

in Kooperation mit:



FFG

bm **v** **f**

Bundesministerium
für Verkehr,
Innovation und Technologie

science
brunch



Bioenergie plus

Wege für Ressourceneffizienz und Klimaschutz



Inhalt

Pellets – Next Generation – höherer Energiegehalt durch selektive Karbonisierung	4
Biogas aus Zwischenfrüchten: Klimaschutz, Wertschöpfungssteigerung und Ernährungssicherung	6
ENEREED – Sustainable Energy Conversion from Reed Biomass	8
Neue Öfen 2020 – Der Ofen der Zukunft für das Haus der Zukunft	10
Entwicklung eines Metallgewebefilters zur Abscheidung von Feinstaub aus Biomassefeuerungen	12
Virtuelles Biogas – Aufbereitung und Netzeinbindung	14
Erneuerbare Energieversorgung in Österreich unter Klima- und Globalem Wandel	16
CLEANSTGAS – Clean Staged Gasification	18
G-volution: Ein innovatives Zweibettwirbelschichtsystem zur Dampfvergasung von Biomasse	20
ERBA: Erzeugung eines Produktgases aus Biomassereformierung mit selektiver CO ₂ -Abtrennung	22

Bioenergie ist ein wesentlicher Baustein für den Aufbau von zukunftsfähigen Energiesystemen und gewinnt national wie international an Bedeutung. Ein Vorteil in der energetischen Nutzung von Biomasse ist neben ihrer Verfügbarkeit auch ihre potenzielle CO₂-Neutralität. Gleichzeitig kommt es aufgrund der aktuellen Entwicklungen verstärkt zur Konkurrenz zwischen Energie- und Nahrungsmittelproduktion sowie der stofflichen Nutzung von Biomasse um den knappen Faktor Boden.

Der Klima- und Energiefonds fördert mit seinem Forschungsprogramm „Neue Energien 2020“ die (Weiter-)Entwicklung von Bioenergie-Technologien. Die ressourceneffiziente Nutzung von Bioenergie unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf Umwelt und Klima ist Thema dieses Nachschlagewerks.

Informieren Sie sich ab Seite vier über Innovationen bei nachwachsenden Rohstoffen. Torrefizierte Pellets mit höherem Energiegehalt sind das Ergebnis von Pellets – Next Generation. Welchen Beitrag Biogas aus Zwischenfrüchten zu Klimaschutz und Erhöhung der Wertschöpfung bei gleichzeitiger Sicherung der Lebensmittelversorgung leisten kann, zeigen Syn-Energy I+II. Das Potenzial zur nachhaltigen energetische Nutzung von Altschilf vom Neusiedlersee wurde in ENEREED ermittelt.

Unter dem Motto „Bioenergie Qualität PLUS“ wird ab Seite 10 die ökologisch und ökonomische Relevanz von Qualitätsmanagement beleuchtet. Maßnahmen-vorschläge für nationale und internationale Regelwerke und Steuerungsinstrumente, erarbeitet im Projekt Neue Öfen 2020, sollen gas- und partikelförmiger Emissionen von Biomasse-Kleinfeuerungsanlagen verringern. Ein Metallgewebefilter, entwickelt in GoKRT, ermöglicht bei kleinen und mittelgroßen

Biomassefeuerungsanlagen den Ausstoß von Feinstaub zu verringern. Bei Virtuelles Biogas wurde ein zweistufiges Membranverfahren (Gaspermeation) für die Aufbereitung von Biogas als vollwertiger Erdgas-Ersatz implementiert. Energ.Clim analysierte das Potenzial für Energieversorgung aus Land- und Forstwirtschaft in Österreich.

Ab Seite 18 erfahren Sie mehr über die nächste Generation von Bioenergie-Technologien. CLEANSTGAS® ist die Abkürzung für Clean Staged Gasification. Entwickelt wurde ein Verfahren im Leistungsbereich zwischen 50 und 500 kWel bzw. 200 und 2.000 kW Brennstoffwärmeleistung. Ein innovatives Zweibettwirbelschichtsystem zur Dampfvergasung von Biomasse ist das Ergebnis der Projekte G-volution I+II. In ERBA wird die Einsatzmöglichkeit von holzartiger Biomasse in einem integrierten Hüttenwerk untersucht.

Eine aufschlussreiche Lektüre wünschen Ihnen

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Pellets – Next Generation – höherer Energiegehalt durch selektive Karbonisierung

Projektnummer: 819023

Koordinator	Ebes AG European Bio Energy Services Aktiengesellschaft
Partner	Österr. Forschungsinstitut für Chemie und Technik; Graz Andritz AG; Polytechnik Luft- und Feuerungstechnik GmbH
Dauer	1. 7. 2008 – 31. 8. 2009
Budget in Euro	279.218,-
Ausschreibung	Neue Energien 2020, 1. Ausschreibung

Kontakt

Michael Wild
Projektleiter
michael@wild.or.at

„Durch thermische Behandlung von Biomasse werden ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften wesentlich verbessert. Dies führt zu massiven Einsparungen bei Transport und Handling. Torrefiziertes Material besitzt großes Potenzial zukünftig als Brennstoff am Weltmarkt eine signifikante Rolle zu spielen.“

Michael Wild, Projektleiter

Neue Entwicklung oder alter Hut?

Der Begriff Torrefikation, ursprünglich verwendet im Zusammenhang mit „Rösten von Kaffee“, steht in der Biomassebranche für die thermische Behandlung von unterschiedlichster, fester Biomasse unter Sauerstoffausschluss. Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde das erste Patent zu diesem Verfahren genehmigt. Es dauerte jedoch fast 80 Jahre, bis eine erste industrielle Anlage in Val de Cere, Frankreich, in Betrieb ging, mit der jedoch niemals ein stabiler Betrieb erreicht werden konnte. So hieß es zurück an den Start, um mehr Wissen über den Prozess und den Chemismus der Reaktion zu gewinnen. Dieser Aufgabe widmete sich auch das österreichische Konsortium im ersten Projekt des F&E Vorhabens den ACB-Prozess zur Marktreife zu entwickeln (ACB – ACCELERATED CARBONISATION BIOMASS).

Obwohl die Grundzüge des Prozesses relativ simpel sind, stellt die Gesamtheit der Reaktionen insbesondere im industriellen Maßstab eine Herausforderung dar. Holzartige und krautartige Biomasse besteht hauptsächlich aus Wasser, Zellulose, Hemizellulose und Lignin. Im Torrefikationsprozess wird bei 200–300 °C unter Sauerstoffausschluss zuerst das gesamte, vorhandene Wasser ausgetrieben, danach zersetzt sich die Hemizellulose und teilweise auch das Lignin des Rohmaterials. Dadurch kommt es zu

einem Massenverlust von ca. 70 %, wobei 90 % des Energieinhalts im Feststoff erhalten bleibt. Im Vergleich zu herkömmlichen Holzpellets besitzen torrefizierte Pellets verbesserte Eigenschaften:

- Hohe Energiedichte von 15-18 GJ/m³ (zum Vergleich: Holzpellets 11 GJ/m³)
- Hydrophobe (wasserabweisende) Eigenschaften – der Brennstoff kann im Freien gelagert werden
- Verbesserte Mahlbarkeit – weniger Energieaufwand bei der Verarbeitung
- Geringere biologische Aktivität
- Aus unterschiedlichsten Rohmaterialien kann ein relativ einheitliches Produkt hergestellt werden
- Verbesserte Verbrennungseigenschaften und damit höhere Leistung der Feuerung

Massengut am Weltmarkt

Torrefizierte Biomasse zielt auf den Einsatz als Kohlesubstitut ab. Sie soll in Kraftwerken und anderen Prozessen fossile Energieträger ersetzen und somit zur nachhaltigen Energiegewinnung beitragen. Wenn man sich zur thermischen Stromproduktion entschieden hat, stellen moderne Kohlekraftwerke noch immer eine effiziente Methode dar. Der elektrische Wirkungsgrad liegt mit über 40 % weit über dem von reinen Biomassekraftwerken mit 10–25 %. Hinzu kommt, dass es derzeit nicht möglich ist aus

der Stromproduktion mittels Kohle auszusteuern. Kohlekraftwerke erfahren nach wie vor einen kontinuierlichen Zuwachs und Kohle ist seit Langem Nummer eins der weltweit eingesetzten Energieträger. Kurz- und mittelfristig ist die Co-Verbrennung von Biomasse die schnellste, preisgünstigste und wirksamste nachhaltige Möglichkeit einer Verringerung des fossilen CO₂-Ausstoßes. Gelingt die Entwicklung der Torrefikation, bietet alleine die Kohlesubstitution ein enormes Einsatzpotential. Selbst in einem Szenario von nur 10 % Co-Verbrennung in lediglich 10 % der weltweit, installierten Kohlekraftwerke führt dies zu einem Bedarf von etwa 33 Millionen Tonnen torrefizierter Biomasse pro Jahr, dadurch könnten jährlich 97 Mio. Tonnen CO₂ eingespart werden.

Einen Quantensprung stellt mit Sicherheit der Beitrag von torrefizierten Pellets für den Welthandel mit festen biogenen Energieträgern dar. Vor allem die Wirtschaftlichkeit des Transports von herkömmlichem Hackgut aber auch Holzpellets über Langstrecken z. B. von Südamerika, Kanada oder Russland nach Europa ist oft nicht gegeben. Dies verhindert die Nutzung brach liegender Rohstoffpotentiale für die nachhaltige Energieversorgung. Die verbesserten Transporteigenschaften von torrefizierter Biomasse, vor allem die Möglichkeit den Brennstoff im Freien zu lagern, sowie die höhere Energiedichte lassen die Wirtschaftlichkeitsrechnung wesentlich positiver aussehen. Zur regionalen Energieversorgung im privaten Bereich mit kurzen Transportwegen werden konventionelle Holzpellets wahrscheinlich die beste Lösung bleiben. Als Massenprodukt für industrielle Anwendungen und im internationalen Handel sind mit Sicherheit zukünftig torrefizierte Pellets die erste Wahl.

Stand der Entwicklungen

Nach erfolgreichem Abschluss der Grundlagenstudie im Jahr 2009, wurden die Resultate in größerem Maßstab in einer Demonstrationsanlage umgesetzt. Die erste ACB Anlage mit einer Kapazität von 1 t/h wurde im Dezember 2011 in Probetrieb genommen und bildet die Basis für weitere Produktvariationen und Optimierungen. Die intensive und zielgerichtete Kooperation zwischen den Projektpartnern aus Wissenschaft und Industrie führte die österreichische Technologie ins Spitzenfeld des internationalen F&E Wettlaufs rund um die Torrefikation.

Drei Gründe für das Projekt

- Bis 2011 war international kein Verfahren im industriellen Maßstab am Markt verfügbar
- Torrefikation stellt eine zukunftsweisende. Leittechnologie dar, da verglichen mit herkömmlicher Biomasse signifikante Kosteneinsparungen bei Transport und Kohlesubstitution erreicht werden können.
- Wir benötigen jede ökonomisch und ökologisch umsetzbare Technologie zur nachhaltigen Energieversorgung.

Biogas aus Zwischenfrüchten: Klimaschutz, Wertschöpfungssteigerung und Ernährungssicherung

Fakten

Projektnummern: 819034, 829732

Koordinator	Ökocluster
Partner	AGES, Bioforschung Austria, BioG Biogastechnik GmbH, Biogas Strem Errichtungs- und BetriebsGMBH & Co Kg, Energiepark Bruck/Leitha, IPPT, TU Graz, Joanneum Research, Saatbau Linz, wpa Beratende Ingenieure Subauftrag: BAW-IKT, LFI - Landwirtschaftliche Umweltberatung Steiermark
Website	www.oeko-cluster.at
Dauer	1. 4. 2009 – 31. 7. 2014
Budget in Euro	803.306,-
Ausschreibung	Neue Energien 2020, 1. und 4. Ausschreibung

Kontakt

Manfred Szerencsits
Projektkoordinator
manfred.szerencsits@oeko-cluster.at

„Die Biogaserzeugung aus Zwischenfrüchten vereint Ziele, die sonst in Widerspruch zueinander stehen: Energiebereitstellung bei gleichzeitiger Verbesserung des Schutzes von Klima und Umwelt, Erschließung zusätzlicher Wertschöpfungspotenziale und Vermeidung von Einschränkungen der Ernährungssicherheit.“

Manfred Szerencsits, Projektleiter

Ausgangslage und Lösungsansatz

Die Biogasproduktion aus Mais und anderen Hauptkulturen steht in Konkurrenz zur Lebens- und Futtermittelerzeugung. Sie kann darüber hinaus zur Intensivierung des Ackerbaus und der Erhöhung landwirtschaftlich bedingter Umweltrisiken beitragen. Der Ansatz, Biogas aus Zwischenfrüchten zu erzeugen, die z. B. nach der Weizenernte Biomasse bilden, stellt einen innovativen und synergetischen Lösungsansatz dar, mit diesem Spannungsfeld nachhaltig umzugehen: Die Biogaserzeugung aus Zwischenfrüchten trägt nicht nur zum Umwelt- und Klimaschutz bei, sondern ermöglicht auch die Erschließung zusätzlicher Wertschöpfungspotenziale, ohne die Ernährungssicherheit einzuschränken. Die Herausforderung besteht darin, neben der Entwicklung ertragsstabiler Pflanzenmischungen auch die Verfahren für den Anbau, die Beerntung und Verwertung zu optimieren, damit eine dauerhafte Rentabilität dieser Art der Biogaserzeugung erreicht werden kann. Denn nur eine ausreichende Rentabilität ermöglicht Landwirten und Biogasanlagenbetreibern die praktische Anwendung.

Erzielbare Biomasse- und Methanerträge

Im Rahmen des Projektes Syn-Energy wurden in Ergänzung zu drei Streifenversuchen im Burgenland, Oberösterreich und der Steiermark auf ca. 120 ha

Zwischenfrüchte für die Biogaserzeugung genutzt. Neben Sommerzwischenfrüchten wurden auch Winterzwischenfrüchte untersucht, die nach späträumenden Kulturen im September angebaut und vor dem Anbau von Mais, Soja oder Kürbis Ende April bzw. Anfang Mai beerntet werden. Zusätzlich wurden Gemenge aus Sommer- und Winterzwischenfrüchten mit zweimaliger Beerntung und Untersaaten erprobt. Bei Winterzwischenfrüchten, die erst im Frühjahr beerntet werden, wurden auch die Auswirkungen auf die nachfolgenden Hauptkulturen untersucht. Hauptsächlich werden die Zwischenfrüchte in Form von Mischungen angebaut, weil sie aus ökologischer Sicht vorteilhaft sind und auch das Ausfallrisiko eines gesamten Bestandes erheblich verringern.

Gemäß den Auswertungen der ersten Versuchsjahre belaufen sich die Sommerzwischenfrüchterträge auf durchschnittlich 2,5 – 3,5 Tonnen (t) Trockensubstanz (TS) pro ha. Die Schwankungsbreite ist jedoch groß. Die besten Mischungen brachten bis zu 6 t TS / ha. Winterzwischenfrüchte, die Ende April bzw. Anfang Mai beerntet wurden, brachten durchschnittliche TS-Erträge von 3 - 5 t / ha. Der Ertrag vom nachfolgend angebauten Mais blieb ca. 10 % bzw. 2 t TS Silage hinter Mais mit ortsüblichem Anbauzeitpunkt zurück. Die Methanerträge der Zwischenfrüchte lagen bei ca. 315 Normliter (nl) pro kg organische TS (oTS). Mit gut entwickelten Beständen konnten Methanerträge von

knapp 2.100 m³ Methan pro ha erzielt werden. Damit können bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 70 kWh / 100 km mit einem gasbetriebenen PKW bis zu 30.000 km zurückgelegt werden. Neue Zuckerhirsesorten, die nach Wintergerste angebaut wurden, erreichten mit einem Methanertrag von mehr als 400 nl / kg oTS sogar 3.500 m³ Reinmethan pro ha Ackerfläche.

Mit derzeit verfügbarer Technik und Saatgut können somit 4 - 6 ha Zwischenfrüchte die gleiche Menge Biogas liefern, wie 1 ha Mais. Deshalb entspricht die Menge an Biogas, die aus Zwischenfrüchten bereitstellbar ist, jener Menge, die mit ca. 15 - 20 % Flächenanteil Mais als Hauptkultur produziert werden kann.

Effekte für Klimaschutz, Ressourceneffizienz und wirtschaftliche Bewertung

Mit der Biogaserzeugung aus Zwischenfrüchten konnte eine Reduktion der Stickstoffauswaschung um ca. 25 % im Vergleich zur Schwarzbrache erreicht werden. Lachgasemissionen konnten im Vergleich zu Zwischenfrüchten, die nicht beerntet werden, um ca. 40 % reduziert werden. Zwischenfruchtgemenge, die Klee, Erbsen, Bohnen oder Wicken enthalten, können ca. 50 kg Stickstoff pro ha und Jahr fixieren und dadurch eine entsprechende Menge an Mineraldünger ersetzen. Der ökologische Fußabdruck von Fruchtfolgen ohne Zwischenfrüchte kann durch die Methanbereitstellung aus Zwischenfrüchten um 40 - 50 % reduziert werden, wenn der Schwarzbrache eine äquivalente Menge an Erdgas zugerechnet wird. Unter aktuellen Bedingungen bewegt sich die Rentabilität der Biogaserzeugung aus Zwischenfrüchten bei

geeigneten Anlagensystemen auf ähnlichem Niveau, wie die Biogaserzeugung aus Mais. Denn von den positiven Nebeneffekten ist für Landwirte bisher nur die Stickstofffixierung unmittelbar betriebswirtschaftlich relevant. Deshalb sind wirtschaftliche Anreize für erforderliche Investitionen gering. Aus ökologischer und volkswirtschaftlicher Sicht ist die Biogaserzeugung aus Zwischenfrüchten und Gülle allerdings deutlich vorteilhafter als die aus Mais, denn der ökologische Fußabdruck ist um ca. 60 % niedriger.

Drei Gründe für das Projekt

- Die Biogaserzeugung aus Zwischenfrüchten konkurriert nicht mit der Nahrungsmittelherzeugung und trägt deshalb zur Erhöhung der Produktivität und Erschließung zusätzlicher Wertschöpfungspotenziale bei.
- Reduzierte Nitratauswaschung, Lachgasemissionen und Erosionsgefährdung sind neben der Energiebereitstellung weitere Klima- und Umweltschutzeffekte.
- In Deutschland ist die Vergütung für Strom aus Zwischenfruchtgemengen jetzt schon höher als für Strom aus Mais (2 Ct / kWh bis 500 kW; 4 Ct / kWh ab 750 kW). Auf ähnliche Weise könnte auch in Österreich die praktische Umsetzung erleichtert werden.

ENEREED – Sustainable Energy Conversion from Reed Biomass

Fakten

Projektnummer: 821882

Koordinator	Fachhochschulstudiengänge Burgenland GmbH
	Amt der Burgenländischen Landesregierung, Esterhazy Betriebe GmbH, Fernwärme Güssing GmbH, Herz Energietechnik GmbH Lafarge Zementwerke GmbH, WWF Österreich, Technische Universität Wien - Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Techn. Biowissenschaften, Technisches Büro für Maschinenbau und Energietechnik Dr. Beckmann
Website	www.fh-burgenland.at
Dauer	1. 10. 2009 – 31. 3. 2013
Budget in Euro	652.380,-
Ausschreibung	Neue Energien 2020, 2. Ausschreibung

Kontakt

Jürgen Krail
Projektleiter
juergen.krail@fh-burgenland.at

„Eine Erweiterung der Brennstoffpalette sowie die Nutzbarmachung durch angepasste Technologien im Bereich der Ernte, Logistik und Verwertung stehen im Fokus des Projekts. Ziel ist es, eine regionale Ressource für die Region verwertbar zu machen.“

Jürgen Krail, Projektleiter

Projekthintergrund und Projektziele

Der Neusiedlersee besitzt grenzüberschreitend zu Ungarn mit insgesamt ca. 18.000 ha die größte geschlossene Schilffläche Mitteleuropas. Das Biomassepotenzial auf österreichischem Staatsgebiet beträgt ca. 84.000 t. Dieses Potenzial wird traditionell in geringem Ausmaß (< 10 %) bewirtschaftet und als Qualitätsschilf in der Bauindustrie verwendet. Altschilf (Pflanzenalter > 3 Jahre), welches in der Bauindustrie keine Verwendung findet, blieb bisher ungenutzt und führt durch verstärkten Nährstoffeintrag zur Verschlechterung der Wasserqualität und zur Verlandung des Sees. Seitens der GrundstückseigentümerInnen, der Naturschutzbehörde sowie Naturschutzorganisationen ist eine Intensivierung der Bewirtschaftung erwünscht.

Ziel des Projekts ENEREED ist es, Wege zur energetischen Nutzung von Altschilfbeständen zu untersuchen, zu entwickeln und unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeits- und Wirtschaftlichkeitskriterien zu optimieren. Der Projektumfang umfasst dabei eine gesamtheitliche Bewertung der Bewirtschaftung, Erntetechnik, Brennstofflogistik, Verarbeitung bis hin zur energetischen Verwertung. Als möglicher Verwertungsweg wird der Einsatz als alternativer Brennstoff in der Zementindustrie, in Heizwerken, in der Biomassevergasung sowie in Kleinkesselanlagen in Form von Schilfpellets untersucht.

Projektumsetzung

Die Methodik zur Untersuchung der unterschiedlichen Verwertungswege stützt sich auf breit angelegte Feldversuche in den Bereichen Erntetechnik, Brennstoffkonfektionierung, in Produktionsprozessen, in Heizwerken sowie in Technikumsanlagen der Projektpartner. Die Ergebnisse aus den Versuchsreihen bilden die Basis für ein Umsetzungskonzept, das unter Berücksichtigung technischer, ökologischer und ökonomischer Kriterien erstellt wird.

Projektergebnisse und Verwertung

Aus den durchgeführten Versuchen zeigt sich, dass es sich bei Schilf um einen hochwertigen Energieträger handelt, der sich für den Einsatz in einem breiten Anwendungsspektrum eignet. Auf Grund der brennstoffspezifischen Eigenschaften ist in den einzelnen Schritten der Verwertungskette der Einsatz von angepassten Technologien erforderlich.

In der Erntetechnik liegt die Herausforderung in der Entwicklung von Maschinen mit hohem Mechanisierungsgrad, die eine wirtschaftliche und zugleich schonende Bewirtschaftung des Schilfgürtels ermöglichen. Hier kommen Raupenfahrzeuge zum Einsatz, die das Schilf bei der Ernte zu Rundballen pressen. Auf Grund der Ausdehnung des Schilfgürtels (max. Breite 4,5 km) ist auch die Logistik innerhalb der zu erntenden Fläche ein wesentliches Kriterium.

Im Bereich der Brennstoffkonfektionierung liegt der Fokus in der Zerkleinerung sowie Pelletierung von Schilf, wobei die Pelletierung unterschiedlicher Mischungsverhältnisse sowie der Zusatz von Pelletierhilfsmittel erprobt werden.

Im Segment der Kleinkesselanlagen (< 100 kW) wird der Einsatz von Schilfpellets in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen mit Holzpellets erprobt. Das bei der Nutzung halmartiger Brennstoffe bekannte Problem der Verschlackung tritt im Falle von Schilf auf Grund des hohen Ascheerweichungspunktes (> 1.500 °C) nicht auf. Der erhöhte Aschegehalt erfordert jedoch Adaptionen an der Feuerung sowie ggf. Sekundärmaßnahmen zur Staubabscheidung.

Der Einsatz von Schilf in Biomasse-Großanlagen ist sowohl in Rostfeuerungen, als auch in der Biomassevergasung möglich. Verbrennungsversuche in einem Hackgutkessel (Leistung 3 MW) zeigen, dass die Zufeuerung von bis zu 50 % Schilfanteil unter Einhaltung der Emissionsgrenzwerte möglich ist. Bei höherem Schilfanteil muss auf Grund der halmartigen Struktur des Brennstoffs die Brennstoffzufuhr angepasst werden. Versuche im Bereich der Wirbelschichtvergasung der TU-Wien zeigen, dass aus Schilf hochwertiges Produktgas ($H_u = 14 \text{ MJ/mN}^3\{\text{TM}\}$) erzeugt werden kann, das nach entsprechender Aufbereitung einer vielseitigen Verwendung zugeführt werden kann.

In der Zementindustrie ist der Einsatz von alternativen Brennstoffen in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen. Auf Grund der saisonalen Verfügbarkeit ist Schilf eine mögliche Ergänzung zu den derzeit eingesetzten alternativen Brennstoffen. Da der Ascheanteil des Schilfs bei der Zufeuerung im

Produktstrom verbleibt, kommt es neben der energetischen auch zur stofflichen Verwertung der Verbrennungsrückstände.

Die Einsatzmöglichkeit und Verbreitung wird zunächst projektbezogen und regional gesehen, jedoch können die Ergebnisse auf ähnliche, halmartige Biomassen übertragen werden. Die Multiplizierbarkeit des erarbeiteten Konzeptes zur Umsetzung der energetischen Schilfnutzung ist darüber hinaus dadurch gegeben, dass die Schilfflächen weltweit ca. 10.000.000 ha und in Europa ca. 300.000 ha betragen.

Drei Gründe für das Projekt

- Erschließung regionaler Biomasseressourcen und Verwertung in der Region
- Nutzung von Rohstoffen aus der Landschaftspflege für die Energieerzeugung
- Langfristiger Erhalt der Kulturlandschaft Neusiedlersee durch regelmäßige Bewirtschaftung

Neue Öfen 2020 – Der Ofen der Zukunft für das Haus der Zukunft

Fakten

Projektnummer: 818948

Koordinator	Bioenergy 2020+ GmbH
Partner	FJ-BLT Francisco Josephinum - Biomass, Logistic, Technology; TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften
Website	www.bioenergy2020.eu
Dauer	1. 3. 2009 – 30. 6. 2011
Budget in Euro	340.157,-
Ausschreibung	Neue Energien 2020, 1. Ausschreibung

Kontakt

Christoph Schmidl
Projektleiter
christoph.schmidl@bioenergy2020.eu

„Stückholzöfen haben durch ihre ökonomischen und ökologischen Vorteile hohes Potenzial die wichtigste Wärmequelle in den energieeffizienten Gebäuden der Zukunft zu werden. Dazu müssen die Technologien gezielt weiterentwickelt und parallel geeignete normative und gesetzliche Rahmenbedingungen geschaffen werden.“

Christoph Schmidl, Projektleiter

Projektziele

Ziel des Projektes ist ein Technologiesprung bei Öfen für stückige Holzbrennstoffe im Praxisbetrieb, im Konkreten die Verringerung gasförmiger Emissionen um eine Größenordnung und der partikelförmigen Emissionen um den Faktor 5 sowie eine Steigerung der Energieeffizienz um 20 %. Erreicht wird dieses Ziel durch die Ausarbeitung von Maßnahmenvorschlägen für nationale und internationale Regelwerke und Steuerungsinstrumente sowie zur verbindlichen Markteinführung von diesen Öfen entsprechend den Erfordernissen von KonsumentInnen und Behörden im Jahr 2020.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Der Bestand an Scheitholzöfen wird in Österreich auf 500.000 Stück geschätzt, in Europa kann von 26 Millionen Stück ausgegangen werden. Allein in Österreich werden damit jährlich 300.000 t CO₂-Emissionen vermieden.

Die in Deutschland, Österreich und der Schweiz geltenden Regelwerke für das Inverkehrbringen von Öfen reichen nicht aus, künftigen europäischen Anforderungen von Seiten des Umweltschutzes genügen, Europaweit gültige Forderungen in einem „Energy Label“ werden diskutiert. Der Einfluss des Nutzungsverhaltens wird bei der derzeitigen Prüfung kaum

abgebildet, wodurch keine eindeutigen Faktoren zwischen Prüfung und Praxis angegeben werden können. Einerseits sind die Praxisfaktoren sehr hoch, teilweise eine Größenordnung. Andererseits weisen vor allem die Praxiswerte eine extrem große Streuung auf. Deshalb können die Ergebnisse der Prüfung weder für die Lufthygiene noch als Verkaufsargument für die Hersteller als Qualitätskriterium herangezogen werden.

Die Relevanz von Kleinf Feuerungen, insbesondere Öfen, für die Luftqualität wurde in den letzten Jahren in einer Reihe von wissenschaftlichen Studien nachgewiesen. Für die zukünftige Entwicklung von Öfen ergibt sich aus diesen Ergebnissen eine klare Schlussfolgerung: Die Emissionen von Luftschadstoffen, und hier im Speziellen die Emissionen an Partikeln sowie deren gasförmigen organischen Vorläufersubstanzen (VOC), müssen im Praxisbetrieb signifikant reduziert werden. Das Reduktionsziel sollte hier durchaus ehrgeizig bei etwa einer Größenordnung für Staub und zwei Größenordnungen für flüchtige organische Verbindungen angesetzt werden. Beispiele aus der Entwicklung von Scheitholzkesseln geben einen Anhalt auch für die Entwicklung von Öfen. Arbeiten an einem eigenen Prototyp sind trotz der kurzen Entwicklungszeit vielversprechend verlaufen, eine Weiterentwicklung bis hin zum höchstmöglichen Stand der Technik erscheint möglich.

Ausblick

Die derzeit mit der Scheitholzverbrennung in Öfen verbundenen Emissionen an Staub und organischen Kohlenwasserstoffen können durch Umsetzung des höchstmöglichen Standes der Technik um über 80 % bis nahe an die Nachweisgrenze reduziert werden. Zur Einleitung der erforderlichen technologischen Entwicklung ist die Entwicklung einer möglichst praxisrelevanten Ofenprüfung die erste und wichtigste Voraussetzung. Wenn Prüfstandwerte im Praxisbetrieb mit geringen Abweichungen reproduziert werden können, können technologische Weiterentwicklungen in die richtige Richtung gelenkt werden. Erst durch ein geeignetes Bewertungsinstrument können Grenzwerte sinnvoll adaptiert werden und Fördermaßnahmen wirkungsvoll eingesetzt werden. Für eine Verbesserung des Praxisbetriebes vor allem im Bestand sind technische und nicht-technische Maßnahmen gegen Störeinflüsse in der Praxis erforderlich. Mögliche Maßnahmen sind Informationskampagnen, vorgeschriebene Schulungen, detaillierte Installationsvorschriften oder eine erweiterte Feuerstättenbeschau.

Um den höchstmöglichen Stand der Technik zu erreichen, sind neben regulatorischen Maßnahmen intensive Forschungen und Entwicklungen in Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie erforderlich. Angesichts der Größe des Marktes, der Bedeutung für die einschlägige österreichische Industrie, der Rolle der Bioenergie im Erneuerbare-Energie Aktionsplan und dem Bemühungen zur Verringerung der Umweltbelastung vor allem durch Feinstaub wird eine gezielte Förderung der Forschung empfohlen.

Drei gute Gründe für das Projekt

- Öfen der Zukunft liefern behagliche Wärme bei minimalen Umweltauswirkungen.
- Regionale Wertschöpfung und reduzierter Stromverbrauch zu Spitzenzeiten.
- Österreichs Industrie kann eine führende Position am Weltmarkt erreichen.

Entwicklung eines Metallgewebefilters zur Abscheidung von Feinstaub aus Biomassefeuerungen

Projektnummer: 821920

Koordinator	KÖB Heizsysteme GmbH Viessmann Group
Partner	BIOENERGY2020+ GmbH
Website	www.koeb.cc
Dauer	1. 9. 2009 – 31. 1. 2012
Budget in Euro	460.368,-
Ausschreibung	Neue Energien 2020, 2. Ausschreibung

Kontakt

Matyas Scheibler
Projektleiter
ShlM@viessmann.com

„2014 erwarten wir uns eine interessante Nachfragesteigerung, da ja die 2. Stufe der Bundes-Immissionsschutzverordnung in Kraft tritt und auch in anderen EU-Ländern den Markt und die Fördervoraussetzungen stimulieren werden. Wir sind überzeugt, dass wir mit dem Metallgewebefilter und dem Projekt GoKRT die Weichen dafür gestellt haben.“

Matyas Scheibler, Projektleiter

Feinstaub, nein Danke – Erneuerbare Energie, ja Bitte.

Die Verbrennung von biogenen Brennstoffen in klein- und mittelgroßen Feuerungsanlagen war 2009 verantwortlich für 25,9 % der Gesamtemission an PM10 in Österreich, was 9.000 t entspricht¹. Aus diesem Grund wird immer wieder die Errichtung von Biomassefeuerungsanlagen in siedlungsstarken Gebieten aus lufthygienischen Gründen untersagt. Dies widerspricht zwar unserem gemeinsamen Ziel, die erneuerbaren Energien weiter auszubauen, aber die Gesundheit geht vor.

Das Projekt GoKRT hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, eine Technologie zu entwickeln, die klein- und mittelgroße Feuerungsanlagen befähigt, bei deutlich reduziertem Ausstoß von Feinstaub erneuerbare Energien einzusetzen. Das schlagkräftige Projektkonsortium bestehend aus KÖB Holzheizsysteme GmbH Viessmann Group und BIOENERGY2020+ GmbH hat sich dazu bereiterklärt, bewährte Technologie aus dem Großfeuerungsbereich, kosten- und effizienzoptimiert auf die Bedürfnisse und Anforderungen von klein- und mittelgroßen Feuerungsanlagen zu transferieren.

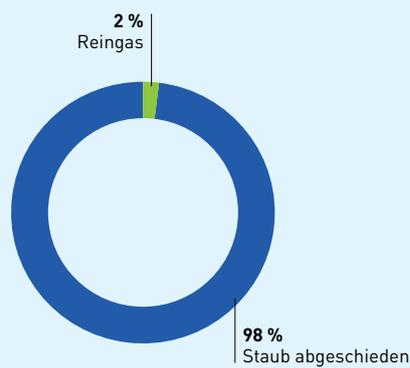
Reduktion erwünscht! Kostenoptimiert.

Gewebefilter sind heutzutage aus Großanlagen nicht mehr wegzudenken. Die Umlegung auf klein- und mittelgroße Feuerungsanlagen benötigt allerdings einen deutlichen Forschungs- und Entwicklungsaufwand. Ausgangsbasis stellte ein bereits entwickelter Prototyp eines Metallgewebefiltersystems der Firma KÖB dar. Dieses System zeigt deutliche Vorteile gegenüber von herkömmlichen Gewebefiltern, insbesondere für den Einsatz bei klein- und mittelgroßen Biomassefeuerungsanlagen (Widerstandsfähig gegen Funkenflug, wartungsarm, automatische Filterreinigung,...). Darauf aufbauend wurden im Projekt GoKRT folgende Entwicklungsziele umgesetzt:

- Entwicklung und Evaluierung einer automatischen Staubaustragung. Der abgeschiedene Feinstaub wird über ein Schneckensystem in eine separate Filteraschebox ausgetragen.
- Integration in Feuerungsregelung. Die Implementierung des Filters erforderte eine Weiterentwicklung des Regelungskonzeptes für das Gesamtsystem.
- Betriebssicherheit. Diverse Sicherheitstests wurden positiv absolviert. Bei Stromausfall wird ein Bypass geöffnet, um die Schwelgase in den Kamin zu entlassen. Worst-case Tests haben gezeigt, dass auch bei einem unwahrscheinlichen Fall eines Staubbrandes im Filtersystem keine Brandgefahr nach außen besteht.

¹Umweltbundesamt Österreich. Emissionstrends 1990-2009 - Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2011)

Metallgewebefiltersystem
(Brennstoff: Maisganzpflanzenpellets,
Rohgasstaubgehalt: 300mg/Nm³ 13 % O₂,
Reingasstaubgehalt 6.5mg/Nm³ 13 % O₂)



- Eignung für unterschiedliche Brennstoffe. Der Einsatz des Metallgewebefilters wurde mit unterschiedlichen Brennstoffen getestet (Holzpellets, Hackgut W30-W50, Maisganzpflanzenpellets), um die Auswirkungen von unterschiedlichen Staubarten und -mengen auf den Filter zu untersuchen.
- Produktkostenreduktion. Durch experimentelle Entwicklung konnte die notwendige Filterfläche pro kW an Kesselleistung optimiert werden, bei konstant niedrigen Emissionswerten.

Im Zuge dieser Entwicklung konnte das Metallgewebefiltersystem von seiner Qualität überzeugen. Unabhängig von Art des Brennstoffes, Feuerungstyp und Rohgasstaubmenge kann aufgrund der Ergebnisse dieses Projektes eine Staubkonzentration nach dem Filter von kleiner 10 mg/Nm³ bei 13 % O₂ garantiert werden.

Blick in die Zukunft.

Das Metallgewebefiltersystem besitzt das Potenzial den Einsatz von Biomasseheizungen in siedlungsstarken Gebieten zu fördern und somit zur Ablösung von fossilen Brennstoffen als Energielieferant beizutragen. Auf der Basis des Projektes GoKRT wird KÖB Holzheizsysteme GmbH den Metallgewebefilter zur Marktreife bringen. Ein maximaler Investitionskostenanteil des Filtersystems von der Gesamtanlage von 10–20 % erscheint dabei realistisch.

Allerdings ist es schwer, den KundInnen auch nur die geringsten Mehrkosten einzig aus lufthygienischen Gründen zu vermitteln. Idealistische Gründe allein genügen der Geldbörse nicht. Öl- und Gasfeuerungen im Gegensatz benötigen keine kostenintensive sekun-

däre Aufbereitungstechnologie und werden deshalb bevorzugt. Aus diesem Grund werden in Zukunft Regulationsmechanismen und Förderungen weiter notwendig sein, um den Ausbau der erneuerbaren Energien weiter vorantreiben zu können.

Dennoch sind wir überzeugt, mit unserem Metallgewebefiltersystem a) technologisch die Nase vorn zu haben und b) eine verfahrenstechnisch attraktive und wettbewerbsstarke Alternative zu den aufwendigen und raumfüllenden E-Filtern zu bieten.

Drei Gründe für das Projekt

- GoKRT wird einen deutlichen Beitrag zur Einhaltung der Luftimmissionsgrenzwerte leisten können.
- Der Einsatz von erneuerbaren Energien wird gestärkt und das Einsatzgebiet weiter ausgedehnt.
- Die Technik schafft günstige Voraussetzungen für innovative Biobrennstoffe wie z. B. Miscanthus und andere landwirtschaftliche Brennstoffe.

Virtuelles Biogas – Aufbereitung und Netzeinbindung

Projektnummer: 817754

Koordinator	Technische Universität Wien
Partner	Universität für Bodenkultur Wien; Universität Wien; Energiepark Bruck an der Leitha; Biogas Bruck an der Leitha GmbH; Axiom Angewandte Prozesstechnik GmbH; EVN Wärme GmbH; OMV Gas & Power GmbH; OMV Future Energy Fund GmbH; Wien Energie Gasnetz GmbH; AVL List GmbH; Grazer Energieagentur GmbH; LUPower Energie-Projekte GmbH. & Co.KG
Website	http://virtuellesbiogas.at
Dauer	1. 10. 2007 – 31. 12. 2009
Budget in Euro	1.579.426,-
Ausschreibung	Energie der Zukunft, 1. Ausschreibung

Kontakt

Michael Harasek
Koordination
michael.harasek@tuwien.ac.at

„Es war eine großartige Erfahrung bei einem Projekt mit derart vielen beteiligten Firmen mitzuarbeiten und zu erleben, wie scheinbar unlösbare Probleme durch den Pool an Erfahrung und Wissen gelöst werden. Überraschend war auch die gute Zusammenarbeit mit den Gasversorgern – welche eigentlich Konkurrenten sind.“

Gerhard Danzinger, Biogas Bruck/Leitha GmbH

Warum Biogas nutzen?

Biogas wird heute als erneuerbarer und nachhaltiger Energieträger verstanden, der mittlerweile an einer großen Anzahl von Standorten in ganz Europa produziert wird. Als Substrat werden hierbei beispielsweise Energiepflanzen, organische Reststoffe oder agrarische Nebenprodukte und Abfälle verwendet. Neben zahlreichen Spurenkomponenten wie Ammoniak oder Schwefelwasserstoff besteht Biogas hauptsächlich aus Methan (45 bis 70vol %) und Kohlendioxid. Die heute übliche Technologie zur Nutzung des Energieinhaltes des Biogases ist die Verbrennung in Gasmotoren zur Erzeugung von elektrischer Energie mit Wirkungsgraden zwischen 35 und 40 %. Wegen steigenden Preisen für Energie und Rohstoff ist die Nutzung der erzeugten Abwärme von großer Wichtigkeit für den ökonomisch und ökologisch effizienten Betrieb einer Biogasanlage, weshalb in diesen Fällen sehr oft regionale Fernwärme ausgekoppelt wird. Solche Biogasanlagen haben ihre Machbarkeit und Rentabilität unter Beweis stellen können, weshalb eine beträchtliche Anzahl dieser Anlagen in den letzten Dekaden in Betrieb gingen.

Die Aufbereitung des Biogases zeigt einen alternativen Weg der Energienutzung im Gegensatz zum konventionellen Weg der Verstromung und Wärme-Produktion auf. Aufbereitetes Biogas kann als vollwertiger Erdgas-Ersatz als Brennstoff für Haushalte und Industrie sowie als Treibstoff für den automotiven Bereich (CNG-Fahrzeuge, compressed natural gas)

eingesetzt werden. In diesem Fall könnte die bestehende Erdgas-Infrastruktur wie Pipelines, Gasspeicher und Tankstellen verwendet werden, um das produzierte Gas zu den VerbraucherInnen zu transportieren.

Die Verwendung von aufbereitetem Biogas als Alternative zum importierten Erdgas hätte nach Ansicht zahlreicher Experten drei Hauptvorteile. Erstens könnte damit die Abhängigkeit des europäischen Gasmarktes von außereuropäischen Erdgasproduzenten reduziert werden, wodurch höhere Flexibilität in Wirtschaft und Politik erreicht werden kann. Zweitens würde die Verwendung des treibhausneutralen Biogases die europäischen Bestrebungen zur Reduktion des Kohlendioxid-Ausstoßes und des Anteils fossiler Energieträger am Primärenergieverbrauch unterstützen. Drittens würden vor allem kleinere, lokale Unternehmen von der Biogasnutzung profitieren sowie die lokale Wertschöpfung der Region gesteigert.

Projektüberblick

Im Vorprojekt „Virtuelles Biogas – Biogasaufbereitung und Netzeinspeisung“ wurde eine Biogasaufbereitung nach dem in Österreich entwickelten Konzept der zweistufigen Gaspermeation geplant, errichtet, in die bestehende Biogasanlage Bruck/Leitha integriert und über eine ca. 2.800 m lange Gasleitung (PN10) mit dem Einspeisepunkt und der Druckreduzierstation Bruck/Leitha Ost, beide im Eigentum der EVN Netz

GmbH, verbunden. Im Rahmen dieses Projektes wurden weiters alle Bau- und Betriebsgenehmigungen erwirkt, um den in diesem Folgeprojekt beantragten Pilotbetrieb zu ermöglichen. Um diesen Betrieb auch in den Sommermonaten für verschiedene Aufbereitungskapazitäten zu erproben, wurde weiters am Einspeisepunkt Bruck/Leitha eine Hochdruckkompression installiert, um für den Fall einer Minderabnahme des lokalen Gasnetzes einen Teil (50-70 m³/h) vom Lieferdruckniveau der Biogasaufbereitung (ca. 3barg) auf bis zu 60 bar zu komprimieren und nicht odoriert in die Netzebene 2 (regionales Gasnetz) einzuspeisen.

Technisch-wissenschaftliche Beschreibung der Arbeit

Als Schlüsseltechnologie der Biogasaufbereitung wurde ein zweistufiges Membranverfahren (Gaspermeation) implementiert, mit welchem die Qualität des erzeugten Biomethans gemäß der geltenden Vorschriften (ÖVGW G31 und G33) eingehalten werden kann. Bei der Gaspermeation nützt man die unterschiedlichen Durchlässigkeiten (Permeabilitäten) von polymeren Membranwerkstoffen für die Abtrennung der unerwünschten Gaskomponenten aus Biogas aus. Einige dazu einsetzbare Polymere (Celluloseacetat, aromatische Polyimide) weisen eine sehr hohe Permeabilität für CO₂, H₂O, NH₃ und H₂S im Vergleich zu CH₄ auf, was bei diesem Trennverfahren ausgenutzt wird. Es kann somit das Produktgas gleichzeitig getrocknet und von unerwünschten CO₂ befreit werden, eine bei anderen Verfahren notwendige nachgeschaltete Trocknung entfällt. Das gesamte Aufbereitungsverfahren umfasst eine größere Anzahl von Prozessschritten (Kompression, Trocknung, Abtrennung von CO₂, Abscheidung von Spurenkomponenten wie H₂O und NH₃, Qualitätskontrolle und Netzeinspeisung) sowie eine hochentwickelte Regelungstechnik zur Qualitätssicherung und ein automatisiertes Meldesy-

stem. Während der gesamten Projektlaufzeit wurde je nach Forschungsfragestellung der apparative Aufbau der Gasaufbereitungsanlage adaptiert.

Durch den Dauerversuchsbetrieb konnte gezeigt werden, dass die langzeitige Einhaltung der vorgeschriebenen Gasqualität selbst bei relativ stark schwankenden Bedingungen und Eingangsparametern sicher gewährleistet ist. Um diese hohe Flexibilität der Aufbereitungsanlage zu erlangen, wurde im Projekt ein eigenes Regelsystem entwickelt, welches auf Störgrößen sehr rasch reagieren und die wesentlichen Parameter – Gasqualität und Produktionsmenge – innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte halten kann. Die Reglerabläufe und Regelungsparameter wurden während des Projektes laufend optimiert und adaptiert, sodass mit Abschluss des Projektes ein optimierter und stabil geregelter Anlagenbetrieb möglich ist. Zum Zwecke der gaswirtschaftlichen Verrechnung des eingespeisten Biomethans werden jeweils zum Monatsende vom Automatisierungssystem vollautomatisch standardisierte Berichte der eingespeisten Mengen und der Gasqualität an die EVN Netz GmbH versandt, wodurch der administrative Teil der Gaseinspeisung bereits wesentlich erleichtert werden konnte.

Drei Gründe für das Projekt

- Es wurde eine Biogasaufbereitungsanlage mit einem Aufbereitungskonzept entwickelt, welche international große Beachtung fand. Man versucht es bereits nachzubauen- was für die Qualität spricht.
- Durch das Projekt wurde von den Gasversorgern der Ausbau der Gastankstellen forciert. Man kann quer durch Österreich mit einem Gasauto fahren.
- Ausgelöst durch das Projekt wurde eine effektive Motorentechnik für Gas entwickelt.

Erneuerbare Energieversorgung in Österreich unter Klima- und Globalem Wandel

Projektnummer: 818882

Koordinator	Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel/ Universität Graz, Forschungsgruppe EconClim
Partner	Institut für Nachhaltige Wirtschaftsentwicklung/ Universität für Bodenkultur Wien, Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel/Universität Graz, Forschungsgruppe ReLoClim
Dauer	1. 6. 2009 – 31. 9. 2011
Budget in Euro	198.281,-
Ausschreibung	Neue Energien 2020, 1. Ausschreibung

Kontakt

Karl Steininger
Professor am Institut für Volkswirtschaftslehre, Forschungsgruppenleiter Ökonomik des Klima- und Umweltwandels, Wegener Zentrum, Universität Graz
karl.steininger@uni-graz.at

„Die einzigen erneuerbaren Technologieoptionen, die genügend Potenzial haben, um die zukünftige Energienachfrage global zu decken, sind Solarenergie und – als Unterstützung – die Windenergie. Biomasse kommt in einem solchen zukünftigen erneuerbaren Energiesystem eine komplementäre Schlüsselrolle zu.“

Karl Steininger, Projektleiter

Energieversorgung aus Land- und Forstwirtschaft in Österreich im Kontext des Spektrums Erneuerbarer

Aktuelle Wirtschaftssysteme sind stark von der Energieversorgung abhängig, die vor großen Herausforderungen steht. Neben dem ansteigenden Energiebedarf der Schwellenländer stellt die beschränkte Aufnahmefähigkeit der Erdatmosphäre für fossile Emissionen eine zentrale Rahmenbedingung für den Umbau der Energiesysteme dar. Um diese Probleme zu bewältigen ist ein massiver Wechsel der Energieversorgungsstruktur notwendig. Zwei Optionen wird in aktuellen Diskussionen insbesondere eine wichtige Rolle in der Energiebereitstellung zuerkannt, um von den aktuellen Energiesystemen auf eine zukünftige erneuerbare Energieproduktion umsteigen zu können: Biomasse und solare Energie.

Auf Basis eines Klimamodells, eines multiregionalen multisektoralen ökonomischen Gleichgewichtmodells sowie eines land- und forstwirtschaftlichen Biomassemodellsystems werden sowohl technologische als auch politische Optionen zur Erweiterung der Nutzung des Biomasseenergiepotentials in Österreich bewertet. Zur Dimensionierung der Bioenergienachfrage werden die weiteren zentralen erneuerbaren Energietechnologien, insbesondere Photovoltaik, hinsichtlich ihres zukünftigen Produktionspotentials und damit einhergehender Auswirkungen auf Investitions- und Arbeitsnachfrage untersucht.

Die Untersuchungsergebnisse

Die einzigen erneuerbaren Technologieoptionen, die genügend Potenzial haben um die zukünftige Energienachfrage – global gesehen – zu decken sind Solarenergie und – mit Einschränkungen beziehungsweise als Unterstützung – die Windenergie. Solarenergie kann dabei für die Erzeugung von Wärme (thermale Solarkollektoren) sowie von Strom (Photovoltaik) eingesetzt werden; Wind könnte – neben der Wasserkraft – Produktionsschwankungen von solarer Energie ausgleichen. Biomasse kommt in einem solchen zukünftigen erneuerbaren Energiesystem, in dem Solar- und Windenergie Hauptenergielieferanten sind, eine wichtige Schlüsselrolle zu. Sie kann – neben der weiteren Verwendung forstwirtschaftlicher Biomasse für die Erzeugung privater Raumwärme – als Transformationstechnologie im Verkehrssektor bis zum Durchbruch anderer Technologien (wie etwa der solaren Elektromobilität) im Generellen und zur Erfüllung der EU-Ziele für den erneuerbaren Energieanteil bis 2020 im Speziellen dienen.

Biomasse im zukünftigen Energiesystem Österreichs

Aus der volkswirtschaftlichen Evaluation einer vermehrten Energieproduktion aus Biomasse kann der Schluss gezogen werden, dass der intensivere Einsatz von Bioenergie nur bedingt positive volkswirtschaftliche Effekte generiert. Eine intensivierte

Verwendung von landwirtschaftlicher Biomasse führt – unter Berücksichtigung der globalen Handelsverflechtungen – zu einer erhöhten Landrivalität in Österreich. Die Produktion der benötigten Biomasse verdrängt dadurch die im Schnitt arbeitsintensivere landwirtschaftliche Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Dies hat einerseits negative Beschäftigungseffekte und andererseits erhöhte Importe von Nahrungs- und Futtermitteln zur Folge. In der langen Frist führt dieser Umstand für einige Technologien und Biomasse-Vorprodukte zu negativen Wertschöpfungs- und Arbeitsmarkteffekten. Lediglich der Einsatz von Energie aus forstwirtschaftlicher Biomasse scheint das Potenzial zu haben, durchgängig positive volkswirtschaftliche Effekte zu generieren, da diese Energiequelle nicht mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen und somit dem Nahrungsmittelsektor in Konkurrenz steht. Die vermehrte Produktion und Verwendung forstwirtschaftlicher Biomasse generiert daher zusätzliche regionale Wertschöpfung, was zu positiven Arbeitsmarkt- und Wohlfandseffekten führt.

Die Untersuchungen zeigten somit, dass Energie aus Biomasse in Österreich – insbesondere wenn sie national produziert werden sollte – Grenzen gesetzt sind. Volkswirtschaftlich gesehen ist es nicht zielführend einen wesentlichen Anteil des österreichischen Endenergiebedarfs insbesondere durch Energie aus landwirtschaftlicher Biomasse zu decken. Vielmehr wird biogene Energie eine unterstützende Rolle in einem zukünftigen erneuerbaren Energiesystem, welches global gesehen – neben Wasserkraft – hauptsächlich aus solarer Energieproduktion und Windkraft bestehen kann, spielen. Da lediglich die solare Energieproduktion – global gesehen – das nötige Kapazitätspotential hat, um die Endenergienachfrage

des 21. Jahrhunderts zu decken, und es – wie in diesem Projekt gezeigt wurde – möglich ist, die Probleme der Produktionsschwankungen und die damit einhergehende Speicherproblematik auf globaler Ebene zu lösen, ist eine genauere Betrachtung dieses Technologieeinsatzes auf Österreicherebene zu empfehlen.

Drei Gründe für das Projekt

- Klimawandel ändert die Wachstumsbedingungen – welche Kulturen sind in Zukunft ökonomisch für eine energetische Nutzung anzuraten?
- Welche Rolle soll Biomasse-Energienutzung in einem volkswirtschaftlich gesamthaft sinnvollen, nachhaltigen Energiesystem spielen?
- Aus den laufenden Entwicklungen (Größenvorteile) in solarer Technologie (Photovoltaik) wird für die globale Ebene gezeigt, dass eine vollsolare Versorgung bis 2050 realistisch (Investitionen, Arbeitskräfte) machbar ist.

CLEANSTGAS – Clean Staged Gasification

Projektnummern: 817775, 817776, 817777

Koordinator	CLEANSTGAS GmbH
Partner	EBNER Industrieofenbau GmbH, KWB Biomasseheizungen
Website	www.cleanstgas.com
Dauer	1. 1. 2008 – 31. 3. 2011
Budget in Euro	1.904.637,-
Ausschreibung	Energie der Zukunft, 1. Ausschreibung

Kontakt

Helmut Timmerer
Projektleiter
tim@cleanstgas.com

„Kraft-Wärmekopplung auf Basis der gestuften Biomassevergasung stellt eine Technologie am Sprung zur Marktreife für dezentrale Strom- und Wärmebereitstellung unter Erreichung höchster Effizienzen und Einhaltung strenger Emissionsvorschriften dar. Die Problemlösung der Biomassevergasung im kleinen Leistungsbereich liegt in der Stufung des Gaserzeugungsverfahrens.“

Helmut Timmerer, Projektleiter

Einleitung

Biomassevergasung ist die Umwandlung fester Biomasse (z. B. Hackgut) in ein brennbares Produktgas. Durch den gestuften Vergasungsprozess erfolgt die Umwandlung teerfrei. Das Produktgas wird in einem Verbrennungsmotor hocheffizient in elektrische Energie umgesetzt. Die erreichten Gesamtwirkungsgrade liegen bei über 75 % ($\eta_{el} \geq 26 \%$, $\eta_{th} \geq 50 \%$). Der elektrische Wirkungsgrad beträgt ein Vielfaches von dem, was durch die herkömmliche Verbrennung von Biomasse erreicht werden kann. Die CLEANSTGAS GmbH stellt Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplungen auf Basis des CLEANSTGAS-Verfahrens im Leistungsbereich zwischen 50 und 500 kW_{el} bzw. 200-2000 kW Brennstoffwärmeleistung her. CLEANSTGAS® ist die Abkürzung für Clean Staged Gasification – Saubere Gestufte Vergasung. Frühere Holzvergasungssysteme scheiterten oftmals an ihrer niedrigen Produktgasqualität (zu hoher Teer- und Partikelgehalt). Das Unternehmen ist ein Joint Venture von zwei Österreichischen Unternehmen. EBNER Industrieofenbau GmbH (Linz, Oberösterreich) und KWB Biomasseheizungen (St. Margarethen/Raab, Steiermark). Beide Unternehmen zeichnen sich durch hohe Kompetenz in Forschung und Entwicklung aus. Die CLEANSTGAS GmbH wurde im März 2008 gegründet.

EBNER Industrieofenbau GmbH ist weltweiter Markt- und Technologieführer im Bereich Wärmebehandlungsanlagen für die Stahl-, Aluminium- und Buntmetallindustrie. Zu den Kernkompetenzen zählen die Gas- und Schutzgastechnik, Werkstofftechnik (Spezialstahl und Feuerfestmaterialien), sowie Sicherheitstechnik.

KWB Biomasseheizungen ist Innovations- und Technologieführer im Bereich der Biomasseheizanlagen. Die Kernkompetenz des Unternehmens liegt in der Verbrennung von Biomasse im kleinen Leistungsbereich (< 500 kW Brennstoffwärmeleistung). Die KWB betreibt die größte private Biomasseforschungseinrichtung in Europa und vertreibt ihre Produkte in den meisten europäischen Ländern.

Ergebnisse der Pilotanlage St.Margarethen/Raab

Die CLEANSTGAS-Technologie basiert auf dem Prinzip der gestuften Vergasung, welches bereits in früheren Publikationen beschrieben wurde [1]. Bei der gestuften Vergasung finden die drei Prozessschritte, extern beheizte Pyrolyse, partielle Oxidation und Reduktion in verschiedenen Apparaten statt.

Aus dieser Trennung der Apparate und Stufung des Vergasungsprozesses ergibt sich ein teearmes Produktgas. Bereits das Rohgas erreicht den Grenzwert für die direkte Einleitung in einen Verbrennungsmotor (Teergehalt < 50 mg/Nm³).

Ergebnisse aus dem Anlagenbetrieb: Die gute Anlagenleistung in Bezug auf den Teergehalt im Produktgas und die Einhaltung der Abwasseremissionsvorschriften konnten im Dauerbetrieb (300 kW Brennstoffwärmeleistung, 80 kWel) bestätigt werden. Die Beständigkeit in korrosiver Atmosphäre zeigte sich bei allen Komponenten der Gaserzeugung (Ausmauerung und Stahlwerkstoffe) bisher vielversprechende Performance. Dies stellt einen wichtigen Faktor für die Wirtschaftlichkeit und die Akzeptanz der Anlage am Markt dar.

Ausblick

Die weitere Anlagenentwicklung beinhaltet die Untersuchung neuer Brennstoffe aus dem Kurzumtriebsbereich, Miscanthus, Stroh etc. Diese aschereichen Brennstoffe werden auf ihren Einsatz in der Biomassevergasung im hauseigenen Modellgaserzeuger (Maßstab 1:6 zur bestehenden Anlage, ohne Gasumsetzung in einem Verbrennungsmotor) untersucht. Mit diesem Modellgaserzeuger können erste Erkenntnisse über die Gaszusammensetzung, den Kaltgaswirkungsgrad, Brennstoffverhalten im Festbettvergasung, Ascheverhalten etc. gewonnen werden. Die vergangene und zukünftige Forschungsarbeit bringt die Technologie der gestuften Vergasung von Biomasse als effiziente, sichere und wirtschaftliche Technologie einen Schritt weiter an die Marktreife heran.

Literatur

[1] Timmerer H. L., Haselbacher P., Schaffer K. M., Rath G., Tutsch H. R., Weissinger A.,: CLEANSTGAS – STATUS QUO OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT. Conference Proceedings of the European Biomass Conference & Exhibition - 2011, Berlin

Danksagung

Diese Arbeit wird durch den Klima- und Energiefonds der Österreichischen Bundesregierung, der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft sowie der Steirermärkische Landesförderungsgesellschaft (SFG) unterstützt.

Drei Gründe für das Projekt

- Regionale Bereitstellung und Umwandlung erneuerbarer Energieträger
- Hoher elektrischer Wirkungsgrad (> 25 %) für einen wärmegeführter Betrieb im kleinen und mittleren Leistungsbereich durch die CLEANSTGAS-KWK-Technologie
- Das CLEANSTGAS-KWK-Konzept ist eine Technologie, die industrielle und gewerbliche Maßstäbe hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Verfügbarkeit und Einhaltung von Emissionsgrenzwerten erfüllt.

G-volution: Ein innovatives Zweibettwirbelschichtsystem zur Dampfvergasung von Biomasse

Projektnummern: 821954, 825490

Koordinator	Technische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften
Partner	Tecon Engineering GmbH
Website	www.g-volution.at
Dauer	1. 5. 2009 – 31. 10. 2013
Budget in Euro	1.725.434,-
Ausschreibung	Neue Energien 2020, 2. und 3. Ausschreibung

Kontakt

Tobias Pröll
Projektleiter G-volution I
tobias.proell@tuwien.ac.at

Christoph Pfeifer
Projektleiter G-volution II
christoph.pfeifer@tuwien.ac.at

„Das bewährt Gute bildet das Fundament des Besseren. Die Limitierungen des Bestehenden sind die treibenden Kräfte für Innovationen. Die Grundsätze des wissenschaftlichen Arbeitens garantieren die hohe Qualität der Forschungsarbeit und die Nachhaltigkeit ihrer Ergebnisse. Das ist anwendungsbezogene Forschung!“

Univ.-Prof. Hermann Hofbauer

Ausgangslage und Projektziele

Die Nutzung von gespeicherter Sonnenenergie in Form der Biomasse reduziert den Ausstoß von klimawirksamen Gasen und verringert die Abhängigkeit von Energieimporten. Die wesentliche Herausforderung für die effiziente Verwendung von Biomasse ist, dass Nutzungsbereiche abseits der reinen Wärmenutzung erschlossen werden. Vor allem weil die Biomasse die einzige kohlenstoffhaltige erneuerbare Energiequelle darstellt und sich daraus nachhaltig verschiedenste chemische Stoffe herstellen lassen.

Anfang der 1990er Jahre wurde am Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technischen Biowissenschaften der TU Wien ein richtungsweisendes thermo-chemisches Verfahrenskonzept entwickelt: Die Dampfvergasung von Biomasse in der Zweibettwirbelschicht. Dabei kann der feste Brennstoff innerhalb einer speziell ausgeführten Wirbelschicht-Apparatur unter hohen Temperaturen in ein hochwertiges, stickstofffreies Produktgas (Synthesegas) umgewandelt werden. Für das erzeugte Gas steht eine Reihe von aussichtsreichen Verwertungsmöglichkeiten zur Verfügung: Von der einfachen Umwandlung zu Strom und Wärme in Gasmotoren oder Gasturbinen, über die Erzeugung von erneuerbarem synthetischem Erdgas oder Wasserstoff, hin zu hochwertigen Syntheseprodukten wie Fischer-Tropsch-Diesel oder Methanol. Die Technologie der Wirbelschicht-Dampfvergasung

erntete durch die Inbetriebnahme der ersten Großanlage in Güssing im Jahr 2001 weltweite Anerkennung. Für die Umwandlung von Holz-Hackschnitzel sind in Österreich mittlerweile drei Wirbelschichtanlagen im industriellen Maßstab in Betrieb (Güssing 8 MW, Oberwart 9 MW, Villach 15 MW). Aber auch in Schweden (Göteborg 32 MW) und Deutschland (Senden/Neu-Ulm 14 MW) sind derzeit Anlagen in Bau bzw. in der Inbetriebnahmephase. Es besteht eine klare Nachfrage der Industrie nach Erdgasersatztechnologien. Idealerweise können dabei Gase mit vergleichsweise hohem Heizwert zur Verfügung gestellt werden, die sich durch die Nutzung von minderwertigen und somit billigen Brennstoffen erzeugen lassen. Sägespäne, Rinde, Abfallholz, Klärschlamm, Strauchschnitt, Schwarzlaube, Stroh-, Schilf- und Pflanzenabfälle, sowie andere biogene Reststoffe stellen jedoch erhöhte Anforderungen an das Gaserzeugerkonzept.

Aufbauend auf die in den 1990er Jahren entwickelte klassische Zweibettwirbelschichttechnologie soll somit im Rahmen der Projekte G-volution I & II ein System entwickelt werden, das den Einsatz einer breiten Brennstoffpalette, ein qualitativ höherwertigeres Produktgas, eine erhöhte Gesamteffizienz und die bestmöglichen Voraussetzungen für große Anlagenleistungen gewährleistet.

Ergebnisse und Erkenntnisse

Innerhalb des Projektes G-volution I wurde ein aussichtsreiches Wirbelschichtkonzept erarbeitet. Die zuvor genannten Ziele und Anforderungen können mit dem neuartigen System, das zwei zirkulierende Wirbelschichten mit einer unten liegenden hydraulischen Verbindung kombiniert, optimal abgedeckt werden. Nach Abschluss des Folgeprojektes G-volution II kann ein innovativer Biomassevergaser vorgestellt werden, der im Technikumsmaßstab Biomasse, unter mit Großanlagen vergleichbaren Bedingungen, in ein heizwertreiches Gas (12–14 MJ/Nm³) umwandelt.

In Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Tecon Engineering GmbH wird die Anlage derzeit geplant und gebaut. Die spezielle Ausführung der Reaktionszone und ein klar definierbarer Gegenstrom von Gasen mit dem Bettmaterial und dem Brennstoff selbst garantieren einen herausragenden Gas-Feststoff Kontakt, hohe Umsatzraten und somit eine hohe Effizienz.

Wichtig sind auch integrierte Abscheidungssysteme die den Feststoffanteil im Produktgas signifikant minimieren und einen selektiven Ascheaustrag ermöglichen. Der Anwendungsbereich des neuen Wirbelschichtsystems ist aber nicht nur auf das Gebiet der Vergasung beschränkt. Auch für andere sehr interessante Bereiche in der Energietechnik/ Energiebereitstellung wie der Chemical Looping Verbrennung mit inhärenter CO₂-Abscheidung (CLC), der thermischen Wasserspaltung mittels Redoxsystemen zur Wasserstofferzeugung, der Dampfreformierung von Kohlenwasserstoffen und dem katalytischen Cracken hochsiedender Kohlenwasserstoffe kann das System verwendet werden und spezifische Vorteile

bringen. Für CLC mit Festbrennstoffen ist das Konzept wahrscheinlich der Schlüssel für die praktische Umsetzung. Spezielle Erweiterungen des Systems, wie durch verbesserte mehrstufige Abscheidungssysteme erweitern zusätzlich den Anwendungsbereich. Damit können unterschiedliche Feststoffströme aus dem System generiert werden und in beliebige Teile Wirbelschichtsystems rückgeführt, oder mit bestimmten Stoffen angereicherte Teilströme aus dem System ausschleust werden.

Drei Gründe für das Projekt

- Das neue Konzept baut auf einer bewährten und mittlerweile großtechnisch mehrfach ausgeführten Technologie auf und wird diese signifikant verbessern.
- Industriebetriebe erlangen durch das vorgestellte System die Möglichkeit intern oder extern anfallende Reststoffe für ihren Energiebedarf zu nutzen.
- Die Projekte sind nicht nur richtungsweisend für Gaserzeugungsanwendungen, sondern auch für andere Anwendungen wie z. B. Bio-CLC (Projektnummer: 829982).

ERBA: Erzeugung eines Produktgases aus Biomassereformierung mit selektiver CO₂-Abtrennung

Projektnummer: 829904

Koordinator	voestalpine Stahl GmbH, Linz – Unternehmensbereich Roheisen
Partner	voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG, Technische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften
Website	www.voestalpine.com
Dauer	1. 4. 2011 – 31. 3. 2014
Budget in Euro	991.884,-
Ausschreibung	Neue Energien 2020, 4. Ausschreibung

Kontakt

Martina Poppenwimmer
Projektleiterin
martina.poppenwimmer@voestalpine.com

„Durch die Zusammenarbeit zwischen Universität und Industrie wird eine Verbindung zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung geschaffen.“

Martina Poppenwimmer, Projektleiterin

Ausgangslage

Im Zuge von zwei Vorprojekten im Rahmen der Forschungs- und Technologieprogramme Energie der Zukunft und Neue Energien 2020 wurden zwei Konzepte der Minimierung der CO₂-Emissionen in der Roheisenproduktion untersucht. Im ersten Projekt „COMINREP_CO₂- minimierte Roheisenproduktion“ wurde der Einsatz von Low Reduced Iron (kurz LRI) behandelt. Dabei wurde die Kohlenstoffeinsparung für die Reduktion und somit für die prozessbedingten CO₂-Emissionen ermittelt.

Im zweiten Projekt „PRIMINREP_Primärressourcenminimierte Roheisenproduktion“ wurde die Substitution von Primärrohstoffen zur Reduktion im Hochofenprozess durch Sekundärrohstoffe wie Altkunststofffraktionen und nachwachsende Rohstoffe in Form von Biomasse untersucht. Aufgrund einer Genehmigung vom Jahre 2007 kann die voestalpine Stahl GmbH bis zu 220.000 Tonnen Kunststoff pro Jahr als alternatives Reduktionsmittel im Hochofen einsetzen.

Im gegenwärtigen Projekt ERBA wird nun versucht über die Prozessgrenzen des Hochofens hinauszublicken und den Einsatz von Biomasse in einem integrierten Hüttenwerk zu untersuchen. Dabei wird die Einsatzmöglichkeit eines Produktgases aus holzar-

tiger Biomasse als Erdgassubstitut geprüft. Für einen möglichen Einsatz als alternatives Reduktionsmittel im Hochofen ist ein hohes Reduktionspotenzial des Gases Voraussetzung. Dafür sind ein hohes H₂/H₂O und ein hohes CO/CO₂-Verhältnis sowie ein hoher Methangehalt erwünscht.

Umsetzungsmöglichkeiten und Projektziele

Das Produktgas soll über Dampfvergasung fester Biomasse in einer Zweibettwirbelschicht erzeugt werden. Die Technologie zur Gasbereitstellung wurde von der TU Wien am Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften entwickelt und ist bereits im industriellen Maßstab grundsätzlich erprobt (Güssing 8MW, Oberwart 9MW, Villach 15MW). Diese sogenannte DualFluid-Technologie bedient sich der Kombination von zwei Wirbelschichten, wo durch der Transport von heißem Bettmaterial aus dem Verbrennungsteil in den Vergasungsteil die Energie für die endothermen Vergasungsreaktionen bereitgestellt wird.

Für die Erreichung eines hohen Reduktionspotenzials soll Kalkstein als Wirbelschicht- Bettmaterial eingesetzt werden um selektiv CO₂ aus dem Gaserzeuger abziehen. Dabei findet während des Betriebes eine stetige Umwandlung des Bettmaterials statt. In die

Vergasungszone kommt es als CaO, absorbiert in einem Temperaturfenster zwischen 600 und 700 °C CO₂ und bildet CaCO₃. Das zwischen den beiden Wirbelschichten zirkulierende Bettmaterial desorbiert das gebundene CO₂ in der Verbrennungszone bei Temperaturen über 800 °C und fließt als CaO wieder zurück in den Vergasungsteil. Zusätzlich hat CaO einen positiven katalytischen Effekt auf die Teerspaltung.

Durch die Verwendung von Kalkstein als Bettmaterial treten jedoch besondere Herausforderungen an das Design der Wirbelschicht zu Tage. Es ist aufgrund der geringen mechanischen Belastbarkeit des Kalksteins mit einem erhöhten Bettmaterialabrieb zu rechnen. Durch die Verwendung des im Hüttenwerk verwendeten Branntkalks kann ein Teilstrom für die Gaserzeugung abgezogen werden und zusätzlich die anfallende kalkreiche Filterasche wieder im Verhüttungsprozess untergebracht werden.

Im Einzelnen werden bei diesem Projekt folgende Ziele angestrebt:

- Substitution von Primärrohstoffen wie Erdgas durch Sekundärrohstoffe im großtechnischen Maßstab
- Charakterisierung von verfügbaren Betriebsmitteln (mechanische Eigenschaften, CO₂-Transporteigenschaften)
- Designanpassung des bestehenden G-volution Gaserzeugerprozesses
- Entwicklung einer Bettmaterial schonenden Abscheidung – 2stufige Partikelabscheidung
- Erreichung eines hohen Reduktionspotenzials des Reingases

- Geringe Teergehalte im Produktgas durch Verwendung von Kalkstein als katalytisch aktives Bettmaterial
- Erreichung eines stabilen Betriebes mit Kalksteinen aus dem Hüttenwerk

Drei Gründe für das Projekt

- Neue Erkenntnisse in der Gaserzeugungstechnologie aus Biomasse lassen eine Anwendbarkeit in einem integrierten Hüttenwerk mit verfügbaren Betriebsmitteln erwarten (Kalksteinprozess).
- Zur Verbesserung der klimarelevanten Emissionen müssen fossile Primärenergieträger substantiell durch erneuerbare Energieträger und Sekundärrohstoffe substituiert werden.
- Durch den Einsatz von erneuerbarer Energie kann die CO₂- Bilanz des Hüttenwerkes verbessert werden.



Impressum

Medieninhaber:

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien
Tel: (+43 1) 585 03 90, Fax: (+43 1) 585 03 90-11
E-Mail: office@klimafonds.gv.at
www.klimafonds.gv.at

Für den Inhalt verantwortlich:

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider. Weder der Klima- und Energiefonds noch die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung:

ZS communication + art GmbH, www.z-s.at

Verlags- und Herstellungsort: Wien

Wir haben diese Broschüre mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler können wir dennoch nicht ausschließen.