

IEA Technologieprogramm Wirbelschichttechnologie (FBC)

Arbeitsperiode 2020-2023

F. Winter, G. Stöger,
M. Azam, N. Steinacher

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

28/2024

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren: Franz Winter, Gregor Stöger, Mudassar Azam, Noah Steinacher

Dieser Bericht gibt Einblick in die Ergebnisse eines Forschungsprojekts, das vom BMK gefördert wurde. Die inhaltliche Verantwortung für Vollständigkeit und Richtigkeit liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Wien, 2024

IEA Wirbelschichttechnologie (FBC)

Arbeitsperiode 2020-2023

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Franz Winter, Gregor Stöger, Dr. Mudassar Azam, Noah Steinacher
Technische Universität Wien, Institut für Verfahrenstechnik,
Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften

Wien, März 2024

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts im Rahmen der IEA Forschungskooperation. Es wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) initiiert, um österreichische Forschungsbeiträge zu den Kooperationsprojekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu unterstützen.

Die IEA Forschungskooperationen umfassen eine breite Palette an Energiethemen mit dem Ziel Energiesysteme, Städte, Mobilitäts- und Industriesysteme fit für eine nachhaltige Zukunft bis 2050 zu machen. Auch Themen wie Gendergerechtigkeit oder Ressourcen- und Kreislaufwirtschaftsaspekte werden berücksichtigt.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch die vielen IEA-Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und neue internationale Standards. Auch in der Marktumsetzung konnten richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Daher werden alle Berichte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMK über die Plattform www.nachhaltigwirtschaften.at/iea veröffentlicht.

Inhalt

Vorbemerkung	5
1 Kurzfassung	8
2 Abstract	9
3 Ausgangslage	10
3.1 Motivation und Zielsetzung	10
3.2 Relevanz der Wirbelschichttechnologie.....	10
4 Projektinhalt	16
5 Ergebnisse	18
5.1 Projekt „WASTE2ROAD“	18
5.2 Projekt „BIO-LOOP“	21
5.3 Projekt „CarbonNeutralLNG“	23
5.4 Projekte „ReGas4Industry“ und „ADORE-SNG“	26
5.5 Projekt „Thermochemische CO ₂ -Umwandlung mit Biomasse zu Produktgas“	28
5.6 Projekt „BioHEAT“	30
5.7 Projekt „FT4Industry“	33
5.8 Projekt „Green Fuel and Chemicals (GFC)“	36
5.9 Projekt „PROMETHEIA“	38
5.10Ausgewählte Publikationen aus der Periode 2020-2023	41
6 Vernetzung und Ergebnistransfer	43
7 Schlussfolgerungen	45
8 Ausblick und Empfehlungen	46
Tabellenverzeichnis	47
Abbildungsverzeichnis.....	47
Literaturverzeichnis.....	49
Abkürzungen	50

1 Kurzfassung

Das IEA (International Energy Association) - FBC (Fluidized Bed Conversion) TCP (Technology Collaboration Programme) bietet eine Plattform zum Austausch von Informationen, Expertise und Kontakten für alle Stakeholder im Bereich der Wirbelschichttechnologie sowohl in Österreich als auch auf globaler Ebene. Das IEA - FBC TCP umfasst 20 Mitgliedsstaaten neben Österreich, China, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Italien, Japan, Kanada, Polen, Portugal, Russland, Schweden, Spanien, Südkorea, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigte Staaten von Amerika, Vereinigtes Königreich.

Diese 20 Länder arbeiten zusammen und teilen ihr Wissen miteinander, um die Wirbelschichttechnologie weiterzuentwickeln. Zu diesem Zweck finden etwa halbjährlich EXCO (Executive Committee) -Meetings und Technical Sessions in einem der Mitgliedsstaaten statt. In der Periode 2020-2023 gab es acht dieser Zusammenkünfte. Auf der internationalen Webseite www.ieafbc.org können vergangene und geplante Veranstaltungen, sowie allgemeine Informationen eingesehen werden. Informationen über nationale IEA-FBC Themen wie zum Beispiel das jährliche Österreichische IEA Wirbelschichttreffen sind auf der Webseite www.nachhaltigwirtschaften.at zu finden.

Ziel des IEA-FBC TCP ist es, Nachhaltigkeit, Klima- und Umweltschutz, CO₂-Reduktion und Resilienz durch den Einsatz von Wirbelschichttechnologie zu unterstützen. Aktuelle Forschungen beschäftigen sich zum Beispiel mit folgenden Themen:

- Integration von biogenen Pyrolyseölen zur Herstellung von Biokraftstoffen
- Einsatz der Wirbelschichttechnologie zur CO₂-Reduktion
- Einsatz diverser biogener Stoff- oder Abfallströme in der Wärme- und Stromerzeugung
- Verwertung Sekundärer Ressourcen, z.B. Metalle, Bodenasche, Flugasche
- Gaserzeugung, Pyrolyse
- Chemical-Looping-Combustion

Aktuelle Beispiele österreichischer Aktivitäten aus dieser Themenlandschaft werden im Bericht kurz vorgestellt und die Kontaktpersonen und Institutionen genannt.

An Veranstaltungen gab es in der Periode 2020-2023 das 12. und 13. Österreichische IEA Wirbelschichttreffen, die 80. bis 87. EXCO-Meetings und Technical Sessions und zahlreiche Standortsbesuche in Österreich.

Auch in der nächsten Periode (2024-2026) werden der Austausch von Wissen sowie die Zusammenarbeit und Vernetzung von allen Stakeholdern in der Wirbelschichttechnologie für dessen Weiterentwicklung im Fokus stehen.

2 Abstract

The IEA (International Energy Association) - FBC (Fluidized Bed Conversion) TCP (Technology Collaboration Programme) provides a platform for the exchange of information, expertise and contacts for all stakeholders in the field of fluidized bed technology both on a national and global scale. The IEA-FBC TCP includes 20 countries: Austria, Canada, China, Czech Republic, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Italy, Japan, Poland, Portugal, Russia, South Korea, Spain, Sweden, United Kingdom, United States of America.

These 20 countries work together and share their knowledge to further develop fluidized bed technology. EXCO (Executive Committee) meetings and technical sessions are held approximately every six months in one of the member states. In the period 2020 - 2023 there were eight of these meetings. Past and planned events as well as general information can be viewed on the international website www.ieafbc.org. Information on national IEA - FBC topics such as the annual Austrian fluidized bed meeting can be found on the website www.nachhaltigwirtschaften.at.

The aim of the IEA-FBC TCP is to support sustainability and a greener industry. A few examples of current research efforts are:

- Integration of biogenic pyrolysis oils for the production biofuels
- Application of fluidized bed technology for CO₂ reduction
- Utilization of various biogenic materials or waste streams for heat and power generation
- Utilization of secondary resources like metals, bottom ash, fly ash
- Gasification, pyrolysis
- Chemical Looping combustion

Actual examples of Austrian activities in this area of topics are presented in this report and contact persons and institutions are given.

Events in the 2020-2023 period included the 12th and 13th Austrian IEA Fluidized Bed Meeting, the 80th through 87th EXCO Meetings and Technical Sessions and numerous FBC site visits in Austria.

In the next period (2024-2026), the exchange of knowledge as well as cooperation and networking between all stakeholders in the fluidized bed technology will continue to be the top priority for its further development.

3 Ausgangslage

3.1 Motivation und Zielsetzung

Ziel des IEA-FBC Projekts ist die Weiterentwicklung der Wirbelschichttechnologie, hinsichtlich Decarbonisierung und Defossilisierung sowie um Treibhausgasemissionen und Schadstoffe zu senken und bessere Wertschöpfungsketten zu ermöglichen. Zu diesem Zweck sollen Stakeholder:innen und Stakeholder aus Forschung, Industrie und Wirtschaft miteinander vernetzt werden. So können Erfahrungen, Ergebnisse, Entwicklungen und Expertise ausgetauscht und besser genutzt werden. Die Forschung zum Thema Wirbelschichttechnologie ist international von großer Bedeutung, wie aktuelle Trends (z.B. siehe wissenschaftliche Publikationen) zeigen.

3.2 Relevanz der Wirbelschichttechnologie

Die Entwicklung und Integration von grünen Technologien ist global gefordert und die Wirbelschichttechnologie hat das Potenzial einen bedeutenden Beitrag zu leisten. Dies zeigt die steigende Anzahl an Publikationen und wissenschaftlichen Arbeiten, siehe Abbildung 1.

Für die Darstellung der Ergebnisse in Abbildung 1, 2 und 3 wurde die Webseite ScienceDirect (www.sciencedirect.com) verwendet. Auf dieser wurden die in den Abbildungsbeschriftungen genannten Begriffe in das Suchfeld eingegeben.

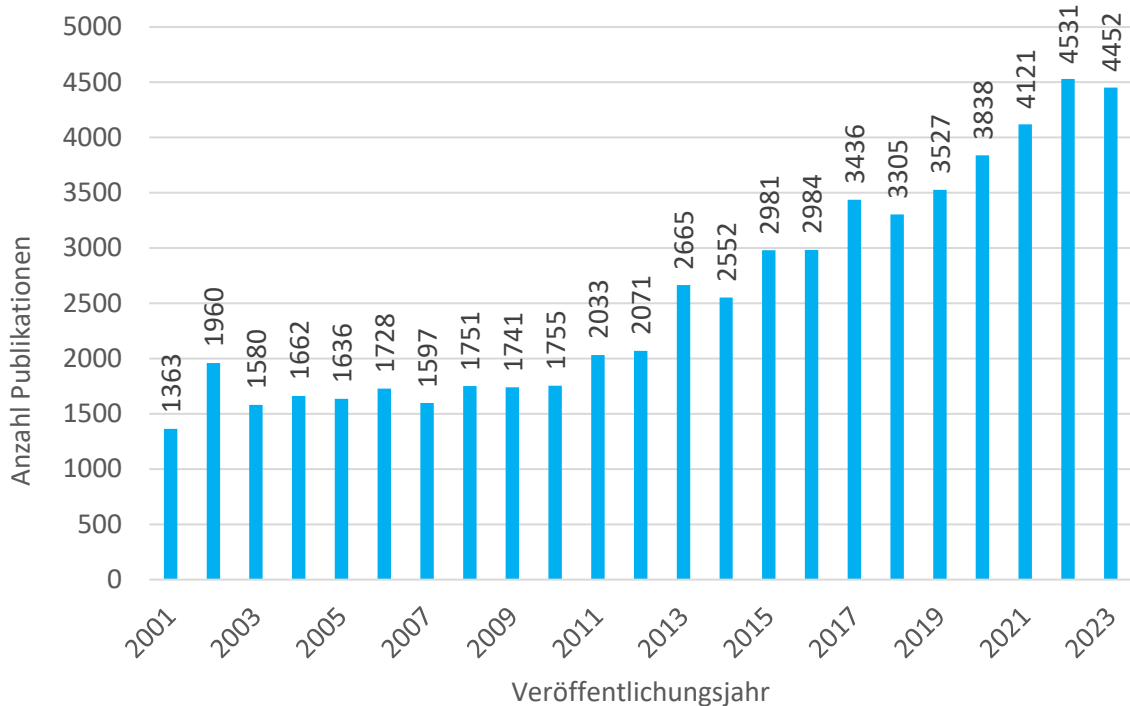


Abbildung 1: Publikationen, die den Begriff: „fluidized bed“ oder „fluidised bed“ enthalten; aufgeschlüsselt nach Veröffentlichungsjahr aus dem Betrachtungszeitraum 2001-2023

In Abbildung 1 ist eindeutig zu sehen, dass das Thema Wirbelschichttechnologie stark an Relevanz gewinnt. Seit 2001 haben sich die Anzahl der Publikationen mehr als verdreifacht und damit Österreich seine Position auf der globalen Forschungsebene festigen oder sogar ausbauen kann, will das IEA-FBC TCP den Austausch unter Forschenden stärken.

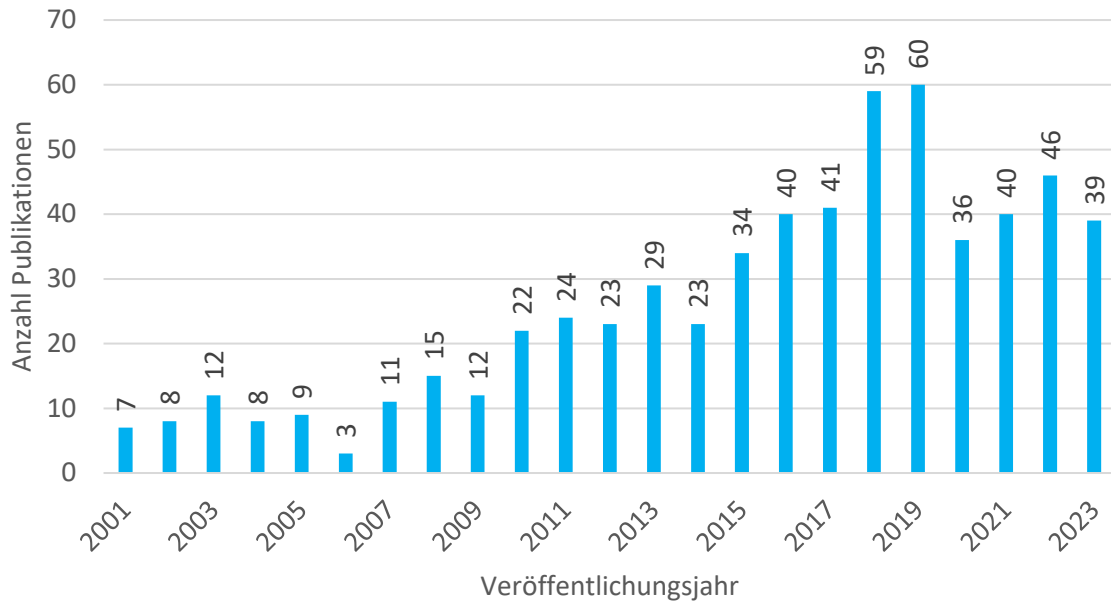


Abbildung 2: Anzahl der Publikationen mit dem Begriff: „fluidized bed“ oder „fluidised bed“ enthalten mit Autor:innen aus Österreich im Zeitraum von 2001-2023

In Abbildung 2 wird sichtbar, dass sich in Österreich ein ähnlicher Trend wie global ergibt. Österreich ist ein, für seine Größe, auf dem Gebiet der Wirbelschichttechnologie stark publizierendes und forschendes Land, wie in Abbildung 3 gezeigt wird.

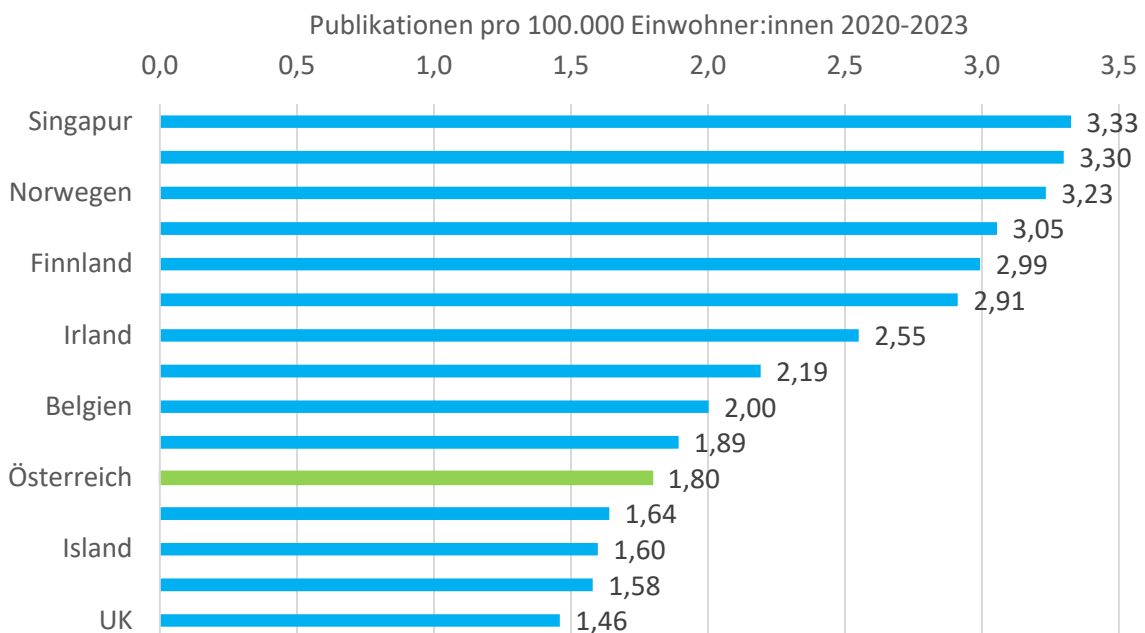


Abbildung 3: Ländervergleich für Publikationen mit dem Begriff: „fluidized bed“ oder "fluidised bed"

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die industriellen Wirbelschichtanlagen in Österreich, deren Inbetriebnahmejahr, Standorte, Typ, Leistung, und Brennstoffe. Der in 2022 aufgestellte Wirbelschichtkessel K9 in Bruck/Mur von Norske Skog besitzt eine thermische Leistung von 58 MW und wurde für die Energieerzeugung zum Eigenbedarf in der Zellstoffindustrie gebaut.

Tabelle 1: Überblick über Wirbelschichtanlagen in Österreich (BFBC und RFBC sind stationäre Wirbelschichten, CFBC sind zirkulierende Wirbelschichten).

Jahr	Ort	Typ	P in MW_{Th}	Brennstoffe
2022	Bruck a.d. Mur	BFBC	58	Abfall, Klärschlamm, Biogas
2020	Arnoldstein	BFBC	7	Abfall
2012	Linz	BFBC	40	Abfall, Klärschlamm, Biomasse
2007	St. Veit a.d. Glan	BFBC	45	Biomasse, Abfall, Heizöl
2006	Heiligenkreuz im Lafnitztal	BFBC	52	Altholz, Erdgas
2006	Wien	CFBC	66	Biomasse
2006	Timelkam	BFBC	49	Altholz, Erdgas
2004	Niklasdorf	BFBC	40	Abfall, Klärschlamm, Biomasse, Faserstoffe
2003	Wien	RFBC	45	Abfall, Klärschlamm
2000	Arnoldstein	BFBC	8	Abfall, Heizöl
1999	Lenzing	CFBC	110	Abfall, Klärschlamm, Steinkohle, Heizöl, Biogas
1994	Steyrermühl	CFBC	48	Rinde, Holz, Altholz, Klärschlamm
1992	Wien	BFBC	20	Abfall, Klärschlamm
1992	Wien	BFBC	20	Abfall, Klärschlamm
1992	Wien	BFBC	20	Abfall, Klärschlamm
1987	Gratkorn	CFBC	140	Klärschlamm, Biomasse, Rinde, Erdgas, Biogas
1987	Lenzing	CFBC	104	Rinde, Klärschlamm, Biomasse, Steinkohle, Heizöl, Altholz, Erdgas
1986	St. Veit a.d. Glan	BFBC	18	Biomasse, Klärschlamm, Abfall, Heizöl
1984	Pitten	BFBC	63	Steinkohle, Klärschlamm, Biogas, Erdgas

Jahr	Ort	Typ	P in MW _{Th}	Brennstoffe
1984	Bruck a.d. Mur	BFBC	15	Klärschlamm, Biomasse
1984	Frantschach	CFBC	61	Biomasse, Biologieschlamm

Werden die zwei Bauarten zirkulierende Wirbelschicht (CFBC) und blasenbildende-/stationäre Wirbelschicht (BFBC) hinsichtlich ihrer thermischen Leistungen verglichen, ist zu erkennen, dass die CFBC-Anlagen in Summe eine größere Gesamtleistung haben, obwohl sie in geringerer Anzahl in Österreich vorhanden sind. Die CFBC-Anlagen werden überwiegend in größeren Leistungen eingesetzt. Dieser Sachverhalt wird in Abbildung 4 dargestellt.

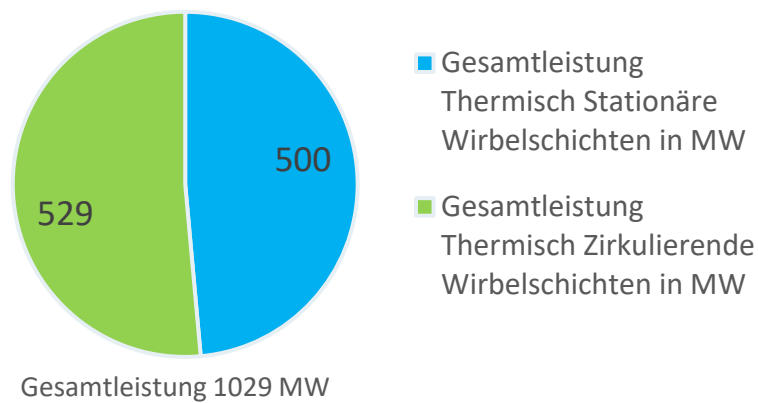


Abbildung 4: Thermische Gesamtleistung österreichischer Wirbelschichtanlagen verteilt auf die Bauarten

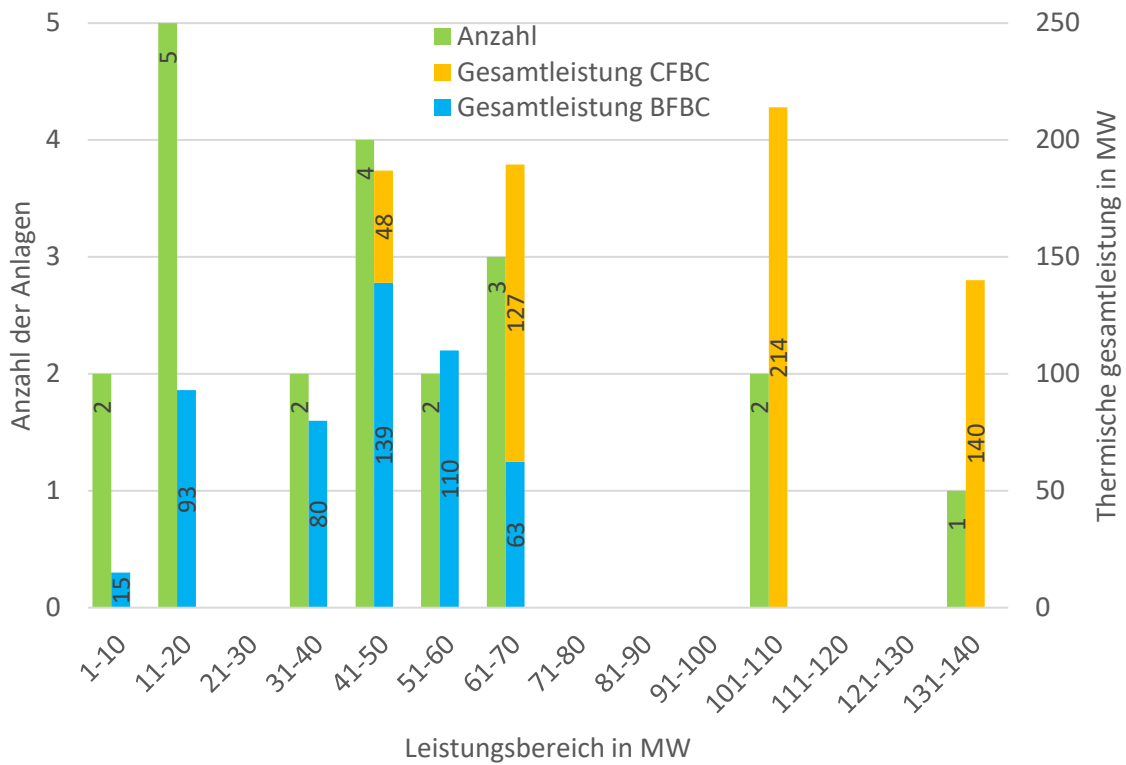


Abbildung 5: Anzahl und Leistung von Wirbelschichtanlagen in Österreich sortiert nach thermischer Leistung

In Abbildung 5 ist zu sehen, dass obwohl Wirbelschichten im höheren Leistungsbereich zahlenmäßig in der Unterzahl sind, diese Anlagen einen großen Anteil der österreichischen Gesamtleistung zur Verfügung stellen. Weiters wird erkennbar, dass zirkulierende Wirbelschichten in Anwendungen mit höheren Leistungskategorien eingesetzt werden und stationäre Anlagen in kleineren.

4 Projektinhalt

Das IEA-FBC TCP will durch die Förderung von Austausch von Informationen, Expertise und Kontakten die Weiterentwicklung der Wirbelschichttechnologie vorantreiben. Auf nationalen und internationalen Veranstaltungen kommen die Stakeholder aus aller Welt zusammen, um ihre Erfahrungen und ihr Wissen miteinander zu teilen.

Österreich ist Teil des IEA-FBC Technology Collaboration Programms (TCP), die 20 Mitgliedsstaaten sind wie folgt: China, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Italien, Japan, Kanada, Österreich, Polen, Portugal, Russland, Schweden, Spanien, Südkorea, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigte Staaten von Amerika und Vereinigtes Königreich.

In der Periode 2020-2023 fanden die 80. bis 87. EXCO-Meetings und Technical Sessions in den verschiedenen Mitgliedsstaaten des IEA-FBC TCP statt. Aufgrund der COVID-19 Pandemie mussten diese zwar zeitweise online abgehalten werden, aber ab dem 84. Meeting konnten diese wieder in Präsenz bzw. hybrid durchgeführt werden. Auf nationaler Ebene fanden 2022 das 12. Österreichische IEA Wirbelschichttreffen in St. Veit a.d. Glan und das 13. Österreichische IEA Wirbelschichttreffen 2023 in Wien statt. Bei diesen Veranstaltungen ging es darum, den Austausch von Stakeholdern in und um Österreich zu stärken. Während den Vorträgen und Exkursionen auf den Wirbelschichttreffen konnten die teilnehmenden Personen auf nationaler Ebene aber auch mit Gästen aus Nachbarländern in Kontakt treten.

Die aktuellen Arbeitsschwerpunkte des IEA Wirbelschichttechnologie TCPs (ist im bestehenden Implementing Agreement [1] zusammengefasst:

„Ziel des Abkommens ist es, die technische und ökologische Durchführbarkeit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der Wirbelschichttechnologie für die Umwandlung von festen Brennstoffen und Abfällen zur Energieerzeugung, insbesondere zur Bereitstellung von Wärme für die Stromerzeugung, industrielle Prozesse oder Wärme für die Fernwärmeversorgung zu liefern, und somit Konstruktions- und Betriebserfahrungen für breite Anwendungen zu sammeln. Die im Rahmen dieses Abkommens durchgeführten kooperativen Studien oder Projekte, die als „Programm“ bezeichnet werden, sollen dazu dienen, die Kenntnisse über die physikalischen und chemischen Prozesse zu verbessern, die bei der Umwandlung von Brennstoffen in der Wirbelschicht ablaufen.“[1]

und

„Wirbelschicht-Konversionssysteme. Während der Studien oder Projekte des Programms könnten die Vertragsparteien in ihren jeweiligen Anlagen eine oder mehrere der folgenden Aktivitäten in

den relevanten Bereichen der Wirbelschichtkonversionssysteme durchführen. Die Vertragsparteien könnten:

1. Durchführung von F&E-Studien im Labormaßstab und Betrieb von Wirbelschichtreaktoren im Pilotmaßstab;
2. Durchführung von Studien zur Untersuchung der Komponenten, aus denen sich die gesamten Wirbelschicht Konversionsanlagen bilden;
3. Wirbelschichtkonversionsanlagen für verschiedene Endanwendungen aktiv entwerfen, bauen und betreiben;
4. Durchführung von mathematischen Modellierungs-, Simulations- und Vorhersagearbeiten.“[1]

Durch die Teilnahme Österreichs am IEA Wirbelschichttechnologie TCP wird die Position Österreichs auf der globalen Forschungsebene zum Thema Decarbonisierung, Defossilisierung, Reduktion von Treibhausgasen und Schadstoffen eingebracht und zum Nutzen aller Stakeholder weiter ausgebaut.

5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden neun Projekte vorgestellt, die beispielhaft zeigen, woran österreichische Forscher:innen aktuell arbeiten. Diese Projekte werden von verschiedenen Institutionen bearbeitet und von unterschiedlichen Förderstellen unterstützt. Bei allen diesen Projekten kommt der Wirbelschichttechnologie eine entscheidende Rolle zu, um die geplanten Projektziele zu erreichen, für eine nachhaltigere und bessere Zukunft.

Wir danken den Personen für die Bereitstellung der Informationen, diese sind für die einzelnen Inhalte verantwortlich.

5.1 Projekt „WASTE2ROAD“

Förderprogramm: Horizon 2020

Projektdauer: 2018-2023

Kontakt: Dr. Mark Berchtold, TU Wien, E-Mail: mark.berchtold@tuwien.ac.at

Einleitung

Das Projekt WASTE2ROAD zielt auf die vielfältige Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen zur Erzeugung von Biokraftstoffen ab. Im Rahmen des Projektes wird der Einsatz neuerer Technologien sowie die Implementation etablierter Technologien und Infrastrukturen kombiniert betrachtet. Die Hauptziele des Projekts liegen in der Entwicklung einer koordinierten Veredelungslösung sowie der Demonstration der gesamten Wertschöpfungskette. Die zu untersuchenden Teilprozesse sind diesbezüglich folgendermaßen definiert (siehe auch Abbildung 6):

- Optimierung der Abfallsammlung sowie der erforderlichen Vorbehandlungsschritte
- Herstellung einer flüssigen Phase aus den festen Abfällen mittels Pyrolyse und hydrothermaler Verflüssigung unter industriell relevanten Bedingungen in Größenordnungen von 10 bis 300 kg
- Veredelung dieser biogenen, flüssigen Phase in bestehenden Prototyp- und Pilotraffinerieanlagen (FCC – Fluid Catalytic Cracking in einem Wirbelschichtsystem, Hydrotreating) in Form von Co-Processing zur Herstellung der gewünschten, für den Straßenverkehr geeigneten Kraftstoffprodukte
- Konsolidierung des Wissens und der Ergebnisse als integrierte Szenarien in einer Toolbox und Prozessmodellen zur Unterstützung von Entscheidungen für die Umsetzung in bestehenden Raffinerien

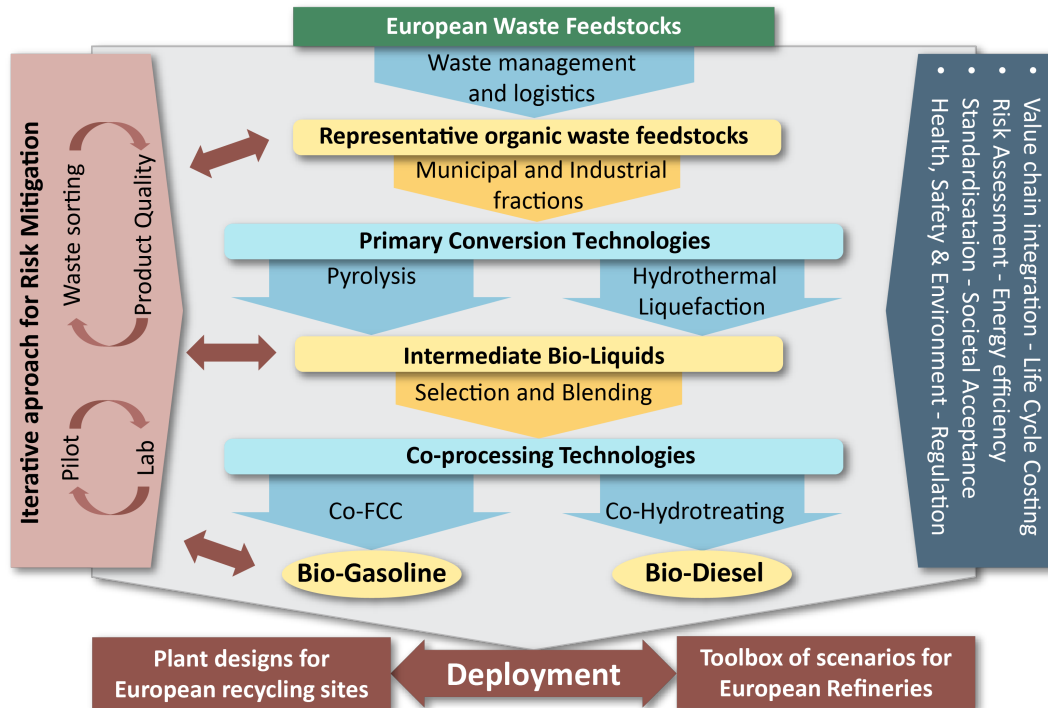


Abbildung 6: WASTE2ROAD Konzept – Quelle: SINTEF AS

Das Projekt basiert auf einer Demonstration im Pilotmaßstab, um eine ausreichende Menge an Biokraftstoffen für die nachfolgenden Untersuchungen (Endnutzung in Fahrzeugen) bereitzustellen. Durch die Optimierung der europäischen Abfallverwertungslogistik und der Entwicklung effizienter, risikoarmer Konversionswege können hohe Gesamtkohlenstoffausbeuten von mehr als 45 % erzielt und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen um mehr als 80 % reduziert werden.

Projektergebnisse

Ein wesentliches Projektergebnis ist die Erstellung einer Toolbox, die es europäischen Raffinerien ermöglicht, die Machbarkeit der Integration der optimalen Wertschöpfungsketten auf der Grundlage ihrer regionalen, abfallbasierten biogenen Ressourcen zu bewerten. In Abbildung 7 sind die verschiedenen Möglichkeiten der Integration von biogenen Stoffströmen in einer Raffinerie illustriert.

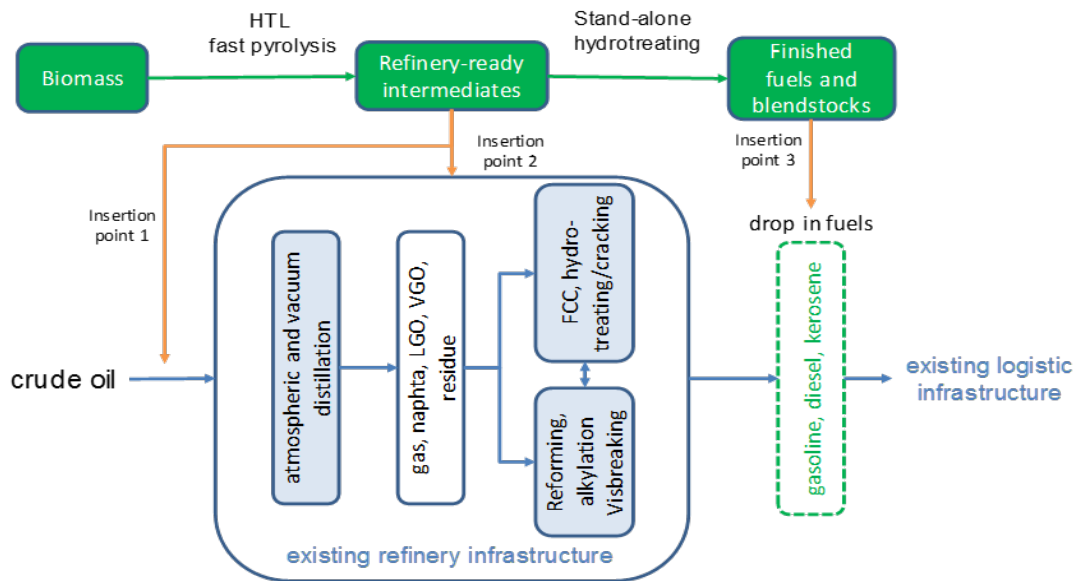


Abbildung 7: Integration der biogenen Stoffströme in einer Raffinerie – Quelle: SINTEF AS

In diesem Zusammenhang soll die Rolle des FCC-Prozesses als einer der wichtigsten und größten Konversionsprozesse in der klassischen Ölraffinerie besonders hervorgehoben werden. Beim FCC-Prozess werden Stoffströme mit höherer Siedelage zu erwünschten Produkten mit niedrigerer Siedelage in einem zirkulierenden Katalysator-Wirbelschichtsystem konvertiert.

Im Rahmen des Projektes wurde die Eignung der biogenen Stoffströme als Einsatzstoff für den FCC-Prozess an der Pilotanlage der TU Wien in Zusammenarbeit mit der OMV AG erfolgreich demonstriert. Hierbei wurden auch Versuchsreihen mit hydrierten Stoffströmen durchgeführt, was im Allgemeinen zu einer Verbesserung hinsichtlich der Eignung aber auch der erhaltenen Produktqualität führt. Die aus dem Prozess erhaltenen Biokraftstoffe erfüllen die erforderlichen Spezifikationen und können als Blending-Komponente in einem handelsüblichen Otto-Kraftstoff beige-mischt werden.

Kontakt:

Dr. Mark Berchtold, TU Wien, E-Mail: mark.berchtold@tuwien.ac.at

Publikationen (nur mit Relevanz zu FCC):

DOI: 10.1021/acs.energyfuels.2c01736

DOI: 10.12688/openreseurope.14198.1

DOI: 10.5281/zenodo.5549823

Partner:

SINTEF AS, Centre National de la Recherche Scientifique CNRS, BTG Biomass Technology Group BV, Teknologian Tutkimuskeskus VTT OY, Process Design Center BV, BTG Bioliquids B.V., OMV Refining

5.2 Projekt „BIO-LOOP“

Förderprogramm: COMET - Competence Centers for Excellent Technologies

Projektdauer: 2020-2024

Kontakt: Dipl.-Ing. Benjamin Fleiß, TU Wien, Email: benjamin.fleiss@tuwien.ac.at

Einleitung

Die Nutzung von Biomasse bietet die Möglichkeit einer CO₂-neutralen Erzeugung von Energie (Wärme, Strom, Kraftstoffe) sowie chemischer Grundstoffe. Wie kürzlich von mehreren internationalen Institutionen festgestellt wurde, sind negative Emissionstechnologien (NET) auf der Grundlage von Bioenergie notwendig, um weltweit Netto-CO₂-Emissionen nahe Null zu erreichen und um die Folgen der globalen Erwärmung zu begrenzen. Chemical Looping (CL) ist eine vielversprechende Technologie für die thermische Umwandlung von Kohlenwasserstoffen mit einem Metalloxid als Sauerstoffträger anstelle von Luft, was einen stickstofffreien Abgasstrom impliziert mit der Möglichkeit einer effizienten und kostengünstigen CO₂-Abscheidung. In Anbetracht des geringen Energieaufwands für die CO₂-Abscheidung bietet CL daher in Kombination mit Biomasse hohes Potential als eine Technologie zur Abscheidung und Speicherung von Kohlenstoff aus Bioenergie (BECCS).

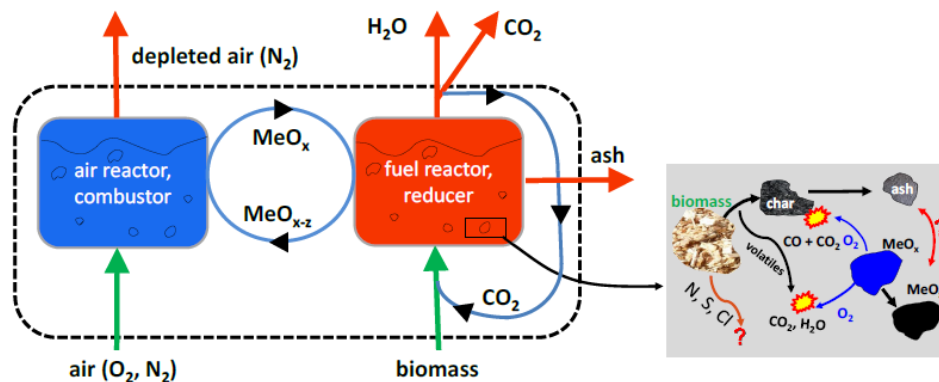


Abbildung 8: Untersuchung des Chemical Looping Combustion Prozesses für Biomasse und der Forschungsfragen im Rahmen des BIO-LOOP Projekts.

Die wichtigste Komponente von CL ist der Sauerstoffträger, der in den Wirbelschichtreaktorsystemen ebenfalls als Bettmaterial fungiert. Deswegen ist die Grundlagenforschung zum Verhalten und zur Kinetik der Metalloxide in typischen Gasumgebungen von CL-Prozessen unerlässlich. Diese Erkenntnisse können die Materialentwicklung und Synthesen unterstützen, damit Sauerstoffträger

den hohen Temperaturen, erheblichen thermischen Wechselbelastungen, ständigen Phasenübergängen und dem mechanischen Abrieb standhalten. Eine genaue Charakterisierung und das Verständnis der einzelnen Partikeln bis hin zum vollständigen Reaktorsystem ist notwendig und fließt im Rahmen des Projekts in eine Computational Fluid Dynamics (CFD)-Modellierung. Darauf aufbauend soll ein CFD-basiertes Multiphysikmodell für CL-Technologien entwickelt und validiert werden. Die Systemintegration der Technologie wird weiters durch experimentelle Untersuchungen im Labormaßstab vorangetrieben. Unter anderen Anlagen kommt dabei ein Pilotreaktor an der TU Wien, der als Zweibettwirbelschicht im Größenmaßstab von 80 kWth ausgeführt ist, zum Einsatz. Die daraus gewonnen Erkenntnisse über Prozessbedingungen, Ascheverhalten und Brennstoffverunreinigungen (N, S, Cl) kombiniert mit der Simulation des Prozesses resultieren in fundierten Erkenntnissen über Betriebsparameter und Bettmaterialmanagement.

Projektergebnisse

Im Rahmen des Projekts konnten bereits wichtige Erkenntnisse zum kinetischen Verhalten und zur Charakterisierung der wichtigsten Sauerstoffträger gewonnen werden. Dadurch wurden bereits Syntheserouten optimiert und vollständig neue Sauerstoffträger basierend auf natürlichen Erzen entwickelt. Diese weisen vielversprechende Eigenschaften auf und werden im Pilotmaßstab produziert, um deren Eignung unter realen Bedingungen zu untersuchen. Die Untersuchungen zur Reaktionskinetik werden zur Parametrisierung eines Modells verwendet, welches in weitere Folge mit CFD-Simulation in Wirbelschicht verbunden werden soll. Die Verwendung eines hybriden Euler-Lagrange Ansatzes (DDPM, ANSYS Fluent) erlaubt die Verfolgung einzelner Partikel anhand der Trajektorien, wobei akzeptable Rechenzeiten erreicht werden können, siehe Abbildung 9.

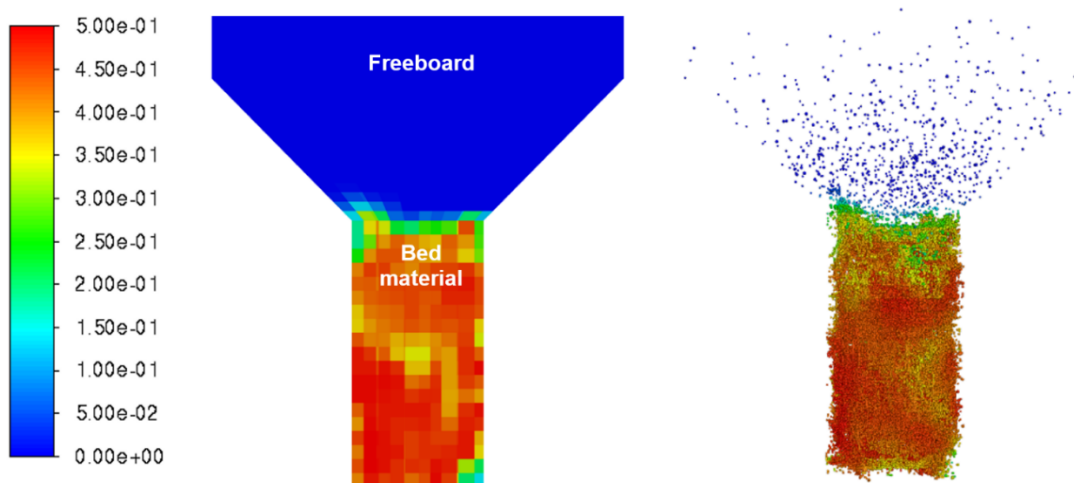


Abbildung 9: Volumenanteil der Partikel-Phase im Wirbelschichtreaktor. Eulersche Betrachtung (links) und Lagrange Betrachtung (rechts). Arbeitsgruppe „Nachhaltige, saubere und Bioenergiesysteme“, IWT, TU Graz.

Ergänzt werden die Daten durch den experimentellen Betrieb in der 80 kW Pilot-Anlage. Die bisherigen Experimente zeigen den signifikanten Einfluss der Temperatur, der Auswahl des Sauerstoffträgers und des Umlaufes an Bettmaterial in der Pilot Anlage. Bei geeigneter Parameterwahl

wurde eine Verbrennungseffizienz von 99.6% und damit nahezu komplette Umwandlung des Brennstoffes zu CO₂ erreicht. Weitere Untersuchungen zeigten, dass leichte Adaptierungen des Reaktordesigns oder das Beimischen von Additiven zum Sauerstoffträger, die Umwandlung verbessern kann. Im folgenden Projektverlauf werden zusätzlich unterschiedliche Sauerstoffträger untersucht sowie Ergebnisse aus Simulation, Kinetik und experimentelle Untersuchung zusammengeführt. Die resultierende Systemintegration führt zu einer Scale-up und techno-ökonomischer Studie, welche die Wirtschaftlichkeit der Technologie bestätigen soll.

Kontakt:

benjamin.fleiss@tuwien.ac.at

Publikationen:

10.1016/j.fuproc.2022.107249

10.1016/j.fuel.2022.126816

10.1016/j.combustflame.2023.112940

10.1080/09593330.2022.2073272

Partner:

BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH (BEST), TU Wien, TU Graz; National Institute of Chemistry; Spanish National Research Council; Chalmers University of Technology; Rouge H2 Engineering GmbH; AVL List GmbH; Aichernig Engineering GmbH; Christof Project GmbH; SW-Energie Technik GmbH; TG Mess-, Steuer- und Geotechnik GmbH; Rohkraft - Ing. Karl Pfehl GmbH

5.3 Projekt „CarbonNeutralLNG“

Förderprogramm: HORIZON EUROPE

Projektdauer: Nov 2022- Okt 2025

Kontakt: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christoph Pfeifer, BOKU, Email: christoph.pfeifer@boku.ac.at

Einleitung

Am 1. November 2022 startete das von der EU finanzierte Horizon Europe Projekt "CarbonNeutralLNG" unter der Koordination der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg. Neben der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) sind auch die Karl-Franzens Universität Graz, die BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH und die Dieffenbacher Energy GmbH aus Österreich im Projektkonsortium vertreten. Der Fokus des innovativen Forschungsprojekts liegt auf der Entwicklung und Erprobung der Herstellung von flüssigem synthetischem Methan aus Biomasse und erneuerbarem Strom.

CarbonNeutralLNG zielt darauf ab, die kostengünstige und kohlenstoffeffiziente Nutzung von Biomasse voranzutreiben, um fossile Dieselmotoren weltweit durch erneuerbares 'electricity enhanced bioLNG' zu ersetzen. Der Transport im Schiffs- und Schwerlastverkehr wird zunehmend von flüssigen Energieträgern mit geringem Kohlenstoffgehalt wie Flüssigerdgas aus Biomasse abhängen. Niedrige Kosten für erneuerbaren Strom, effiziente Nutzung der endlichen Ressource Biomasse, sowie eine reduzierte Prozesskomplexität werden die Haupttreiber für geringere Produktionskosten und eine erhöhte Kohlenstoffeffizienz der BioLNG-Synthese sein. Die Leitgrafik des Projekts wird in Abbildung 10 gezeigt.

Projektergebnisse

An der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) liegt der Fokus der Untersuchungen auf der thermochemischen Umwandlung von Biomasse in einem Mehrbett-Wirbelschichtsystem, wobei erstmals die elektrische Beheizung dieses Gaserzeugersystems untersucht wird (Sorption enhanced e-gasifier). Als Bettmaterial wird Kalkstein verwendet. Die anderen Prozessschritte und weitere Inhalte (vgl. Abbildung 10) werden überwiegend von Projektpartnern vorangetrieben.

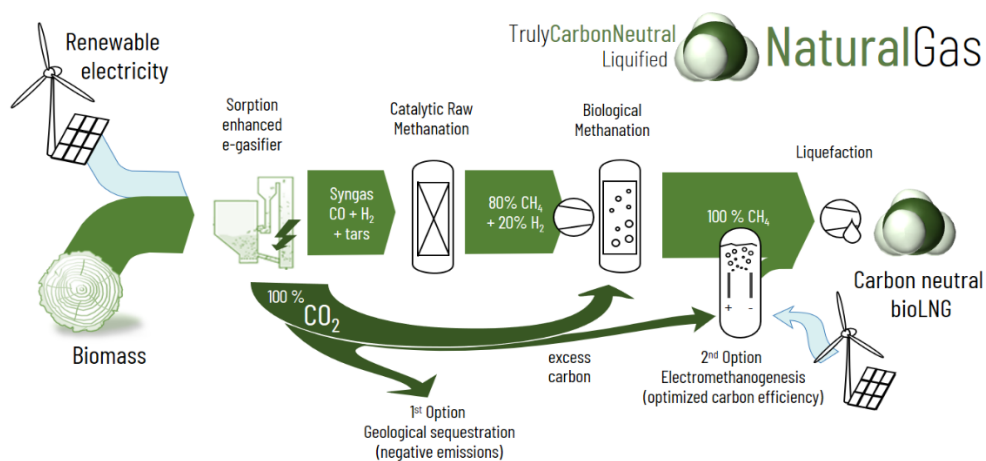


Abbildung 10: Elektrifiziertes Biomass-to-LNG-Verfahren und die wichtigsten Innovationen des CarbonNeutralLNG-Projekts.

Die Produkte aus diesem mehrstufigen Reaktorsystem sind zwei separate Gasströme: (1) Synthesegas mit einem Wasserstoffanteil von bis zu 70 vol.% und (2) hochreines CO₂. Durch geeignete Wahl der Betriebstemperaturen kann der Kalk zyklisch gebrannt und regeneriert werden, um somit CO₂ aus dem Synthesegasstrom in den CO₂-Gasstrom zu transportieren. Das hochreine CO₂ kann zur Sequestrierung genutzt werden, um einen nicht nur CO₂-neutralen, sondern sogar CO₂-negativen Prozess darstellen zu können. Andernfalls kann der Kohlenstoff des CO₂ auch genutzt werden, um eine größere Menge an BioLNG produzieren zu können. Im ersten Projektjahr lag der Fokus der BOKU vor allem auf der Prozesssimulation sowie fluiddynamischen Untersuchungen des Mehrbett-Wirbelschichtsystems mittels eines skalierten Kaltmodells. Abbildung 11 zeigt Fotos der an der BOKU errichteten Forschungsanlage. In weiterer Folge, soll eine Technikumsanlage geplant und installiert werden, um auch die chemische Funktionalität experimentell überprüfen und optimieren zu können.

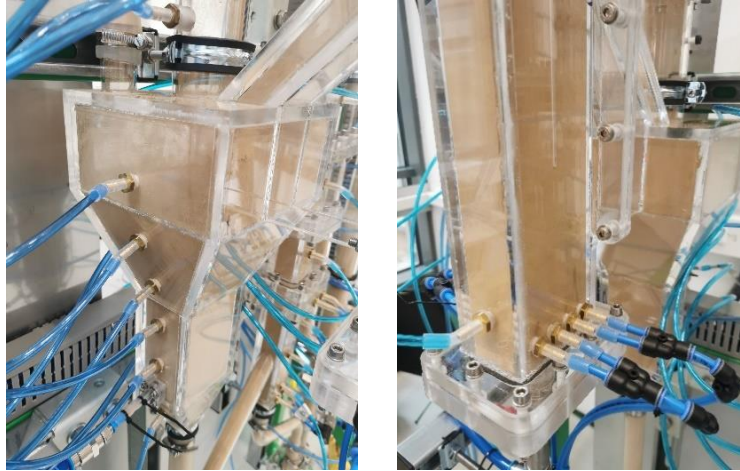


Abbildung 11: Kaltmodell für fluiddynamische Untersuchungen der strom- und sorptionsgestützten Biomasse Reformierung an der BOKU

Durch die vorgeschlagenen Innovationen soll der Kohlenstoffnutzungsgrad im Gesamtprozess von derzeit 36 % auf über 90 % erhöht werden. Die Integration von erneuerbarem Strom maximiert die Methanproduktion aus einer bestimmten Menge Biomasse um den Faktor 2 und vereinfacht die Umwandlungsprozesse. Ein weiteres wesentliches Ziel des Projektes besteht darin, die Produktionskosten für erneuerbares Flüssigmethan durch die vorgeschlagenen technischen Innovationen zu senken.

Kontakt:

christoph.pfeifer@boku.ac.at

Projekthomepage:

<https://www.carbonneutralng.eu>

Partner:

Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg (Koordinator),
National Technical University of Athens,
Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Verfahrens- und Energietechnik,
Electrochaea,
RINA Consulting S.p.A.,
Universität Graz,
Ludwig-Maximilians-Universität München,
BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH,
Baltic Energy Innovation Centre,
KN Energies,
Dieffenbacher Energy GmbH.

5.4 Projekte „ReGas4Industry“ und „ADORE-SNG“

Förderprogramm: Energieforschungsprogramm 5. / 6. Ausschreibung

Projektdauer: 2019-2021 / 2021-2024

Kontakt: Dipl.-Ing. Alexander Bartik, TU Wien, Email: alexander.bartik@tuwien.ac.at

Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojekts „ReGas4Industry“ wird ein Verfahren zur Herstellung hochwertiger, synthetischer Sekundärenergieträger, insbesondere erneuerbarem Erdgas (SNG, synthetic natural gas), aus biogenen Festbrennstoffen erforscht, um fossile Energieträger in der Industrie zu ersetzen. Das Hauptziel besteht darin, ein innovatives Verfahren zu entwickeln, das Sekundärenergieträger effizient bereitstellen und gleichzeitig erhebliche CO₂-Einsparungen bei wirtschaftlich attraktiven Bedingungen ermöglichen soll. Im Gegensatz zum aktuellen Stand der Technik, der auf die Nutzung hochwertiger und teurer Holzhackschnitzel setzt, konzentriert sich dieses Projekt auf die Verwertung biogener Rest- und Abfallstoffe. Dadurch wird nicht nur das Konzept der Kreislaufwirtschaft gestärkt, sondern auch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens durch die Verwendung kostengünstiger Rohstoffe verbessert. Um diesen Prozess effizient darzustellen, wird die Zweibettwirlschicht-Gaserzeugung (DFB, dual fluidized bed) mit nachfolgender Gasreinigung und katalytischer Methansynthese im Wirbelschichtverfahren eingesetzt (siehe Abbildung 12).

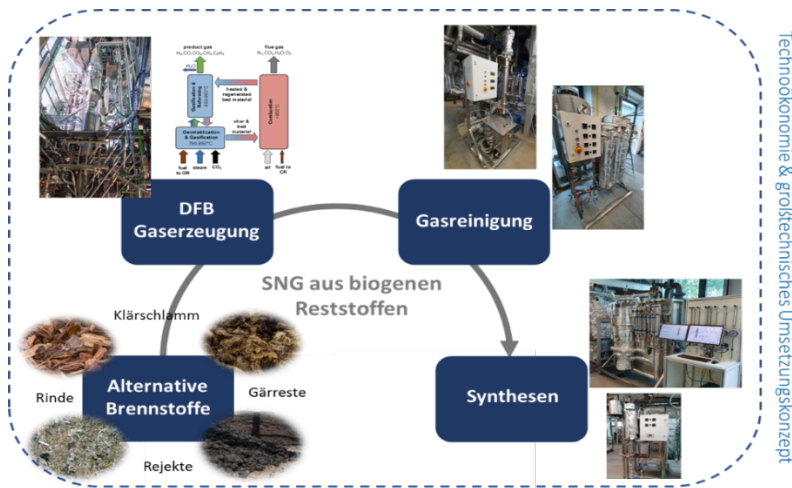


Abbildung 12: Konzept des Projekts ReGas4Industry

Im Rahmen des Folgeprojekts „ADORE-SNG“ wurde die ganzheitliche Prozessoptimierung, die Entwicklung eines umfassenden Regelungs- und Automatisierungskonzepts sowie das Potenzial der Digitalisierung der Technologie erforscht. Das Projekt umfasst die Erstellung eines Digital Twins (siehe Abbildung 13) der Anlage. Dieser erhält Live-Daten aus der Versuchsanlage und kann über Simulationsmodelle historische und aktuelle Anlagenzustände darstellen sowie zukünftige Entwicklungen vorhersagen. Zusätzlich wurden modellprädiktive Regler für die automatisierte Steuerung und Regelung der SNG-Prozesskette entwickelt, welche ebenfalls auf die Ergebnisse dieser Berechnungen zurückgreifen. Die Entwicklung eines Konzepts zur großtechnischen Umsetzung

wurde in beiden Projekten untersucht und ermöglicht, über technoökonomische und ökologische Untersuchungen, Aussagen zur industriellen Anwendbarkeit dieses Verfahrens.

Projektergebnisse

Untersuchungen an der 100 kW DFB-Pilotanlage der TU Wien haben gezeigt, dass die Gaserzeugung aus verschiedenen Reststoffen wie Rinde, Lignin, Klärschlamm und Gärresten technisch machbar ist. Rinde weist dabei aus technisch-operativer Sicht die besten Eigenschaften auf und bietet gleichzeitig durch das große Aufkommen das größte Substitutionspotential für fossiles Erdgas. Klärschlamm ist durch seinen negativen Preis ökonomisch gesehen ein interessanter Kandidat, das Potential ist allerdings stark begrenzt, und eine großtechnische Verwertung ist daher nur in Ballungszentren sinnvoll. Trotz Rest-CO₂-Emissionen (z.B. aus dem teilweise fossilen österreichischen Strommix) ergibt sich ein beträchtliches CO₂-Einsparungspotenzial im Vergleich zu fossilem Erdgas.

Die Methan-Synthese wurde in einer neuartigen einstufigen Wirbelschichtapparatur mit einem eigens entwickelten Katalysator erfolgreich durchgeführt. Neben der Wirbelschicht-Methanierung wurden auch Gasreinigungsapparate konzeptioniert und gebaut. Dies ermöglicht den Betrieb der gesamten Prozesskette vom Reststoff bis zum Roh-SNG im Technikum der TU Wien. Zwei umfangreiche Versuchskampagnen demonstrierten erfolgreich die Roh-SNG Produktion von Live-Gas aus der direkt davor geschalteten 100 kW DFB-Gaserzeugungsanlage. Neben dem DFB-Betrieb konnte im Zuge dieser Versuche die gesamte Prozesskette auch in Kombination mit dem SER-Prozess (engl.: sorption enhanced reforming) betrieben werden. Durch diese einzigartige Kombination konnte der CH₄-Gehalt im Roh-SNG wesentlich erhöht und der Rest-CO₂-Gehalt deutlich gesenkt werden.

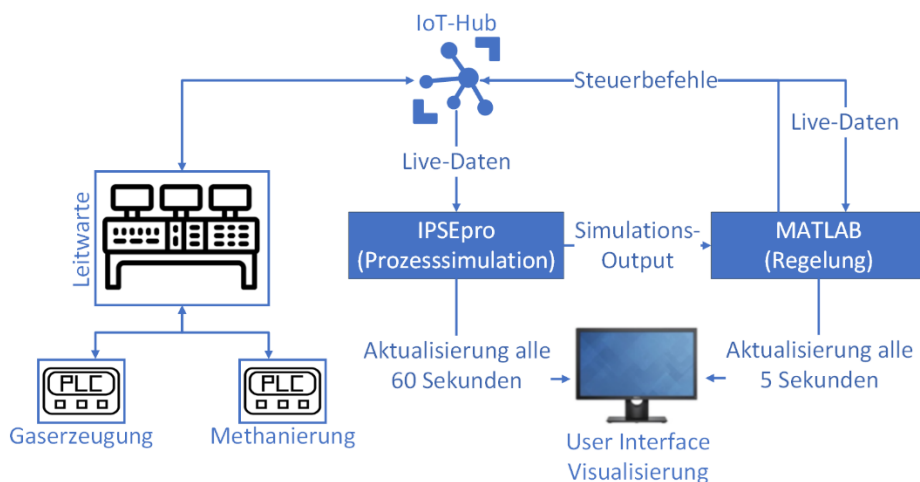


Abbildung 13: Implementierungskonzept für den Digital Twin

Durch technische Aufrüstung der Anlage und Entwicklung von Simulationsmodellen und Reglern konnte der Digital Twin realisiert werden. Erste Versuchsläufe zeigten, dass Prozessschwankungen

reduziert und die Effizienz gesteigert werden konnte, während die Anlagenfahrer entlastet wurden. Die Anwendbarkeit der F&E-Ergebnisse auf großtechnische Anlagen wurde mittels Messdaten einer 1 MW DFB-Gaserzeugungsanlage von BEST untersucht, wobei gezeigt wurde, dass der Digital Twin auch in einer Großanlage mit geringfügigen Anpassungen eingesetzt werden könnte. Allerdings muss dies noch im Feld demonstriert und validiert werden.

Kontakt:

alexander.bartik@tuwien.ac.at

Publikationen:

10.1007/s13399-020-00910-y

10.1016/j.fuproc.2022.107402

10.1007/s13399-023-04341-3

10.1016/j.energy.2022.126378

Partner:

ReGas4Industry: TU Wien, SMS group Process Technologies GmbH, Energy & Chemical Engineering GmbH; ADORe-SNG: TU Wien, Zühlke Engineering (Austria) GmbH, BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH, Verto Engineering GmbH

Weitere Informationen:

<https://projekte.ffg.at/projekt/3862075>

<https://energieforschung.at/projekt/gase-aus-regenerativen-reststoffquellen-fuer-die-industrie/>

5.5 Projekt „Thermochemische CO₂-Umwandlung mit Biomasse zu Produktgas“

Förderprogramm: Doktoratskolleg CO₂Refinery (TU Wien)

Projektdauer: 2021-2025

Kontakt: Dipl.-Ing. Florian Johann Franz Müller, TU Wien, Email: florian.johann.mueller@tuwien.ac.at

Einleitung

Das Projekt „Thermochemische CO₂-Umwandlung mit Biomasse zu Produktgas“ ist ein Subprojekt des Doktoratskollegs CO₂Refinery an der TU Wien. Die Verwendung fossiler Rohstoffe durch die Menschheit trägt zweifellos erheblich zur globalen Erwärmung bei. Kohlenstoffabscheidungs- und -nutzungstechnologien (CCU) sind vielversprechend für die Defossilisierung, da die CO₂-Emissionen aus der Verwendung von CCU-Produkten durch die frühere Kohlenstoffaufnahme im Prozess ausgeglichen werden können, z. B. durch den Einsatz von CO₂ als Kohlenstoffquelle, das durch Abscheidung aus der Luft gewonnen wurde. Biomassevergasung mit CO₂ als Oxidationsmittel ist ein solcher CCU-Prozess. Das Produkt ist ein kohlenmonoxidreiches Gas, das mit CO₂-neutralem Wasserstoff als Ausgangsstoff kombiniert werden kann, um Massenchemikalien wie Ameisensäure,

Methanol oder Dimethylether herzustellen. Alternativ könnte das erzeugte Gas als Energieträger oder Reduktionsmittel in der Schwerindustrie verwendet werden, z. B. bei der Roheisen-Erzeugung über im Direktreduktionsverfahren. Aufgrund von prozesstechnischen Vorteilen wie zum Beispiel guter Wärmeverteilung und -transport sind Wirbelschichtprozesse für Vergasungsverfahren mit H₂O als Oxidationsmittel an der TU Wien inzwischen seit mehreren Jahrzehnten etabliert. Diese Vorteile bestehen auch für dieses neuere Forschungsgebiet rund um die Nutzung von CO₂ als Rohstoffquelle.

Projektergebnisse

Das Konzept der Doktoratsschule CO₂Refinery sieht verschiedene Tätigkeits- und Disseminationsformen vor. Kürzlich veröffentlicht wurde eine Arbeit in einer Fachzeitschrift, die sich mit den Prozessparametern für ideale CO₂-Umwandlung auseinandersetzt [5]. Das Wissen über Biomassevergasung mit CO₂ wurde erweitert, indem experimentelle Parameter untersucht wurden, die die CO₂-Umwandlung in einem solchen System beeinflussten. Diese wurden kombiniert, um eine effektive Umwandlung zu demonstrieren. Holzkohle und CO₂ wurden in 53 halbkontinuierlichen Experimenten einem Labormaßstab-Vergaser im Wirbelschichtbetrieb zugeführt. Sechs experimentelle Parameter wurden variiert: Temperatur, Bettmaterialtyp, Anfangsverhältnis von Bett zu Brennstoff, anfängliche Brennstoffbeladung im Reaktor, Zufuhr von CO₂ und Brennstoffpartikelgröße. Die Ergebnisse wurden in einem halbempirischen Modell auf der Grundlage von Reaktionskinetik zusammengefasst. Hohe Temperaturen und lange Kontaktzeiten zwischen Brennstoff und Gas waren günstig für eine erhöhte CO₂-Umwandlung, wobei letztere durch hohe anfängliche Brennstoffbeladungen im Reaktor und niedrige Zufuhr von Gas erreicht wurden. Die Wahl von Olivin anstelle von Quarzsand als Bettmaterial führte ebenfalls zu höheren CO₂-Umwandlungen. Die höchste CO₂-Umwandlung, die in diesem Papier demonstriert wurde, betrug 86,1 %. Bei diesem Experiment wurde ein Gas mit 82,75 % CO, 10,01 % H₂ und 5,90 % CO₂ (stickstofffrei und trocken) erzeugt.

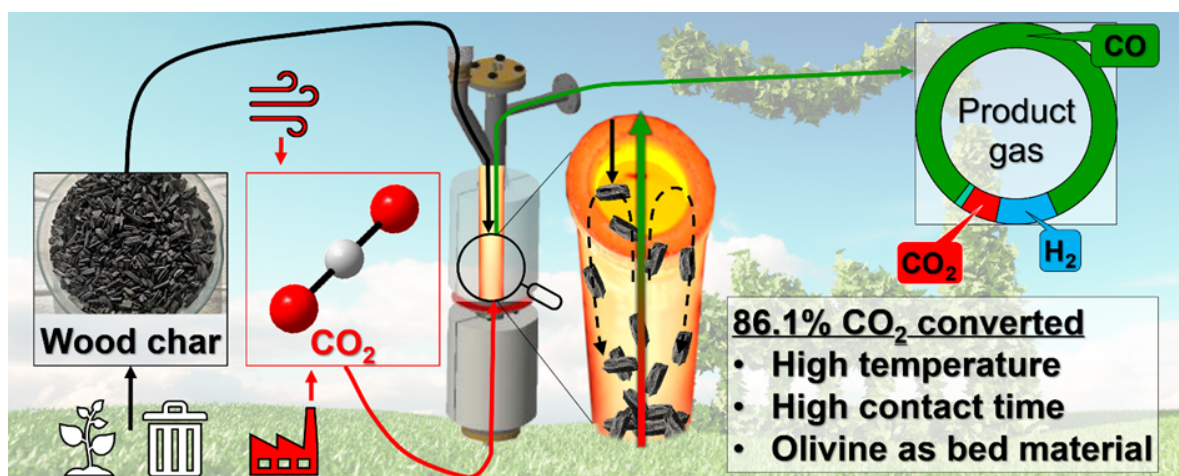


Abbildung 14: Thermochemische CO₂-Umwandlung mit Biomasse zu Produktgas im Labormaßstab. Abbildung aus [5]

Gegenstand weiterer Forschung auf diesem Gebiet sind die Übertragung der Ergebnisse in einen kontinuierlichen Betrieb sowie das Testen weiterer Brennstoffe und Betriebsparameter. Außerdem werden die gewonnenen Ergebnisse im Rahmen verschiedener Messmethoden und Prozesssimulationen weitergehend untersucht, um die Anwendung dieser Technologie in einem größeren Maßstab bewerten zu können.

Kontakt:

florian.johann.mueller@tuwien.ac.at

Publikation:

10.1016/j.jcou.2024.102706

Partner:

Technische Universität Wien, ArcelorMittal Global R&D Spain

5.6 Projekt „BioHEAT“

Förderprogramm: ERA-NET

Projektdauer: April 2023 – September 2025

Kontakt: Dipl.-Ing.in Miriam Huber, BEST-Research, Email: miriam.huber@best-research.eu

Einleitung

Die Wärmeerzeugung in der Großindustrie (Stahlerzeugung, Zementherstellung usw.) ist derzeit überwiegend von fossilen Brennstoffen abhängig. Das Ziel der Europäischen Union, bis 2050 klimaneutral zu sein, erfordert eine Umstellung der Wärmeerzeugung in den nächsten Jahrzehnten. Gleichzeitig baut die Etablierung von Bioraffinerien auf Basis von Opportunity Fuels, also Brennstoffen die niedrige bis negative Kosten verursachen, auf Technologien auf, die zum Teil bereits im Pilot- und Demonstrationsmaßstab verfügbar sind. Damit ist eine Realisierung solcher Prozessketten bereits innerhalb des nächsten Jahrzehnts möglich. Ziel des Projektes ist die Untersuchung bio-basierter Opportunity Fuels in der Dual Fluidized Bed (DFB) Dampfgaserzeugung und die weitere Optimierung des Prozesses durch gezieltes Betriebsmonitoring zur Erzeugung eines brennbaren Produktgases. Das Prinzip der DFB-Technologie ist die Trennung von endothermen Gaserzeugungsreaktionen und exothermer Verbrennung. Als Fluidisierungsmittel für das Wirbelbett im Gaserzeugungsreaktor wird Dampf verwendet. Die schnelle Fluidisierung im Verbrennungsreaktor wird durch den Einsatz von Luft realisiert. Ein Teil der entgasten Biomasse wird verbrannt, um die für die Gaserzeugung notwendige Wärme bereitzustellen. Durch den mittleren Heizwert des Produktgases von 12 – 14 MJ/kg ist eine Substitution von fossilen Gasen wie Erdgas möglich, wobei die bestehende Infrastruktur genutzt werden kann.

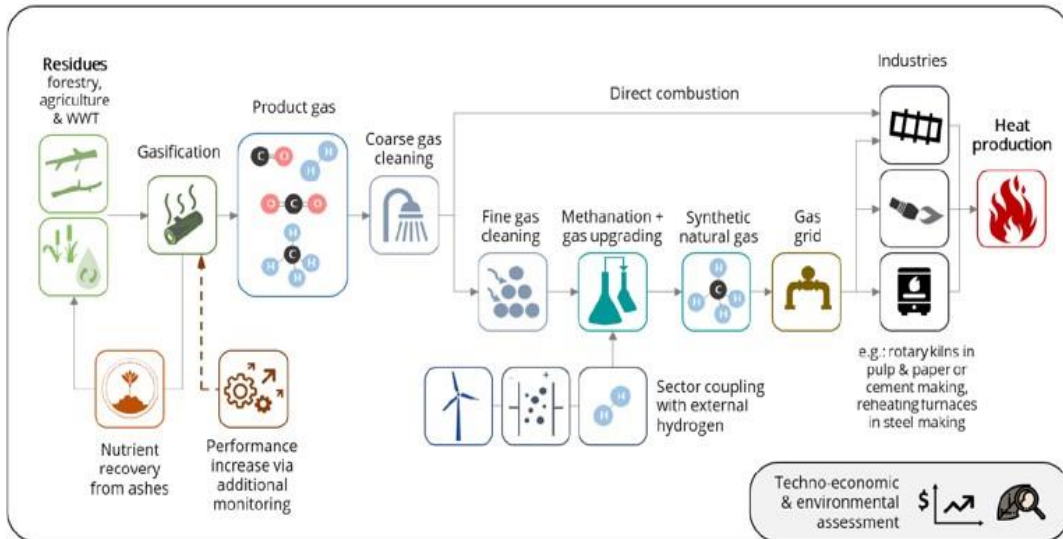


Abbildung 15: BioHEAT Prozesskette

Darüber hinaus wird die Erzeugung von BioSNG auf Basis des Produktgases mit dem Fokus auf einen stabilen, last- und rohstoffflexiblen Betrieb angestrebt. Dies führt zu einem technischen und ökologischen Proof-of-Concept der gesamten Prozesskette.

Projektergebnisse

Im Zuge des Projekts wird der technologische Nachweis für die Dual Fluidized Bed (DFB) - Gaserzeugung vom Pilot- bis zum 1 MW-Maßstab mit biobasierten Opportunity Fuels erbracht und die Technologie von TRL 4 auf TRL 6 angehoben. Auf Basis einer Potential- und Verfügbarkeitsanalyse wurden Altholz und Maisspindel als Einsatzstoff gewählt, die nach Versuchen auf der 100 kW DFB-Pilotanlage der TU Wien im Herbst 2024 auf der 1 MW DFB-Demonstrationsanlage getestet werden. Abbildung 16 präsentiert das Reakordesign der 1 MW Anlage, das auf Basis der Erfahrung der 100 kW Anlage gebaut wurde.

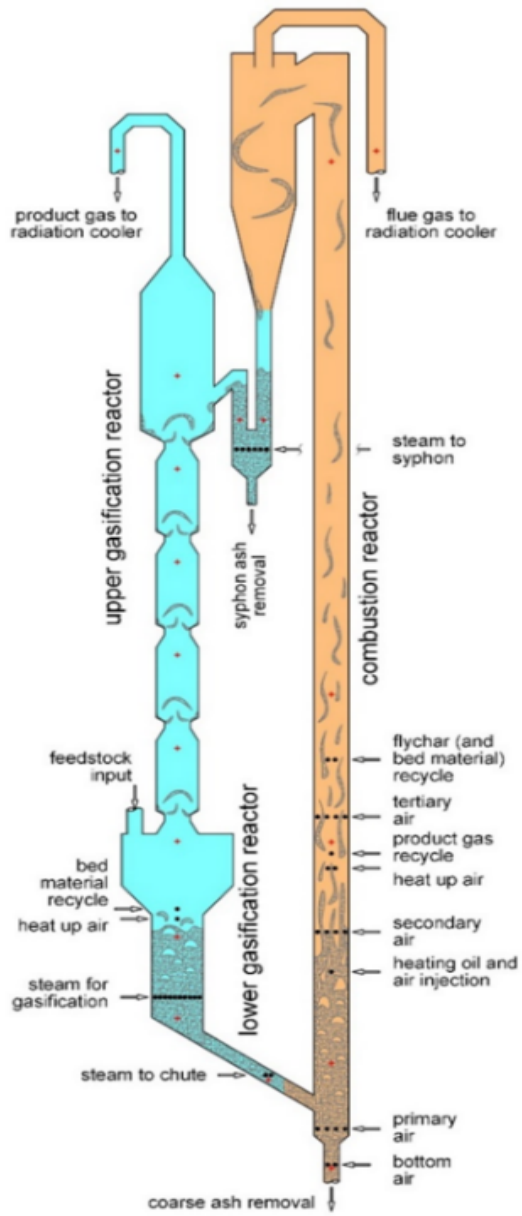


Abbildung 16: Reaktordesign der 1 MW Demonstrationsanlage der BEST GmbH

Das Produktgas wird in weiterer Folge zwei neuartigen Methanierungstechnologien zugeführt, um die bioSNG Prozesskette zu betreiben: einer katalytischen Methanierung, bestehend aus zwei aktive gekühlten, polytropen Festbettreaktoren mit Zwischenkühlung (Montanuniversität Leoben) und Wirbelschichtmethanierung (TU Wien).

Zusätzlich wird an der Jagiellonian University Krakow eine Online-Messung für Teere entwickelt, die an die Eigenschaften des DFB Produktgases angepasst ist. Diese wird im Zuge der Versuchskampagnen an den Anlagen getestet und ermöglicht eine verbesserte Leistungsüberwachung des Prozesses.

Kontakt:

miriam.huber@best-research.eu

Partner:

BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH (Koordinator)

Technische Universität Wien

Montanuniversität Leoben

Wien Energie

Energy and Chemical Engineering GmbH

Jagiellonian University Krakow

Danex

5.7 Projekt „FT4Industry“

Projekttitel: FT bio refinery for industrial applications

Förderprogramm: COMET - Competence Centers for Excellent Technologies

Projektdauer: 2019-2023

Kontakt: Dr. Gerald Weber, BEST-Research, Email: gerald.weber@best-research.eu

Dr. Stefan Arlt, BEST-Research, Email: stefan.arlt@best-research.eu

Einleitung und Ziele

Der Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten bei der Fischer-Tropsch (FT) Synthese liegt auf der Herstellung fortschrittlicher Biokraftstoffe. FT-Diesel und Kerosin sind hochwertige Biokraftstoffe mit ausgezeichnetem Verbrennungsverhalten und durch Verwendung von Standardraffinerieverfahren können die Kraftstoffeigenschaften noch weiter verbessert werden.



Abbildung 17: Kerze aus Fischer-Tropsch Biowachs (Beispielhaft für die industrielle Anwendung)

Problematisch und hinderlich für den Markteintritt von FT-basierten Kraftstoffen sind die hohen Produktionskosten (~ mehr als 1 EUR pro Liter), der niedrige Rohölpreis und damit verbunden die maximal erreichbaren Preise für die fortschrittlichen Biokraftstoffe.

Ein weiterer vielversprechender Anwendungsbereich der FT-Produkte liegt im Bereich der chemischen Industrie. Beispielsweise sind Alpha-Olefine aus der flüssigen FT-Produktfraktion für Polymerisationsreaktionen verwendbar, die flüssige FT-Fraktion ist in der Pharma-/Kosmetikindustrie verwendbar und die FT-Wachse können in Abhängigkeit von der Kettenlänge sowie Molekülstruktur in den Bereichen Pharma-, Kosmetik-, Gummi- oder Klebstoffindustrie eingesetzt werden. Die Verwendung von biobasierten FT-Produkten in der Industrie (insbesondere im Bereich der pharmazeutische sowie Kosmetikindustrie) ist mit strengen Qualitätsanforderungen verbunden.

Aus den vorgehenden Ausführungen wurden folgende Hauptziele des gegenständlichen Forschungsprojekts abgeleitet:

- Die weitere Verbesserung der Produkttrennung und Fraktionierung
- Die Konzeptionierung eines erprobten Trennsystems für Katalysatorpartikel
- Die weitere Valorisierung und Steigerung der FT-Produkte, durch Verschiebung des Produktspektrums
- Die wirtschaftliche Bewertung der Raffinerie für erneuerbaren Kohlenstoff für die chemische Industrie
- Sowie ein Pre-Basic Engineering einer FT-Anlage im Demo-Maßstab

Ergebnisse

Im Rahmen der Forschungsprojekts konnten folgendes Kernergebnis erzielt werden.

Die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts haben gezeigt, dass die Abtrennung der Katalysatorpartikel über das reaktorinterne Filtersystem schon sehr gute Ergebnisse erzielt. Um den Anforderungen der pharmazeutischen Industrie vollends gerecht zu werden, muss das FT-Wachs jedoch weiter aufgereinigt werden. Dazu wurden verschiedene Trennsystem für die Abtrennung der Katalysatorfeinstpartikel untersucht und für die vielsprechendes Möglichkeit ein Teststand gebaut, der es erlaubt mehr als 1 barrel pro Tag an FT-Produkten zu reinigen.

Untersuchungen des Produktspektrums haben gezeigt, dass sowohl die sehr kurzkettige Produktfraktion (im speziellen davon der Olefinanteil) als auch der Anteil über C20 ökonomisch hoch interessant sind. Die Optimierung beider Fraktionen ist aufgrund des gegensätzlichen Charakters (kurz vs. langkettiges FT-Produkt) über einen gemeinsamen Prozess nur schwer möglich. Es wurden dabei auch verschiedene Varianten der Prozessgestaltung untersucht. Eisenkatalysatoren ermöglichen die Bereitstellung von FT-Produkten mit einem hohen Anteil an Olefinen, wobei das erzielte Alpha (Kennzahl für die Kettenlängenverteilung) deutlich unter den Werten von auf Cobalt-basierenden Katalysatoren liegt (0,8 bei Eisen-Katalysatoren vs 0,9 bei Cobalt-Katalysatoren). Im Rahmen des Projekts wurden erste Aktivitäten gestartet, um einen neuartigen Katalysator auf Eisenbasis zu untersuchen, der ein hohes Alpha erzielt (über 0,8) sowie eine direkte Umsetzung von CO₂ ermöglicht. Die Arbeiten werden im Folgeprojekt Green Fuel and Chemicals im Rahmen des CO-MET Programms fortgeführt.

Neben der Abtrennung von Katalysatorpartikeln sowie der Untersuchung des Produktspektrums lag ein weiterer Schwerpunkt der Forschungsarbeiten auf der Konzeptionierung eines Demomaßstabs sowie der wirtschaftlichen Untersuchung verschiedener Produktionswege in Abhängigkeit vom eingesetzten Feedstock (Biomasse, Reststoffe und CO₂). Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung konnte gezeigt werden, dass Produktionskosten von unter 1 EUR/Liter auch bei dezentralen, kleinen bis mittleren, Anlagengrößen (im Bereich von 17-33 kt pro Jahr an Produktionskapazität) möglich sind.

Kontakt:

gerald.weber@best-research.eu

stefan.arlt@best-research.eu

Partner:

BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH (BEST), TU Wien, Bilfinger Bohr- und Rohrtechnik GmbH, Aichernig Engineering GmbH, Hansen & Rosenthal Ölwerke Schindler GmbH, RWE Power AG

Projektwebsite:

https://best-research.eu/de/kompetenzbereiche/bioraffinerien/syngasplattform_technologien/projekte/view/596

5.8 Projekt „Green Fuel and Chemicals (GFC)“

Projekttitlel: Green Fuel and Chemicals

Förderprogramm: COMET - Competence Centers for Excellent Technologies

Projektdauer: 2023-2027

Kontakt: Dr. Gerald Weber, BEST-Research, Email: gerald.weber@best-research.eu

Einleitung

Die Erzeugung von Synthesegas und die nachgelagerte Produktion von Treibstoffen und Chemikalien über Syntheseprozesse stellt eine vielversprechende technologische Kombination dar, die maßgeblich zu einer Defossilisierung der Sektoren der Energiewirtschaft, des Transportwesens und der chemischen Industrie beitragen kann. Dabei stellt im speziellen die Bereitstellung von erneuerbaren Flugkraftstoff (SAF) ein Schlüsselement dar, um den CO₂-Fussabdruck des Trantsortsektors wesentlich zu verringern. Im Rahmen vom COMET Projekt Green Fuel and Chemicals kommen zwei technologische Pfade zum Einsatz: Die Fischer-Tropsch- und die Alkoholsynthese. Beide Verfahren können je nach Katalysator und eingesetzten Prozessparametern Synthesegas (durch Gaserzeugung), eSynthesegase (aus der Elektrolyse) sowie H₂ und CO₂ direkt am Katalysator (Eisenkatalysator bei der FT-Synthese notwendig) umsetzen.

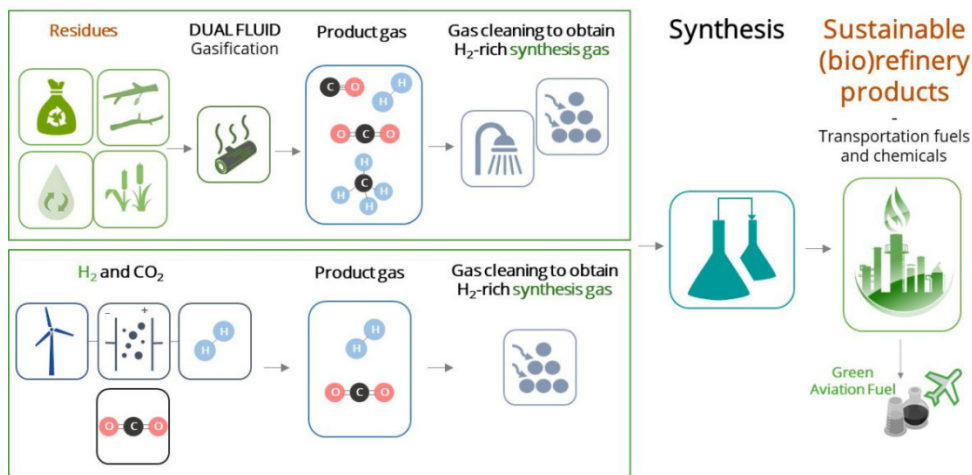


Abbildung 18: Konzeptfließbild Green Fuel and Chemicals

Fischer-Tropsch-Synthese (FTS):

Die Umwandlung von H₂- und CO in eine breite Produktpalette mit Kohlenwasserstoffkettenlängen von C₁ bis zu mehr als C₆₀ wird mithilfe eines Slurry Bubble Column Reactor (SBCR) erzielt. In diesem SBCR sind die Katalysatorteilchen in einer flüssigen Wachphase suspendiert, und die Gasblasen, die von unten über eine Gasverteilerplatte in den SBCR eintreten, halten den Katalysator in Schwebelage. Das gute Mischverhalten innerhalb des Reaktors führt zu hohen CO-Umsetzungsraten als auch zu hohen Wärmeübertragungsraten, wodurch isotherme Bedingungen entlang des Reaktors erreicht werden. Die SBCR-Technologie wurde im Jahr 2016 auf einen Pilotmaßstab weiter vergrößert, um ein Fass (~159 Liter) pro Tag an FT-Produkten zu erhalten. Im Jahr 2021 startete

der Projektpartner KIT seine Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der direkten CO₂-Nutzung über die FT-Synthese.

Methanol (Alkohol) Synthese:

BEST und die TU Wien haben von 2010 bis 2016 auf dem Gebiet der Gemischten Alkoholsynthese geforscht und dabei Kenntnisse über den Aufbau, die Inbetriebnahme und den Betrieb einer alkoholbasierten Syntheseanlage gesammelt. Als Versuchsaufbau dienten eine einfache Gasreinigungsstrecke (hauptsächlich bestehend aus Gaswäschern und/oder Dampfreformierungsanlage) und einem Festbettauflagerreaktor mit angeschlossener Produktabscheidung.

Gaserzeugung mit Reststoffen:

Im Jahr 2021 begann BEST mit eigenen Forschungsaktivitäten im Bereich der Vergasung von Reststoffen und Abfallfraktionen unter Verwendung der neuesten verfügbaren DFB-Gaserzeugungstechnologie, die vom wissenschaftlichen Partner TU Wien entwickelt wurde.

Zusammenführung im Forschungsprojekt

Das COMET-Forschungsprojekt zielt darauf ab, diese innovativen Technologien (Gaserzeugung aus Reststoffen, Fischer-Tropsch Synthese mit einem SBCR und die Alkoholsynthese) in einem Projekt zu kombinieren, um die Grundlage für die Einführung von synthetischem paraffinhaltigem Kerosin (SPK) zu schaffen. Nebenprodukte wie z.B. Olefine, Wachse und Alkohole können als Einsatzstoffe in der chemischen Industrie verwendet werden und somit die Rentabilität der gesamten Prozesskette weiter erhöhen.

Aus den vorgehenden Ausführungen wurden folgende Hauptziele für das gegenständliche Forschungsprojekts abgeleitet:

- Untersuchung der wirtschaftlichsten Option bzw. Weges für die Herstellung von SAF und Chemikalien (unter Verwendung von Biomasserückständen, Abfällen, CO₂ oder einer Kombination davon)
- Die Bestimmung technisch geeigneter und in ausreichender Menge verfügbarer Ausgangsstoffe
- Nachweis der Realisierbarkeit der SBCR-Technologie für den Einsatz in großem Maßstab
- Die Demonstrierung eines Alcohol-to-Jet (AtJ)-Prozesses von Reststoffen über Alkohole zu SAF
- Sowie die Sicherstellung der Übereinstimmung der verwendeten Prozessketten mit dem internationalen ASTM-Standard

Kontakt:

gerald.weber@best-research.eu

Partner:

BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH (BEST), University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), TU Wien, Karlsruher Institute of Technology (KIT), H&R OWS Chemie GmbH & Co KG, Aichernig Engineering GmbH, Wien Energie, Caphenia GmbH, Dieffenbacher Energy GmbH, Solarbelt, Yosemite Clean Energy

Projektwebsite:

https://www.best-research.eu/de/kompetenzbereiche/bioraffinerien/syngasplattform_technologien/projekte/view/855

5.9 Projekt „PROMETHEIA“

Förderprogramm: FWF

Projektdauer: 2021-2025

Kontakt: Dipl.-Ing. Eugen Rudolf Schöfbänker, TU Wien,
Email: eugen.schoefbaenker@tuwien.ac.at

Einleitung

In dem FWF-Forschungsprojekt „PROMETHEIA“ geht es um die Herstellung von Biokohle aus Biomasse von Pflanzen. Für dieses Projekt relevante Biomasse stammt aus, mit Schwermetall kontaminierten, Gebieten. Die Pflanzen nehmen diese Schadstoffe in sich auf (siehe Abbildung 19) und werden im Zuge des Projekts zu Biokohle verarbeitet, wodurch die Metalle in diese eingebunden werden. Zum Schluss wird diese Biokohle verkapselt, also die Oberfläche der einzelnen Partikel versiegelt, um den Austritt von Schadstoffen zu verhindern. So wird die Biokohle endlagerfähig und ermöglicht so die Abscheidung von Schwermetallen und zugleich Kohlenstoff aus der Umwelt.

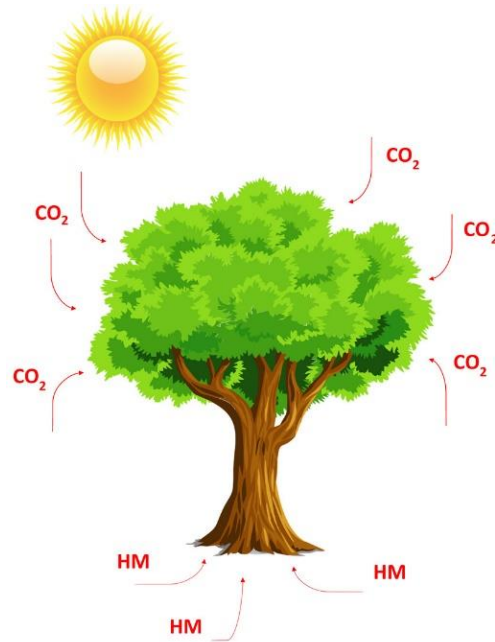


Abbildung 19: Beim Pflanzenwachstum werden CO₂ und Schwermetalle (HM, heavy metals) aus der Umwelt aufgenommen und können durch das PROMETHEIA Projekt aus der Umwelt entfernt werden.

So werden mit dem Projekt zwei Probleme behandelt: Schwermetallkontamination in Böden um, meist historisch gewachsene, Hüttenbetriebe oder Industriestandorte und steigende CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre. Wenn pflanzliche Biomasse, anstatt der Verbrennung, der Endlagerung zugeführt wird, wird nicht nur Carbon-Neutrality, sondern eine negative CO₂-Bilanz erreicht, was gegen die Klimawirkung steigender Treibhausgaskonzentrationen wirkt. Die stabile Endlagerung von Schwermetallen hilft belastete Gebiete wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurückzusetzen.

Projektergebnisse

Für die Pyrolyse der Biomasse zur Herstellung der Biokohle und gleichzeitiger Gaserzeugung wurde eine neue, für diesen Prozess optimierte, Anlage konzipiert. Der Biogenic, Innovative and Optimized Thermochemistry Apparatus oder kurz BIOTA soll pelletierte Biomasse bei atmosphärischem Druck und 1200 °C in der Wirbelschicht pyrolysieren und so zu Biokohle umwandeln.

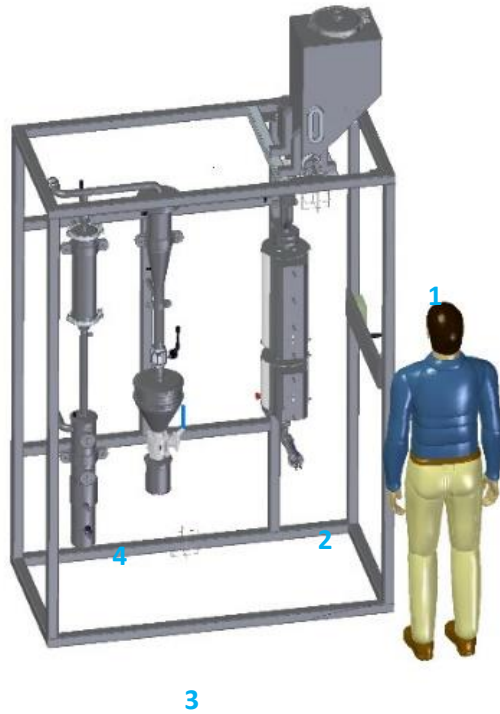


Abbildung 20: 3D-Darstellung der PROMETHEIA Anlage „BIOTA“

In Abbildung 20 ist eine 3D-Darstellung von BIOTA mit dem Pelletbunker (1), der Reaktionszone der Wirbelschicht (2), dem Probenbehälter (3), und der Abgaswäsche (4) zu sehen. Die Anlage soll dieses Jahr erste Ergebnisse liefern.

Kontakt:

eugen.schoefbaenker@tuwien.ac.at

Partner:

SUT - Silesian University of Technology (Polen)
University of Ljubljana (Slovenien)

5.10 Ausgewählte Publikationen aus der Periode 2020-2023

In Verbindung mit dem IEA-FBC Projekt wurden im Projektzeitraum 2020-2023 aus der Arbeitsgruppe zahlreiche Veröffentlichungen getätigt. Ausgewählte Publikationen sind:

Azam, M.; Jahromy, S. S.; Raza, W.; Raza, N.; Lee, S. S.; Kim, K.-H.; Winter, F.:
“Status, characterization, and potential utilization of municipal solid waste as renewable energy source: Lahore case study in Pakistan.”;
Environment International, 134, 2020, 105291, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105291>

Synopsis: Dieses Paper betrachtet den Einsatz verschiedener Bettmaterialien in einer oxy-fuel Verbrennung von Biomasse in einer Blasenbildenden Wirbelschicht. Die Versuche wurden in einer 30 kWth Laborwirbelschicht durchgeführt.

Naydenova I.; Sandov O.; Wesenauer F.; Laminger T.; Winter F.:
“Pollutants formation during single particle combustion of biomass under fluidized bed conditions: An experimental study”;
Fuel, Volume 278, 2020, 117958, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117958>

Synopsis: Diese Studie befasst sich mit den Auswirkungen einiger Betriebsparameter auf die Ausbeute an primären Abgasprodukten und Feinstaub sowie die Reaktions- und die Konversionsrate der Einzelpartikelverbrennung in einer Wirbelschichtfeuerung mit Biomasse.

Setoodeh Jahromy, S.; Azam, M.; Jordan, C.; Harasek, M.; Winter, F.:
“The Potential Use of Fly Ash from the Pulp and Paper Industry as Thermochemical Energy and CO₂ Storage Material.”;
Energies, Volume 14, 2021, 1–21, <https://doi.org/10.3390/en14113348>

Synopsis: Im Rahmen dieser Studie wurde untersucht, ob sich die Flugasche aus drei repräsentativen Wirbelschichtfeuerungen aus der Faser- und Papierindustrie in Österreich als Grundmaterial für die thermochemische Energiespeicherung und CO₂-Speicher eignen.

Pratschner, S.; Skopec, P.; Hrdlicka, J.; Winter, F.:
“Power-to-Green Methanol via CO₂ Hydrogenation—A Concept Study including Oxyfuel Fluidized Bed Combustion of Biomass”;
Energies, Volume 14, 2021, 4638, <https://doi.org/10.3390/en14154638>

Synopsis: Dieses Paper stellt ein Konzept für eine Power-to-Liquid (PtL) Anlage vor, die an ein Biomasseheizwerk mit einer oxy-fuel Wirbelschicht gebunden ist. So kann CO₂ und Abwärme genutzt werden, um wertvolles, grünes Methanol zu erhalten.

Pratschner, S.; Skopec, P.; Hrdlička, J.; Winter, F.:
„Fluidized Bed in Air and Oxyfuel Combustion Mode for Green Methanol Production.”;
82nd IEA-FBC Meeting, 2021, Paris, Frankreich, <https://www.ieafbc.org/fileadmin/IEAFBC/IEA->

FBC-ARCHIV/Past Meetings/82/07 Simon Fluidized Bed in Air and Oxyfuel Combustion Mode for Green Methanol Production.pdf

Synopsis: Dieser Vortrag befasst sich mit den Fragen, ob oxy-fuel Verbrennung die Effizienz von Power-to-Liquid Anlagen erhöht und ob die Menge an Sauerstoff aus der Elektrolyse als Ersatz für Sauerstoff aus Lufttrennanlagen für die oxy-fuel Verbrennung ausreicht.

Vodička M.; Michalíková K.; Hrdlička J.; Hofbauer C.; Winter F.; Skopec P.; Jeníková J.:

“External bed materials for the oxy-fuel combustion of biomass in a bubbling fluidized bed”;

Journal of Cleaner Production, Volume 321, 2021, 128882,

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128882>

Synopsis: Dieses Paper betrachtet den Einsatz verschiedener Bettmaterialien in einer oxy-fuel Verbrennung von Biomasse in einer Blasenbildenden Wirbelschicht. Die Versuche wurden in einer 30 kW_{th} Laborwirbelschicht durchgeführt.

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Durch die aktive Planung und Teilnahme von Österreich an Wirbelschichttreffen, EXCO-Meetings, Technical Sessions, Exkursionen und Workshops, wurden die Zusammenarbeit und der Informationsaustausch zwischen Stakeholdern in der Wirbelschichttechnologie gefördert. Dieser Austausch schafft bessere Bedingungen für die Weiterentwicklung und Implementierung dieser vielversprechenden Technik. Es fanden acht EXCO-Meetings & Technical Sessions statt, an denen Österreich online oder in Person teilnahm. Die Schwerpunkte der Technical Sessions sowie die einzelnen Beiträge können auf der internationalen Website www.ieafbc.org nachgelesen werden.

Es wurden das 12. und 13. Österreichische IEA Wirbelschichttreffen in St. Veit a.d. Glan und Wien veranstaltet. Auf jedem dieser Events waren zahlreiche Stakeholder aus Österreich und anderen Mitgliedsländern des IEA-FBC TCP vertreten.



Abbildung 21: Gruppenfoto vom 12. Österreichischen IEA Wirbelschichttreffen in St. Veit a.d. Glan

Das 12. Österreichische IEA Wirbelschichttreffen wurde bei der Firma Fundermax in St. Veit a.d. Glan veranstaltet (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). An drei Tagen vom 7. Bis 9. September 2022 wurden Vorträge gehalten und eine Führung durch den Standort von Fundermax angeboten.



Abbildung 22: Gruppenfoto vom 13. Österreichischen IEA Wirbelschichttreffen in Wien

Das 13. Österreichische IEA Wirbelschichttreffen fand vom 20. bis 22. September 2023 statt und wurde in Wien - Simmering veranstaltet. Auch in diesem Jahr gab es eine Reihe interessanter Vorträge und die Möglichkeit, bei einer Führung durch den Wien Energie Standort Simmeringer Haide teilzunehmen (siehe Abbildung 22).

Diese beiden Veranstaltungen haben den Teilnehmer:innen verschiedenster Sektoren eine Plattform geboten, um sich mit anderen Expert:innen aus dem Feld Wirbelschicht auszutauschen und Erfahrungen zu teilen. So soll die Forschung in diesem Gebiet unterstützt und Weiterentwicklungen besser ermöglicht werden. Die Proceedings der Österreichischen IEA Wirbelschichttreffen sind auf der Website www.nachhaltigwirtschaften.at zu finden [2], [3].

Eröffnung des neuen Wirbelschichtkessels „K9“ in Bruck an der Mur

Im Jahr 2022 ging eine neue Wirbelschichtanlage, der Kessel K9, in Bruck an der Mur am Standort der Norske Skog Papierfabrik in Betrieb. Die Anlage mit einer Leistung von 58 MW_{Th} versorgt den Standort durch Verbrennung von Reststoffen mit Energie. Weiters trägt der Kessel K9 zur Stabilisierung des Stromnetzes bei und unterstützt die Versorgung des Großraums Bruck mit Fernwärme.

Diese Wirbelschichtanlage deckt überwiegend den Wärmebedarf der Papierfabrik und verringert den Verbrauch an Gas signifikant. Damit will der Standort in eine umweltfreundlichere Zukunft starten und die Abhängigkeit von Erdgas stark reduzieren. Nach 5-jähriger Bauzeit wurde „K9“ in Anwesenheit von Bundesministerin Leonore Gewessler und den Botschafter:innen Norwegens und Finnlands, sowie anderen Amtsträger:innen aus der Region am 28. April 2022 eröffnet. [4]

7 Schlussfolgerungen

Das IEA TCP Wirbelschichttechnologie hat sich in dieser Periode 2020 - 2023 enorm weiterentwickelt, sowohl im Österreichischen Kontext als auch im globalen und das trotz vieler großer Herausforderungen.

In Österreich sind in dieser Periode neue, industrielle Wirbelschichtanlagen in Betrieb gegangen, die einen großen Mehrfachnutzen haben.

Einerseits können Wirbelschichtanlagen durch den Einsatz einer großen Brennstoffpalette Reststoffe nützen und gleichzeitig fossiles CO₂ durch biogenes CO₂ ersetzen, sowie das Stromnetz stabilisieren. Es wird die Abhängigkeit von Erdgas signifikant reduziert und Resilienz aufgebaut. Der erzeugte Strom, Dampf und Wärme werden vielfältig eingesetzt, einerseits in den relevanten Produktionen, andererseits kann z.B. Fernwärme für den kommunalen Bereiche bereitgestellt und die Industrie enger mit der Stadt verknüpfen werden. Eingesetzte Brennstoffe und erzeugte Materialien wie Bettasche und Flugasche können als Quellen von sekundären Rohstoffen wie Metalle, Glas, Baustoffe, Phosphor und mehr dienen.

Österreich ist sehr aktiv in der Wirbelschichtforschung tätig, wo neue Prozesse und Produkte mittels Wirbelschichttechnologie umgesetzt werden. Hier sind die Produktion von Synthesegas, Wasserstoff, die Integration von biogenen Pyrolyseölen zu Biokraftstoffen, die Herstellung von Energieträgern und Chemikalien (Power-to-Gas, Power-to-Liquid) zu nennen.

Um die weitere Entwicklung dieser Technologie zu fördern, sorgt das IEA TCP FBC für einen intensiven Austausch von Wissen und Erfahrung unter allen Stakeholdern. Bei Treffen und Konferenzen in Österreich und auf globaler Ebene wird dieser Austausch zur Verbesserung und Weiterentwicklung der Wirbelschichttechnologie durchgeführt, um deren volles Potential nutzbar zu machen.

8 Ausblick und Empfehlungen

Mit der Bestrebung des IEA-FBC TCP, die Forschungen an der Wirbelschichttechnologie voranzutreiben, wirkt dieses Projekt an den Programmzielen mit. Die Wirbelschichttechnologie fördert die Nachhaltigkeit sowohl im Energiesystem als auch in der Ressourcennutzung.

Mittels Wirbelschichttechnologie können z.B. biogene Reststoffe, Schlämme, aufbereiteter Hausmüll genützt und Strom, Dampf und Wärme erzeugt werden. Diese können industriell genützt aber auch als Fernwärme an private Haushalte abgegeben werden, siehe auch z.B. Wien Energie [7].

Die Bettaschen von Wirbelschichtanlagen eignen sich auch sehr gut, besser als jene aus der Rostfeuerung, für die Rückgewinnung von wertvollen Stoffen wie Mineralien und Metallen und die nachbehandelten Bettaschen erfüllen die Kriterien um als Zuschlag in manchen Betonsorten eingesetzt werden zu können [8], [9].

Wirbelschichttechnologie kann eingesetzt werden, um verschiedene Sektoren der Stadtinfrastruktur zu koppeln. Hier sind Lösungen wie Power-to-Gas oder Power-to-Liquid hoch relevante Forschungsthemen. Hier können Wirbelschichtanlagen als Energie- oder Rohstoffherzeuger für diese Prozesse eingesetzt werden [10].

All diese Forschungen und Projekte werden betrieben, um Städte hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit zu modernisieren, um einen dauerhaften und gesunden Lebensraum für zukünftige Generationen zu schaffen.

Die Wirbelschichttechnologie wird bereits industriell in Österreich sehr erfolgreich genutzt, hat aber auch in dieser Anwendungsklasse noch großes Potential. Die aus dem Anlagenbetrieb gewonnenen Erfahrungen sind sehr wertvoll und können die in Entwicklung befindlichen Verfahren signifikant unterstützen.

Darüber hinaus ist die Wirbelschichttechnologie stark in der Forschung und Entwicklung entscheidender Prozesse wie Gaserzeugung, Oxyfuel-Verbrennung, Power-to-Gas, Power-to-Liquid, Integration biogener Reststoffe, CO₂-Abscheidung und -Nutzung, Chemical Looping, Bereitstellung sekundärer Ressourcen eingesetzt und das sowohl auf Österreichischer Ebene als auch global.

Das IEA TCP Wirbelschichttechnologie bietet ein wertvolles Netzwerk an Stakeholdern, national und global, und kann als Basis für zukünftige Erfolge angesehen werden. Aus den oben genannten Gründen wird eine weitere Teilnahme sehr empfohlen.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick über Wirbelschichtanlagen in Österreich (BFBC und RFBC sind stationäre Wirbelschichten, CFBC sind zirkulierende Wirbelschichten).	13
--	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Publikationen, die den Begriff: „fluidized bed“ oder „fluidised bed“ enthalten; aufgeschlüsselt nach Veröffentlichungsjahr aus dem Betrachtungszeitraum 2001-2023.....	11
Abbildung 2: Anzahl der Publikationen mit dem Begriff: „fluidized bed“ oder „fluidised bed“ enthalten mit Autor:innen aus Österreich im Zeitraum von 2001-2023	12
Abbildung 3: Ländervergleich für Publikationen mit dem Begriff: „fluidized bed“ oder "fluidised bed"	12
Abbildung 4: Thermische Gesamtleistung österreichischer Wirbelschichtanlagen verteilt auf die Bauarten.....	14
Abbildung 5: Anzahl und Leistung von Wirbelschichtanlagen in Österreich sortiert nach thermischer Leistung.....	15
Abbildung 6: WASTE2ROAD Konzept – Quelle: SINTEF AS.....	19
Abbildung 7: Integration der biogenen Stoffströme in einer Raffinerie – Quelle: SINTEF AS	20
Abbildung 8: Untersuchung des Chemical Looping Combustion Prozesses für Biomasse und der Forschungsfragen im Rahmen des BIO-LOOP Projekts.	21
Abbildung 9: Volumenanteil der Partikel-Phase im Wirbelschichtreaktor. Eulersche Betrachtung (links) und Lagrange Betrachtung (rechts). Arbeitsgruppe „Nachhaltige, saubere und Bioenergie-Systeme“, IWT, TU Graz.	22
Abbildung 10: Elektrifiziertes Biomass-to-LNG-Verfahren und die wichtigsten Innovationen des CarbonNeutralLNG-Projekts.....	24
Abbildung 11: Kaltmodell für fluiddynamische Untersuchungen der strom- und sorptionsgestützten Biomasse Reformierung an der BOKU	25
Abbildung 12: Konzept des Projekts ReGas4Industry	26
Abbildung 13: Implementierungskonzept für den Digital Twin	27
Abbildung 14: Thermochemische CO ₂ -Umwandlung mit Biomasse zu Produktgas im Labormaßstab. Abbildung aus [5]	29
Abbildung 15: BioHEAT Prozesskette	31
Abbildung 16: Reaktordesign der 1 MW Demonstrationsanlage der BEST GmbH	32
Abbildung 17: Kerze aus Fischer-Tropsch Biowachs (Beispielhaft für die industrielle Anwendung) 34	
Abbildung 18: Konzeptfließbild Green Fuel and Chemicals	36

Abbildung 19: Beim Pflanzenwachstum werden CO ₂ und Schwermetalle (HM, heavy metals) aus der Umwelt aufgenommen und können durch das PROMETHEIA Projekt aus der Umwelt entfernt werden.	39
Abbildung 20: 3D-Darstellung der PROMETHEIA Anlage „BIOTA“	40
Abbildung 21: Gruppenfoto vom 12. Österreichischen IEA Wirbelschichttreffen in St. Veit a.d. Glan	43
Abbildung 22: Gruppenfoto vom 13. Österreichischen IEA Wirbelschichttreffen in Wien	44

Literaturverzeichnis

- [1] „Population by Country (2024) - Worldometer“. Zugegriffen: 21. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.worldometers.info/world-population/population-by-country/>
- [2] „12. Österreichisches IEA Wirbelschichttreffen - IEA Forschungskooperation“. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/veranstaltungen/2022/20220909-12-oesterreichisches-iea-wirbelschichttreffen.php>
- [3] „13. Österreichisches IEA Wirbelschichttreffen - IEA Forschungskooperation“. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/veranstaltungen/2023/20230922-13-oesterreichisches-iea-wirbelschichttreffen.php>
- [4] A. Kern, „Norske Skog Bruck an der Mur: Die neue Energieanlage ‚K9‘ wurde feierlich eröffnet (mit Video) - Bruck an der Mur“, 28. April 2022. Zugegriffen: 26. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.meinbezirk.at/bruck-an-der-mur/c-wirtschaft/die-neue-energieanlage-k9-wurde-feierlich-eroeffnet-mit-video_a5308867#gallery=null
- [5] F. J. Müller u. a., „CO₂ conversion to CO by fluidized bed biomass gasification: Analysis of operational parameters“, *Journal of CO₂ Utilization*, Bd. 81, S. 102706, März 2024, doi: 10.1016/J.JCOU.2024.102706.
- [7] Wien Energie, „Aktualisierte Umwelterklärung 2023 der Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen der Wien Energie GmbH gemäß EMAS-Verordnung“, 2023.
- [8] D. Blasenbauer, F. Huber, J. Mühl, J. Fellner, und J. Lederer, „Comparing the quantity and quality of glass, metals, and minerals present in waste incineration bottom ashes from a fluidized bed and a grate incinerator“, *Waste Management*, Bd. 161, S. 142–155, Apr. 2023, doi: 10.1016/J.WASMAN.2023.02.021.
- [9] A. Abbà, M. C. Collivignarelli, S. Sorlini, und M. Bruggi, „On the reliability of reusing bottom ash from municipal solid waste incineration as aggregate in concrete“, *Compos B Eng*, Bd. 58, S. 502–509, März 2014, doi: 10.1016/J.COMPOSITESB.2013.11.008.
- [10] S. Pratschner, P. Skopec, J. Hrdlicka, und F. Winter, „Power-to-Green Methanol via CO₂ Hydrogenation—A Concept Study including Oxyfuel Fluidized Bed Combustion of Biomass“, *Energies 2021*, Vol. 14, Page 4638, Bd. 14, Nr. 15, S. 4638, Juli 2021, doi: 10.3390/EN14154638.

Abkürzungen

IEA	International Energy Agency
FBC	Fluidized Bed Conversion
TCP	Technology Cooperation Programme
CFBC	Zirkulierende Wirbelschicht
BFBC	Blasenbildende Wirbelschicht
RFBC	Rotierende Wirbelschicht

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

servicebuero@bmk.gv.at

bmk.gv.at