ist die Herstellung dieses synthetischen Kraftstoffs kosten- und energieintensiver als bei Biokraftstoffen der ersten Generation. Zudem befindet sich die Herstellung von BtL noch am Anfang und wird als

Treibstoff vornehmlich in Laboren entwickelt und in Versuchsanlagen ausprobiert. [Gei08].

Tabelle 5. Eigenschaften von Biomass-to-Liquid (BtL) nach [TLL07]

Kenngroße	Wert	Einheit
Dichte (bei 15°C)	0,76	kg/l
Energiedichte	9,31	kWh/l
Kinemat. Viskosität (bei 20°C)	4,0	mm ² /s
Cetan-Zahl	> 70	-
Flammpunkt	88	°C
Kraftstoffäquivalent zu Diesel	0,93	l

3.2. Sonnenenergie

Solarfahrzeuge beziehen ihre Antriebsenergie überwiegend mittels Photovoltaik. Sie sind zumeist auf Dach und/oder Motorhaube mit Solarzellen bestückt, die Sonnenenergie in elektrischen Strom umwandeln. Bisher gibt es lediglich Experimental-Fahrzeuge, welche meist auf internationalen Veranstaltungen und Rennen vorgeführt und getestet werden.

Hervorzuheben ist das Solar Taxi, welches zwischen 2007 und 2008 mit reiner Sonnenenergie die Welt umrundete. Der Wagen selbst hatte keine Solarzellen an Bord. Die 6 m² Silizium Solarzellen wurden auf einem Anhänger, der vom Fahrzeug gezogen wurde, montiert. Da die Tagesstrecken länger waren als die dafür bereitgestellte Energie der Solarzellen, wurde der Wagen an der Steckdose nachgeladen. Während der Weltumrundung wurde die aus dem Netz bezogene Energie durch eine Solaranlage in der Schweiz wieder eingespeist [Sol16]. Auch wenn momentan der Antrieb mit reiner Sonnenenergie noch nicht realisiert wurde, wird an dieser Art der Fortbewegung weiterhin intensiv geforscht. Ende Juli 2016 wurde der Prototyp „Sion“ vorgestellt, der durch integrierte Solarzellen selbstständig alleine wieder aufladen und überschüssige Energie für gängige, elektronische Geräte zur Verfügung stellen kann. [Sion16]

Jedoch ist die Nutzung von Solarzellen nicht rein auf den Antrieb des Fahrzeugs beschränkt. Die Firma Webasto entwickelt und verbaut Solardächer, die direkt in die Fahrzeugbatterie einspeisen sowie das Lüftungsgebläse im Stand betreiben kann. Den hierfür erforderlichen Strom liefern die im Glasdeckel integrierten Solarzellen. Durch den Betrieb des Gebläses kann ein kontinuierlicher Luftaustausch der Fahrzeugkabine realisiert werden. Das Ergebnis: der belüftete Innenraum heizt sich spürbar weniger auf [Web16].

Zunehmend wird der Einsatz von Sonnenenergie zum Betrieb elektrische Flächenheizungen (Widerstandheizfolien) diskutiert. Stark ausgekühlte Flächen im Fahrzeuginnenraum werden als unangenehm empfunden. Daher wird der Ansatz diskutiert, körpernahe Flächen des Interieurs auf eine Oberflächentemperatur von 37 °C elektrisch aufzuheizen.

Intensiv geforscht wird auch an der neuen Generation der Photovoltaik, der organischen Photovoltaik (OPV). Diese kann durch ihren Aufbau und ihre Einsatzmöglichkeiten in Zukunft völlig neue Möglichkeiten der Energiegewinnung erschließen. Die halb transparenten Folien erlauben eine flexible und einfache Applikation. So kann OPV-Folie nicht am Exterieur des Wagens, sondern auch im Innenraum (z.B. am Armaturenbrett, an den Fenstern oder in Schiebedächern) angebracht werden. Das geringe Gewicht der Folien ist ein Vorteil gegenüber herkömmlichen PV- Modulen. Zudem wird

teures Silizium in Reinform nicht mehr benötigt. Von Nachteil ist die geringere Leistung im Vergleich mit handelsüblichen PV-Modulen. Daher können OPV-Folien geeignet zum Betrieb von Nebenaufgaben im Fahrzeug beitragen. So sieht die Autorin die Innenraumtemperierung (analog den Solardächern) über OPV-Folien sehr vielversprechend.

3.3. Wasserkraft

Reine Wasserkraft steht unendlich zur Verfügung, weist jedoch hinsichtlich ihrer Handhabbarkeit als reines Antriebssystem keinen momentanen Nutzen für die Automobilindustrie auf. Da für die Erzeugung elektrischer Energie aus Wasserkraft entweder ein großes Gefälle (vgl. Pumpspeicherkraftwerke, Staudämme), ein stetig fließender Wasserstrom oder Gezeiten notwendig sind, ist diese Technik unmittelbar im Fahrzeug nicht anwendbar.

3.4. Wasserstoff

Es ist davon auszugehen das Wasserstoff mittelfristig eine zentrale Rolle in der Energie- und Verkehrstechnik spielen wird. Die Brennstoffzelle nutzt Wasserstoff welcher zusammen mit Sauerstoff in elektrische Energie umgewandelt wird. Reichweite, Fahrverhalten und Höchstgeschwindigkeit sind vergleichbar mit Benzin-Motoren. Die Emissionen bestehen aus unproblematischem Wasserdampf. Da momentan noch einige Herausforderungen im Bereich der Herstellung, Verteilung und Speicherung zu bewältigen sind, gibt es bisher auf dem Automobilmarkt nur wenige Hersteller welche ein Wasserstoff-Fahrzeug anbieten [Eich10]. Der Hyundai ix35 FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) nutzt die Wasserstoff-Brennstoffzellen-technologie. Das Fahrzeug wird seit 2013 in Kleinserie hergestellt und zählt damit zu den ersten unter Serienbedingungen hergestellten Brennstoffzellenfahrzeugen. Auch weitere Hersteller führen vermehrt die Brennstoffzellen-Technologie in Serien-Fahrzeugen ein (u.a. der Toyota Mirai aus dem Jahre 2015) [Was16].

3.5. Windenergie

Bisher gibt es keine serienmäßige Nutzung der Windenergie in der Fahrzeugtechnik, was mitunter an dem immensen Platzbedarf für deren Erzeugung sowie der Unbeständigkeit des Windes liegt. Jedoch gelang es deutschen Extremsportlern mit dem „Wind Explorer“, allein angetrieben durch Windkraft fast 5.000 km durch Australien zu reisen. Die beiden Piloten legten die Strecke mit ihrem „Wind Explorer“, einem Leichtbau-Elektromobil, innerhalb von 18 Tagen zurück und stellten auf der Gesamtstrecke über rund 4.800 km drei Bestmarken auf: i) die erste Kontinentaldurchquerung eines mit Wind angetriebenen Fahrzeugs, ii) die längste nur mit Windkraft zurückgelegte Gesamtstrecke sowie iii) die höchste, nur mit Windkraft an Land gefahrene Kilometerleistung innerhalb von 36 Stunden. Der „Wind-Explorer“ wird durch Lithium-Ionen-Batterien angetrieben, welche durch eine mobile Windkraftanlage fortwährend aufgeladen werden. Nur in windstillen Phasen wurde auf Strom aus herkömmlichen Quellen zurückgegriffen. Das Batteriepaket mit einer Leistung von acht Kilowattstunden ermöglicht dem so bei einer Lufttemperatur von 60 Grad Reichweiten von rund 400 Kilometern. [Wind16]

4. Diskussion und Bewertung

Im Kapitel 4.1 erfolgt in kompakter Form eine Diskussion der Vor- und Nachteile des Einsatzes der zuvor behandelten Formen regenerativer Energie hinsichtlich deren Eignung und Potential zur Reichweitenerhöhung von E-Fahrzeugen. Anschließend wird in Kapitel 4.2. anhand einer gewichteten Punktbewertung nach Luft [Luf16] die, hinsichtlich der Reichweitenerhöhung eines E-Fahrzeugs, bestgeeigneten Energieformen identifiziert.

4.1. Kritische Diskussion

Biodiesel verfügt über einen höheren Energiegehalt als Benzin, ist zudem ungiftig und schwefelfrei. Eine dezentrale Nutzung ist möglich, da Speicherung und Transport einfach und wirtschaftlich realisierbar sind. Optimales Ausgangsmaterial ist Rapsöl, welches auch bei tiefen Temperaturen noch flüssig und stabil bleibt. Biodiesel benötigt zur Umesterung Methanol, wodurch die Umweltbilanz jedoch beeinträchtigt wird, da Methanol aus fossilen Primärenergieträgern erzeugt wird. Die Anbaufläche von Raps in Deutschland ist nicht beliebig steigerbar, da der Boden nicht flächendeckend geeignet ist. Zudem sind ein hoher Pestizid- und Düngereinsatz für den Anbau notwendig [Gei08]. Biodiesel kann heute mit dafür ausgelegten Motoren in Reinform verwendet werden oder als Gemisch mit herkömmlichem Dieselmotoren Anwendung finden. Biodiesel ist biologisch abbaubar und stellt daher im Falle eines Unfalls kein Gefahrgut dar. Biodiesel ist auf Grund seiner guten Schmiereigenschaften für Motoren sogar besser als normaler Diesel [Gei08].

Pflanzenöle werden aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen und sind daher nahezu unbegrenzt und flächendeckend verfügbar. Ihre Lagerfähigkeit ist jedoch stark begrenzt (6 – 12 Monate). Benötigte Flächen für den Anbau stehen in Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion [Gei08]. Der Einsatz von Pflanzenölen in der Fahrzeugtechnik, vor allem in landwirtschaftlichen Fahrzeugen, ist schon länger Stand der Technik. Immer mehr Umrüster beschäftigen sich mit dem Thema, da dank Mineralölsteuerbefreiung ein Liter Pflanzenöl gegenwärtig nur rund 0,70 € kostet. Pflanzenöl gilt als ungiftig und schwefelfrei. Jedoch sind das Fließverhalten und die Cetanzahl schlechter, was ohne Umrüstung vermehrt zu zugesetzten Kraftstofffiltern und verkockten Einspritzdüsen führt. Ohne Umrüstung erteilen die Fahrzeughersteller keine Freigabe und übernehmen keine Garantie. Eine Umrüstung ist jedoch aufwendig und kostenintensiv. [Gei08]

Biomass-to-liquid (BtL) deckt ein sehr breites Rohstoffspektrum ab. Zugleich kann die ganze Energiepflanze genutzt und hohe erzielbare Kraftstoffmenge je Flächeneinheit erzielt werden. Jedoch zeigt BtL eine geringe Energieausbeute bei der komplexen Herstellung. Die Produktion ist noch in der Erprobung, wodurch eine flächendeckende Verfügbarkeit aktuell nicht besteht. Ferner sind vergleichsweise große Mengen an Wasserstoff für die Produktion von BtL von Nöten. Theoretisch kann jeder Dieselmotor auch mit BtL betrieben werden, welcher einen verringerten Ausstoß von unverbrannten Kohlenwasserstoffen (um 40 %), Russpartikeln und Kohlenmonoxid erlaubt. Bisher ist es jedoch nicht gelungen BtL im größeren Maßstab kostengünstig herzustellen und eine flächendeckende Verfügbarkeit zu gewährleisten [FNR16].

Zur Gewinnung von **Biogas** eignen sich vielfältige Ausgangsmaterialien (z.B. Stroh, Gras sowie Gülle und organische Abfälle). Diese sind nahezu unbegrenzt und flächendeckend verfügbar. Jedoch wird Biogas in Deutschland zumeist nur in Blockheizkraftwerken eingesetzt und (falls machbar überhaupt möglich) in vergleichsweise geringen Mengen in das örtliche Niederdruckgasnetz eingespeist [Gei08]. Mit Erdgas betriebene

Autos sind heute ausgereift und deren Betrieb und Unterhalt ist deutlicher günstiger und umweltfreundlicher als mit herkömmlichen Kraftstoffen. Jedoch müsste für eine großflächige Einführung von Biogas in der Fahrzeugtechnik das zugehörige Tankstellennetz intensiv ausgebaut werden.

Bioethanol lässt sich ebenfalls aus einer Vielzahl an organischen Ausgangsstoffen gewinnen (z.B. Getreide, Zuckerrüben, Holz und sonstige Biomassen), die auch nahezu unbegrenzt und flächendeckend verfügbar sind. Benötigte Flächen für den Anbau stehen jedoch in direkter Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion. Zudem liegen im Vergleich zu Benzin Herstellungskosten von Ethanol zwar höher, wobei die Wettbewerbsfähigkeit vor dem Hintergrund sinkender Produktionskosten und steigender Benzinpreise zunehmend steigt [Gei08].

Bisher ist ein Betrieb von Kraftfahrzeugen mit reinem Ethanol ohne Umrüstung nicht möglich, vielmehr finden meist Gemische wie E50 oder E85 Anwendung. Eine flächendeckende Markteinführung ist in den nächsten Jahren nicht zu erwarten. Jedoch eignet sich reines Bioethanol für den Betrieb von Nebenaggregaten, wie z.B. Standheizungen als Energiequelle.

Abschließend lohnt ein kritischer Blick auf die erreichbaren Reichweiten der Biokraftstoffe, bezogen auf einen Hektar Anbaufläche. Während nach [FNR07] mit Rapsöl, Biodiesel und Bioethanol ungefähr gleiche Reichweiten (~ 23.000 km) erzielt werden können, beträgt die Reichweite bei Biomethan und BtL, bedingt durch den hohen Energiegehalt, fast das Dreifache (~ 66.000 km).

Solarenergie (OPV) Die Nutzung der Solarenergie erlaubt eine kostengünstige und dezentrale Nutzung und basiert auf bewährter Technik. Die neue Generation der Photovoltaikmodule – sogenannte organische Photovoltaik (OPV) – ist flexibel einsetzbar und erfordert bei deren Fabrikation keine Seltenen Erden. Sonnenenergie ist jedoch nicht konstant verfügbar. Für die Herstellung handelsüblicher Photovoltaik-Module werden seltene Rohstoffe wie Silizium benötigt. Der Wirkungsgrad der OPV ist gegenwärtig noch sehr gering und die Herstellung steckt noch in den Anfängen. OPV kann am und im Auto angebracht werden und durch Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie zur Entlastung des Akkus beitragen. Zudem ist die Verwendung von OPV zur Klimatisierung des Fahrgastraums gut geeignet.

Wasserkraft steht nahezu unendlich zur Verfügung und ermöglicht zudem eine kostengünstige und dezentrale Nutzung. Jedoch ist für die Nutzung ein großer Komponenten- und Platzbedarf vorzusehen, da Wasserkraftwerke entweder einen Pumpspeicher, stetigen Zufluss oder Gezeitenenergie zur Energieerzeugung benötigen. Diese Energieform findet auf Grund ihres großen Platzbedarfs bisher keine Anwendung in der Fahrzeugtechnik.

Wasserstoff gilt als ein Energieträger der Zukunft, da dieser einen vergleichsweise hohen Energiegehalt aufweist und theoretisch unendlich verfügbar ist. Die Wasserstoff-Herstellung ist jedoch noch sehr energie- und kostenintensiv und es fehlt an einer flächendeckenden Versorgung. Weiterhin ist die Speicherung gegenwärtig noch problematisch und benötigte Tanks sind in ihren Abmessungen äußerst groß und schränken so den tatsächlichen Nutzraum im Fahrzeug signifikant ein. Mittelfristig ist jedoch zu erwarten, dass Wasserstoff eine zentrale Rolle in der Verkehrstechnik spielen wird.

Windkraft steht unendlich zur Verfügung und geht nicht mit einer Schadstoffemission einher. Jedoch ist diese nicht gleichbleibend verfügbar und für eine effiziente Nutzung ist ein großer Platzbedarf vorzusehen und (fixe) windstarke Standorte vorzuziehen. Die

Energieform der Windkraft wird bisher nicht in der Serien-Fahrzeugtechnik angewendet.

4.2. Gewichtete Punktbewertung

Die aufgezeigten Energieformen erfüllen viele Kriterien – aber in unterschiedlichem Umfang und in unterschiedlicher Güte. Da nicht jedes Bewertungskriterium gleichbedeutend ist, wird eine Gewichtung dieser festgelegt. Das Vorgehen bei der nachfolgenden Gewichteten Punktbewertung folgt den Vorgaben nach Luft et al. [Luf16].

4.2.1. Festlegung der Bewertungskriterien

Für die Bewertung des Einsatzes regenerativer Energien zur Erhöhung der Reichweite von E-Fahrzeugen werden die „Verfügbarkeit“ und eine „kostengünstige Herstellung“ des Treibstoffes als erste Bewertungskriterien herangezogen. Weiterhin muss das einzusetzende Verfahren eine „platzsparende und einfach anwendbare Technik“ aufweisen. Als zusätzliches Kriterium dient der „Energiegehalt“, der direkt proportional zur erzielbaren Reichweitenerhöhung steht. Die Bewertung erfolgt durch ein Punktesystem. Es gilt:

4 Punkte = Sehr gut

2 Punkte = Gut

0 Punkte = Schlecht

4.2.2. Festlegung der Gewichtungsfaktoren

Da nicht jedes Kriterium für die Eignung zur Reichweitenerhöhung von E-Fahrzeugen gleichbedeutend ist, werden die jeweiligen Bewertungskriterien individuell gewichtet. Die wichtigsten Kriterien sind hierbei die Verfügbarkeit der Energieform sowie der Energiegehalt (jeweils Gewichtungsfaktor: 10), gefolgt von einer platzsparenden Anwendung im Fahrzeug (Faktor: 7). Die erprobte Anwendung in der Fahrzeugtechnik wird mit einem Gewichtungsfaktor von 3 bewertet, die kostengünstige Herstellung mit dem Faktor 1.

4.2.3. Ergebnis

Tabelle 6 zeigt stellt nochmal die Gewichtungsfaktoren der fünf Bewertungskriterien zusammen und benennt die Einzelpunktbewertungen sowie die resultierenden gewichteten Summen aller neuen regenerativen Energien.

Potentiale zur Reichweitenerhöhung eines Serien-Elektrofahrzeuges durch die Nutzung regenerativer Energien

Tabelle 6. Ergebnis der gewichteten Punktebewertung

	Verfügbarkeit	Kostengünstige Herstellung	Platzsparend in der Anwendung	Bestehende erprobte Anwendung im Fahrzeug	Energiegehalt und mögliche Reichweitenerhöhung	Gewichtete Summe
Gewichtung	10	1	7	3	10	
Biodiesel	4	4	4	4	2	99
Pflanzenöl	2	4	4	4	2	84
Bioethanol	4	2	4	4	2	102
Biogas	4	4	4	4	4	124
BtL	0	0	4	2	4	74
Sonnenenergie	2	4	4	4	2	84
Wasserkraft	4	2	0	0	2	62
Wasserstoff	0	0	4	4	4	80
Windkraft	2	2	0	0	2	42

Um die Ergebnisse bewerten zu können, wird folgende Unterteilung fixiert:

124 - 83 Punkte = Sehr gutes Ergebnis, Energieform birgt großes Potential für die Anwendung im Fahrzeug.

82 - 41 Punkte = Gutes Ergebnis, jedoch nur bedingt Einsatzfähig.

40 - 0 Punkte = Schlechtes Ergebnis, kommt für weitere Betrachtungen nicht in Frage.

Die Tabelle zeigt deutlich, dass eine Reichweitenerhöhung von Elektrofahrzeugen vorrangig durch den Einsatz von Biokraftstoffen sowie der Sonnenenergien bewerkstelligt werden sollten. Diese Energieformen zeichnen sich durch einen hohe Verfügbarkeit sowie bereits bestehende erprobte Anwendungen in der Fahrzeugtechnik aus. Auch BtL und Wasserstoff scheinen (insbesondere wegen des sehr hohen Energiegehalts) als besonders geeignet, sind jedoch aufgrund ihrer äußerst schlechten Verfügbarkeit, welche auch in naher Zukunft nicht merklich wird, nicht zu priorisieren.

5. Resümee und Ausblick

Für eine spezifischere Aussage bzgl. Machbarkeit müssen in weiterführend Arbeiten die Energieformen näher betrachtet und analysiert werden, deren Bewertung oberhalb von 83 Punkten liegen. Darunter zählen alle Biokraftstoffe (ausgenommen BtL) sowie die Sonnenenergie.

Da Biokraftstoffe bereits seit längerer Zeit in PKWs und LKWs sowie landwirtschaftlichen Nutzfahrzeugen eingesetzt werden, zeichnet sich diese Technik durch ihre erprobte und bewährte Anwendung besonders aus. Auch ist die Verfügbarkeit der Kraftstoffe als sehr hoch anzusetzen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass benötigte Komponenten zur thermischen und/oder elektrischen Umwandlung dezentral und platzsparend verwendet werden können. Durch die Verbrennung von Biokraftstoffen

kann CO₂-neutrale Wärmeenergie gewonnen werden, welche die energieintensive Aufgabe der Heizung übernehmen/unterstützen oder den Akku-Pack im Winter temperieren kann. Durch die Umwandlung der thermischen in elektrische Energie, könnte ein weiterer Speicher (ähnlich eines Range-Extenders) geladen werden und so zu einer Reichweitenerhöhung beitragen.

Die Energieerzeugung mittels Sonnenenergie ist ebenfalls seit Jahren eine etablierte Technologie, die auch in der Automobilbranche Anwendung findet. Die gute Bewertung der Sonnenenergie basiert insbesondere auf platzsparenden und erprobten Anwendungen dieser. Zudem werden die anfallenden Kosten gering eingestuft, da beispielsweise OPVs bei Betrieb und Instandhaltung kaum Kosten generieren.

Weiterführend müssen auch rechtliche Aspekte des Einsatzes von regenerativen Energien zur Erhöhung der Reichweite von E-Fahrzeugen in den Fokus der Forschung rücken. Genehmigungen zum Einbau und Betrieb sowie die Implementierung im Fahrzeug sind unabdingbar für den Einsatz regenerativer Energien.

Literatur

- [Bla16] Bladon Jets: „Jaguar C-X75 Concept“, <http://www.bladonjets.com/applications/automotive/jaguar-c-x75-concept-case-study/>, abgerufen am 10.01.2017
- [BDB16] Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V.: „E85 - Mobil mit bis zu 85% Bioethanol“, <http://www.bdbe.de/wirtschaft/e85>, abgerufen am 12.02.2016
- [BKV16] Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e.V.: „Biodiesel“, <http://www.biokraftstoffverband.de/index.php/biodiesel.html>, abgerufen am 12.02.2016
- [Eich10] Helmut Eichseder, Manfred Klell: „Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik“, 2. Aufl., Vieweg + Teubner Verlag, 2010
- [FNR07] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: „Biokraftstoffe im Vergleich“, <https://mediathek.fnr.de/grafiken/pressegrafiken/biokraftstoffe-im-vergleich.html>, abgerufen am 12.02.2016
- [Gei08] Sven Geitmann: „Alternative Kraftstoffe“, Hydrogeit Verlag, 2008
- [Haa16] Sebastian Haas, Lukas Wildner: „Organische Photovoltaik (OPV) – Monitoring und Auswertung bzgl. Effizienz und Leistungsertrag“, Hochschule Ansbach, WS2016/2017
- [Luf16] Thomas Luft, Julie Le Cardinal, Sandro Wartzack: „Methoden der Entscheidungsfindung“, Handbuch Produktentwicklung, Carl Hanser Verlag, 2016
- [Scha12] Dr. Karl Otto Schallaböck, Prof. Dr. Manfred Fishedick: „Strommix beim Betrieb von Elektrofahrzeugen“, Teilbericht im Rahmen der Umweltbegleitforschung Elektromobilität, Wuppertal Institut, Januar 2012
- [Sie06] Sven Sieloff: „Bio-Kraftstoffe in Deutschland“, Ehv Academicpress Verlag, 2006
- [Sion16] Sono Motors, <https://www.sonomotors.com/de/sion/>, abgerufen am 20.02.2017
- [Sol16] Solar Taxi, <http://www.solartaxi.com/blog/>, abgerufen am 16.02.2017
- [Til07] Ch. Warsitzka, A. Vetter: „Synthetische Biokraftstoffe“, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 05/2007

[Was16] Lukay Bay: „Wasserstoff-Autos als neue Hoffnung“, <http://www.handelsblatt.com/technik/zukunftderenergie/toyota-mirai-und-hyundai-ix35-fuel-cell-wasserstoff-autos-als-neue-hoffnung/12559240.html>, Handelsblatt 09.11.2015, abgerufen am 20.02.2017

[Web16] Webasto, <https://www.webasto.com/de-ch/maerkte-produkte/pkw/dachsysteme-fuer-hersteller/solardaecher/>, abgerufen am 09.02.2017

[Wind16] Evonik, <http://corporate.evonik.de/de/content/product-news/Pages/windexplorer.aspx>, abgerufen am 16.02.2017