

IEA Wirbelschicht- technologie (FBC) Arbeitsperiode 2009 – 2013

F. Winter

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

45/2014

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

IEA Wirbelschichttechnologie (FBC) Arbeitsperiode 2009 – 2013

ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Franz Winter
Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und
Technische Biowissenschaften / TU-Wien

Wien, Februar 2014

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie

IEA FORSCHUNGS
KOOPERATION

Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1. Abstract - Deutsch	4
2. Abstract – Englisch	6
3. Einleitung	8
4. Hintergrundinformation	12
5. Ergebnisse	14
6. Detailangaben bezüglich Österreich	22
7. Schlussfolgerungen	24
8. Ausblick und Empfehlungen	25
9. Literatur	26

1. Abstract - Deutsch

Das IEA Implementing Agreement Wirbelschichttechnologie (FBC) ist eine Erfolgsstory mit durchaus schon langer Tradition. Österreich ist 1999 als offizielles Mitglied dem Implementing Agreement beigetreten und hatte den Vorsitz bereits zweimal (2000 – 2002 sowie 2011 – 2013) inne. Im Laufe dieser Zeit hat sich die Anzahl der Mitgliedsstaaten noch um USA, China, Russland, Polen, Griechenland, der Tschechischen Republik und als jüngstes Mitglied (seit 2013) Ungarn auf 18 erhöht.

Das starke Interesse aktiv an diesem Implementing Agreement mitzuarbeiten und sich auszutauschen, zeigt die Attraktivität der Wirbelschichttechnologie und die große Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten wie auch die vielfältigen Herausforderungen.

Das IEA Wirbelschichttechnologie Implementing Agreement fördert als „Task Shared“ Agreement den Informationsaustausch zwischen den Mitgliedern. Es wurden auf internationaler und nationaler Ebene Workshops und Tagungen abgehalten, an den Executive Committee Meetings der österreichische Standpunkt vertreten, Anlagen besucht und deren Daten erhoben, Publikationen erstellt und Fachtreffen mit allen Stakeholdern durchgeführt (siehe z.B. www.iea-fbc.org Past Events). Dabei werden die internationalen und nationalen Trends erfasst und unterstützt. Diese werden im folgenden kurz skizziert.

So entwickelt sich die Wirbelschichttechnologie einerseits in Richtung 600 und 800 MW_e mit Kohle als Hauptbrennstoff und Biomasse als Begleitbrennstoff und höchsten Anlagenwirkungsgraden. Auch ein Trend in Richtung großer Biomasse – Wirbelschichtanlagen ist vorhanden. Eine große Herausforderung ist das breite Brennstoff-Spektrum im Leistungsbereich (ca. 15 – 150 MW_{th}) und in der thermischen Nutzung von Biomasse und Reststoffen bei gleichzeitiger Reduktion der Emissionen und Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit. Eine weitere Herausforderung ist hier auch der Einsatz in Richtung kleiner dezentraler Anlagen (z.B. unter 10 MW_{th}) wie z.B. für die thermische Nutzung von Klärschlamm. Die Wirbelschicht kann auch wichtige Beiträge zur Abscheidung von CO₂ durch Oxyfuel Verbrennung leisten, was erfolgreich in einer Anlage von 30 MW_{th} demonstriert wurde. Auch bei Chemical Looping Combustion (CLC), wo die Verbrennung separat in einem Fuel - Reaktor abläuft, dient die Wirbelschicht zur Erzeugung eines CO₂ -reichen und damit leichter separierbaren Abgasstroms. Die Wirbelschicht wird erfolgreich zur Gaserzeugung aus Biomasse eingesetzt. Neue Anlagen werden hier errichtet und der Maßstab vergrößert. Das gewonnene Synthesegas kann im Gasmotor verstromt werden, aber auch zur Gewinnung von Kraftstoffen wie Fischer - Tropsch Diesel genützt werden.

In Österreich sind 27 Wirbelschichtanlagen mit einem Leistungsspektrum von 1 – 133 MW_{th} in Betrieb und mit einer Gesamtleistung von mehr als 1000 MW_{th}. Der Einsatz der Wirbelschichttechnologie basierend auf der thermischen Leistung ist mit ca. 50% in der Papier-

und Zellstoffindustrie gefolgt von der thermischen Nutzung von Reststoffen, Biomasse und Klärschlamm. Die eingesetzte Brennstoffpalette ist generell breit und reicht von Biomasse, zu Reststoffen, Schlämmen und Kohle. In Österreich ist die gesamte Breite an Akteuren auf dem Gebiet der Wirbelschicht vertreten, von Forschung und Lehre, Anlagenbetreibern und Anlagenbau, sowie Ministerien und Behörden.

Um die aktuellen und zukünftigen Herausforderung der Entwicklung und den Einsatz der Wirbelschichttechnologie gut begegnen zu können, sind eine nationale, internationale und über Europa hinaus ausgezeichnete Vernetzung aller Akteure eine exzellente Basis. Das IEA Implementing Agreement trägt dazu signifikant bei.

2. Abstract - Englisch

The IEA Implementing Agreement Fluidized Bed Conversion (FBC) is a success story with a already quite long tradition. Austria's participation started in 1999 and was the operating agent during 2000 – 2002 and 2011 – 2013. During the last years the number of member countries increased significantly with USA, China, Russia, Poland, Greece, Czech Republic and as youngest member with Hungary to a total of 18 members.

This strong interest shows the activity and the attractiveness of the Implementing Agreement to further contribute to the develop of fluidized bed technology with its challenges and broad applications.

The IEA Fluidized Bed Conversion Implementing Agreement supports as „Task Shared“ agreement the information exchange between its members. International and national workshops, conferences, Executive Committee Meetings were organised as well as fluidized bed units were visited and their data collected and analyzed, reports published and meetings with all stakeholders were organized (see e.g. www.iea-fbc.org). With this networking and information exchange the national and international trends were obtained and supported. The most important ones are described in the following.

Scale – up of fluidized bed boilers to a size range of 600 to 800 MW_e with high efficiencies and with coal as the main fuel and biomass is a very important development. Another significant challenge is the utilization of a wide range of fuels at the same time in the size range from 15 to 150 MW_{th}, using biomass and waste, reducing emissions by increasing plant availability. Also the development of small, decentralized units (e.g. below 10 MW_{th}) using e.g. sewage sludge is a trend. Beside this, the fluidized bed technology may contribute to CO₂ reduction by contributing to oxyfuel combustion which has been successfully demonstrated up to 30 MW_{th}. Also using fluidized bed technology for chemical looping combustion (CLC) may contribute to CO₂ reduction by producing a CO₂ – rich flue gas which is easier to separate. Fluidized bed technology is successfully applied in biomass gasification. New and larger units have been built here. The produced synthesis gas can be converted into electricity with an gas engine or can be the basis for the production of Fischer – Tropsch diesel.

In Austria there are 27 fluidized bed units ranging from 1 to 133 MW_{th} with a total thermal power of more than 1000 MW. They are utilized in the pulp and paper industry by about 50%, followed by the combustion of waste, biomass and sewage sludge. A broad range of fuels is used as biomass, waste, sludges and coal. In Austria all stakeholders of fluidized bed technology are present including research and academic, plant operators, plant manufacturers, ministry and authorities.

To be able to solve the present and future challenges of the development of fluidized bed technology excellent networking between the different stakeholders on the national, European and worldwide level is very important. The IEA Implementing Agreement Fluidized Bed Conversion contributes significantly.

3. Einleitung

Die Wirbelschichttechnologie ist eine ausgezeichnete Technologie, da sie sehr gute Stoffaustausch - und Wärmeaustausch - Eigenschaften aufweist. Das Reaktionsgas bzw. die Verbrennungsluft der Wirbelschichtfeuerung wird zur Fluidisierung der überwiegend festen Brennstoffe und des Bettmaterials eingesetzt, wodurch sich eine exzellente Durchmischung ergibt. Diese wiederum ist die Basis für die sehr gute Effizienz der Umsetzung des Brennstoffs.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus dem Einsatz des Bettmaterials als Wärmespeicher. Dieser Wärmespeicher kann unterschiedliche Qualitätsschwankungen der verwendeten Brennstoffe ausgleichen. Dadurch kann eine große Bandbreite an Brennstoffen in einer Anlage genützt werden, von Biomasse, zu Abfällen, Kunststoffen, Schlämmen, als auch Kohle.

Aufgrund der relativ niedrigen Verbrennungstemperaturen von ca. 850°C werden keine signifikanten Mengen an thermischen Stickoxiden (NO_x) gebildet. Durch Zugabe von Kalkstein kann auch in-situ also innerhalb der Anlage schon das entstandene Schwefeldioxid (SO_2) früh gebunden werden, was zu niedrigen SO_2 Emissionen führt.

Technisch gesehen liegt die Wirbelschicht zwischen einer Rostfeuerung und einem Flugstromreaktor. Neben dem Einsatz als Verbrennungstechnologie kann die Wirbelschichtanlage auch zur Gaserzeugung aus Biomasse, Oxyfuel – Verbrennung, Chemical Looping und anderen Anwendungen eingesetzt werden.

Der Schwerpunkt des Implementing Agreements der Internationalen Energieagentur (IEA) liegt auf der Weiterentwicklung der Wirbelschichttechnologie hinsichtlich einer sauberen Energieerzeugung von Wärme, Dampf und Strom.

Dabei wird die Wirbelschicht in sehr unterschiedlichen Leistungsklassen eingesetzt. Einerseits will man die Wirbelschichttechnologie wirtschaftlich bis sehr kleine Leistungsklassen bis zu einigen Megawatt (MW) thermisch anwenden, andererseits will man die Leistungsklassen der Kohlestaubfeuerungen bis zu 1000 MW elektrisch erreichen. Dabei sollen Brennstoffe mit niedriger Qualität effizient eingesetzt werden können. Die Anlagen mit einer hohen Verfügbarkeit wirtschaftlich in Betrieb sein und die Emissionen an NO_x , SO_2 , CO und anderen Schadstoffen so gering wie möglich anfallen. Neben dem Einsatz als Feuerungstechnologie wird die Wirbelschicht hinsichtlich ihrer Entwicklung als Gaserzeuger, Oxyfuel – Reaktor, Chemical Looping Reaktor und weiteren Anwendungen unterstützt.

Dieser Bandbreite an Herausforderungen stellt sich das Implementing Agreement Wirbelschichttechnologie. Dabei stellt es ein sogenanntes „Task shared“ Agreement dar. Das

heißt, dass die Teilnehmer nicht eine Finanzierung sondern ihr Wissen und ihre Kenntnisse in das Agreement einbringen. Das Implementing Agreement Wirbelschichttechnologie vernetzt die Stakeholder der Wirbelschichttechnologie wie Anlagenbau, Forschung und Entwicklung, Anlagenbetreiber, Elektrizitätserzeuger ihrer Mitgliedsländer. Dadurch werden Wissen und Erfahrung ausgetauscht und rascher Lösungen aufgezeigt.

Dieser Erfahrungsaustausch passiert vor allem in der Durchführung von halbjährlichen Treffen, Besuch von Wirbelschichtanlagen, Erstellen von Berichten, Organisation von Workshops zu speziellen Themen und von Technischen Sessions, der Gestaltung der Website www.iea-fbc.org, wo die Vorträge und Berichte eingesehen und kostenfrei heruntergeladen werden können, als auch durch direkten persönlichen Austausch.

Wirbelschichtanlagen in Österreich:

Ort	Jahr	Typ	Leistung thermisch	Brennstoffe
Gratkorn	1981	CFBC	25 MW	Rinde, Schlämme, Biogas, Erdgas
Gratkorn	1986	CFBC	133 MW	Kohle, Schlämme, Biogas, Erdgas
Bruck a.d. Mur	1984	BFBC	15 MW	Rinde, Kohle, Schlämme, Biogas, Erdgas
Niklasdorf	2004	BFBC	36 MW	Hausmüll, Industrieabfälle, Holzabfälle, Klärschlamm
Lenzing	1987	CFBC	108 MW	Rinde, Kohle, Schlämme, Holzreste, Öl
Lenzing	1998	CFBC	110 MW	Kunststoffe, Abfälle, Schlämme, Holzabfälle
Linz	2011	BFBC	66 MW	Abfall, Klärschlamm, Rechengut
Ebensee	1987	CFBC	43 MW	Kohle, Holzabfälle
Steyrermühl	1994	CFBC	48 MW	Rinde, Holz, Holzabfälle, Schlämme
Timelkam	2006	BFBC	49 MW	Holz, Holzabfälle, Rinde, Sägespäne
Hallein	2006	BFBC	30 MW	Holz hackschnitzel
Frantschach – St. Gertraud im Lavanttal	1984	CFBC	61 MW	Rinde, Kohle, Schlämme, Schweröl

St.Veit a.d. Glan	2007	BFBC	45 MW	Holz, Holzabfälle, Sägespäne, Prozessabfälle, Klärschlamm
Arnoldstein	2000	BFBC	5 MW	Öle, Emlusionen, Holzabfälle, Schlämme, Kunststoffe
Pitten	1984	BFBC	60 MW	Kohle, Biogas, Schlamm
Bad Vöslau	2003	BFBC	1 MW	Klärschlamm
Großwilfersdorf	2011	BFBC	2,3 MW	Klärschlamm
Fürnitz	2009	BFBC	3 MW	Abfälle, Klärschlamm
Wien	1992	BFBC	3 x 20 MW	Klärschlamm
Wien	2003	RFBC	40 MW	Hausmüll, Klärschlamm
Wien-Simmering	2006	CFBC	66 MW	Waldabfälle
Heiligenkreuz	2006	BFBC	43 MW	Waldabfälle
Guessing	2001	DFBG	8 MW	Holzhackschnitzel, Holzabfälle
Oberwart	2008	DFBG	10 MW	Holzhackschnitzel
Villach	2010	DFBG	15 MW	Holzhackschnitzel

BFBC bubbling fluidized bed combustor, CFBC ... circulating fluidized bed combustor, DFBG ... dual fluidized bed gasifier, RFBC ... rotating fluidized bed combustor

Gelb ... die im Berichtszeitraum neu installierten Wirbelschichtanlagen.

Übersicht über die Lage der Wirbelschichtanlagen in Österreich



Ein schöner Erfolg der österreichischen Aktivitäten im Rahmen des IEA Wirbelschichttechnologie Implementing Agreements ist die Unterstützung unser Nachbarn im Beitritt zur IEA Wirbelschichttechnologie. Nach der Unterstützung und dem Beitritt der Tschechischen Republik

konnte nun auch Ungarn als offizielles Mitglied der Wirbelschichttechnologie am 13. Februar 2013 gewonnen werden, was einen weiteren Austausch bezüglich Wirbelschichttechnologie sehr förderlich ist. So sind neue Wirbelschichtanlagen in Ungarn geplant. Das ist auch die erste aktive Teilnahme Ungarns an einem Implementing Agreement der IEA. Einen kurzen Überblick über den Status finden sie zusammengefasst untenstehend, weitere Information finden Sie bei *Winter und Szenntanai 2010*.

Wirbelschichtanlagen in Ungarn

Ungarn ist unser östlicher Nachbar. Die Energieversorgung von Ungarn basiert vor allem auf Erdgas. Um diese starke Abhängigkeit von Erdgas zu reduzieren bzw. um die Nutzung erneuerbarer Energie zu erhöhen wird in Ungarn verstärkt auf den Einsatz von Biomasse gesetzt. Diese wird in Wirbelschichtkesseln genützt. Die Wirbelschichtanlagen befinden sich in den Orten Ajka, Oroszlány, Kazincbarcika, Komló und Pécs. Die Größe der Wirbelschichtanlagen basierend auf Biomasse (18 – 140 MW_{th}) ist vergleichbar mit den Österreichischen Anlagen in diesem Leistungsbereich.



4. Hintergrundinformation

Das Implementing Agreement for co-operation in the field of fluidized bed conversion of fuels applied to cleaner energy production (kurz: Wirbelschichttechnologie) ist ein sehr aktives Agreement und hat zur Zeit 18 teilnehmende Länder, aus Europa (Frankreich, Finnland, Griechenland, Italien, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, UK), Russland, China, Korea und Japan, sowie Kanada und USA (als Sponsor).

Einen guten Überblick erhält man auf der Website des Agreements unter www.iea-fbc.org So konnte auch unter dem Vorsitz von Österreich (2011 - 2013) vor kurzem (13. Februar 2013) Ungarn als neues Mitglied gewonnen werden. In Ungarn wurden Kohlestaubkessel in Wirbelschichtanlagen auf Basis von Biomasse umgerüstet. Diese sind ähnlich zu den Biomasse - Wirbelschichtanlagen in Österreich und deshalb von besonderem Interesse.

Den aktuellen Vorsitz hat nun die Tschechische Republik inne (2013 – 2015). Prof. Franz Winter war während des Vorsitzes von Österreich (2011 – 2013) Chairman und unterstützt nun die Tschechische Republik und Prof. Dagmar Juchelkova als Vice-Chairman bis zum Executive Committee Meeting im Frühjahr 2014.

Die letzte IEA FBC Herbstmeeting fand vom 28. – 30. Oktober 2013 in Korea stattfinden, wo zur Zeit ein Komplex der weltgrößten Wirbelschichtanlagen errichtet wird (Samcheok Green Power Projekt, 4 x 550 MWe Wirbelschichtanlagen). Das Frühjahrsmeeting ist im Mai 2014 in Peking geplant im Rahmen der 11. Int. Zirkulierenden Wirbelschichtkonferenz (siehe auch unter www.cfb11.org 14.-17. Mai 2014) und nahe dem 7. Weltkongress der Partikeltechnologie (siehe auch unter www.wcpt7.org 19. – 22. Mai 2014). Nach dem Frühjahrstreffen 2013 in Brünn (Cz) finden wieder verstärkt Treffen in Asien statt, da hier eine sehr hohe Dynamik an der Entwicklung und Umsetzung modernster Wirbelschichtanlagen besteht. Hier ist auch eine besondere Stärke der IEA Vernetzung, da diese weit über den Europäischen Horizont hinausreicht und auch diese sehr bedeutenden Stakeholder miteinschließt.

Die IEA hat das Implementing Agreement Wirbelschichttechnologie für die Periode (2009 – 2014) verlängert und es kann von einer weiteren Verlängerung dieser Periode bis 2019 und darüber hinaus ausgegangen werden. Hierzu müssen die Unterlagen in den nächsten Meetings vorbereitet werden. Die nächsten Schritte sind die Fortsetzung der Unterstützung dieser innovativen Entwicklungen in der IEA-FBC und die stetige Verbesserung und Weiterentwicklung des Informationsnetzwerkes.

Die Wirbelschichttechnologie gewinnt weltweit signifikant mehr an Bedeutung (siehe IEA FBC Bericht Leckner 2011: Developments in Fluidized Bed Conversion from 2005 to 2010) und ist

ebenso in Österreich mit einer thermischen Leistung von mehr als 1000 MW ein wichtiger Bestandteil der Papier- und Zellstoffindustrie, in der Abfallwirtschaft durch die thermische Nutzung von Abfallströmen, und in der Nutzung erneuerbarer Energieträger wie die Biomasse und Klärschlamm (siehe Purgar 2012).

In Österreich werden 27 Wirbelschichtanlagen betrieben, erst Ende 2011 wurde die Wirbelschichtanlage Linz mit 66 MW_{th} zur thermischen Nutzung von Abfallströmen in Betrieb genommen. Neben der Seite der Betreiber bieten österreichische und internationale Anlagenbauunternehmen mit Sitz in Österreich Wirbelschichttechnologie weltweit an. Österreich hat auch auf Anlagenbauseite bei der Wirbelschichttechnologie einen signifikanten Schwerpunkt, sowie im Bereich der Forschung wie zum Beispiel an der Technischen Universität Wien.

Schwerpunkte sind die Weiterentwicklung der Wirbelschichttechnologie hinsichtlich aktueller Herausforderungen zur Minimierung der Schadstoffe, CO₂ bei der Nutzung von erneuerbaren und fossilen Brennstoffen. Die Wirbelschichttechnologie ist eine sehr vielseitige Technologie, deshalb sind die Herausforderungen vielfältig, dem trägt das Implementing Agreement durch die große Anzahl an aktiven Mitgliedern Rechnung. So ist ein wichtiger Gesichtspunkt die Steigerung der Anlagenkapazität in Richtung 1000 MWe (Scale-up), um den Leistungsbereich von Kohlestaubfeuerungen ergänzen zu können sowie die Steigerung der Anlageneffizienz. Eine andere Herausforderung ist im Bereich kleinerer Anlagengrößen (im Leistungsbereich 100 MW_{th}) hinsichtlich ihrer Brennstoff-Flexibilität, Agglomeration und Fouling, Asche -Nutzung, Verfügbarkeit und Lebensdauer. Weiters wird die Wirbelschicht hinsichtlich Oxyfuel – Verbrennung (Zero Emission), Chemical Looping Combustion (CLC) und Gaserzeugung und auch als aktiver Wärmespeicher eingesetzt und erforscht.

Das Implementing Agreement Wirbelschichttechnologie ist ein „task – shared“ Agreement, das den Informationsaustausch unter den Teilnehmern zum Ziel und Inhalt hat. Die Mitglieder arbeiten an den genannten Themen und tauschen sich aktiv im Rahmen des Implementing Agreements aus. So erfolgt auch die Einbettung des österreichischen Forschungsanteils zur Erlangung eines gemeinsamen Erkenntnisgewinns.

Geplante Ziele sind der Informationsaustausch durch internationale und nationale Meetings und Workshops, die Homepage www.iea-fbc.org , Berichte, die IEA FBC Datenbank von Wirbelschichtanlagen, Anlagenbesuche und Fachtreffen im kleineren Kreis.

Angestrebte Ergebnisse sind die Informationen über die Weiterentwicklung der Wirbelschichttechnologie in den genannten Themen. Die Ergebnisse werden in aggregierter Form (Berichte, Vorträge) publiziert und weitergegeben.

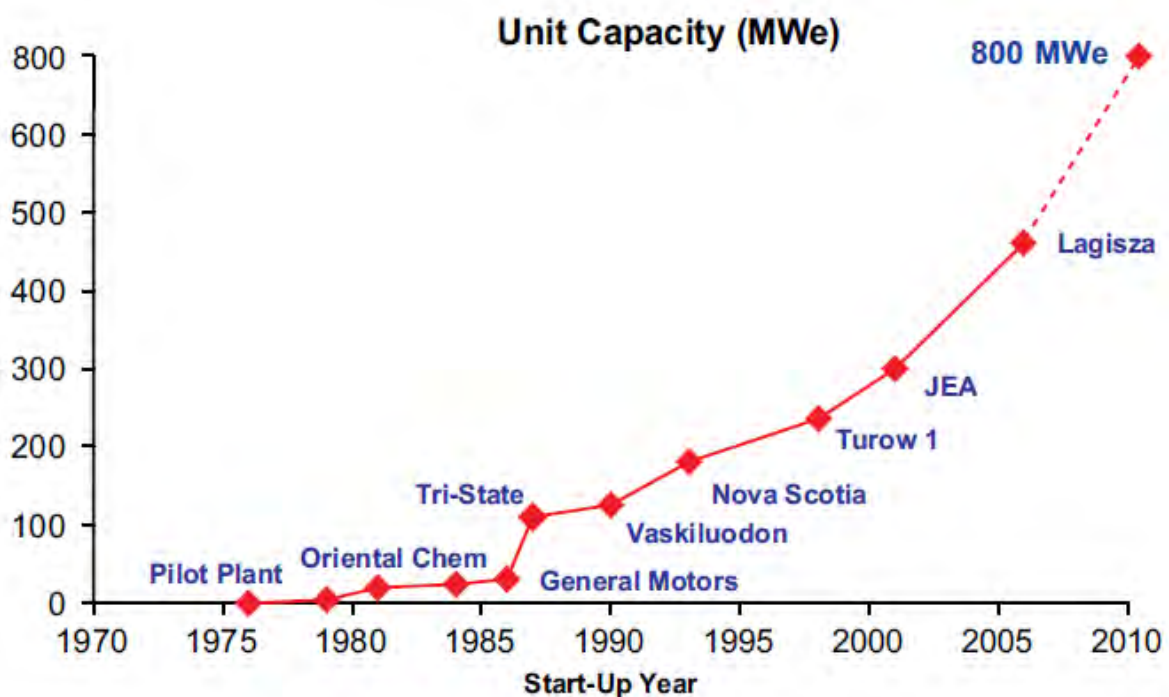
Die Wirbelschichttechnologie trägt international wie auch national signifikant zur Schadstoff- und CO₂ – armen Energieerzeugung bei und entwickelt sich noch verstärkt in Richtung Effizienzsteigerung, Scale – Up, Nutzung erneuerbarer Energieträger, Zero Emission, Gaserzeugung sowie Wärmespeicherung und steht damit im vollem Einklang mit der Zielsetzung.

5. Ergebnisse

Wie im vorhergehenden Kapitel dargestellt, fördert das IEA Wirbelschichttechnologie Implementing Agreement als „Task Shared“ Agreement den Informationsaustausch zwischen den Mitgliedern. Es wurden auf internationaler und nationaler Ebene Workshops und Tagungen abgehalten, an den Executive Committee Meetings der österreichische Standpunkt vertreten, Anlagen besucht und deren Daten erhoben, Publikationen erstellt und Fachtreffen mit allen Stakeholdern durchgeführt (siehe z.B. www.iea-fbc.org Past Events). Dabei werden die internationalen und nationalen Trends erfasst und unterstützt. Diese werden im folgenden kurz skizziert.

Scale – Up: Der Weg in Richtung der weltgrößten Wirbelschichtanlagen.

Der Weg in Richtung weltgrößter Wirbelschichtanlagen wird kontinuierlich fortgesetzt. So zeigt die Publikation CFB 800 die Entwicklung der weltgrößten Wirbelschichtanlagen im Verlauf der Zeit (siehe Abbildung unten). 800 MW_e wären bereits möglich. Zur Zeit ist es noch die Lagisza Anlage (ca. 300 km von Österreich entfernt) in Polen mit 460 MW_e die größte. Auch in Korea und China sind hier hohe Bestrebungen große Wirbelschichtanlagen zu bauen. Wobei der Hauptbrennstoff Kohle ist, Biomasse wird zugefeuert.



Hämäläinen et al. 2010, CFB 800 brochure, EU Project, RFCR-CT-2005-0009

In China ist man schon an der Umsetzung einer 600 MW_e Wirbelschichtanlage. Hier wird die Leistung gesteigert und 600 MW_e sollten in kürze erreicht werden. Dann wird es die weltgrößte Wirbelschichtanlage sein.



600 MW_e Wirbelschichtanlage in Baima, Neijiang City, Sichuan - China (siehe Yang H., 67. IEA FBC Meeting 2013).

In China wird die Anzahl auf über 3000 Wirbelschichtanlagen geschätzt, wobei über 110 Anlagen im Leistungsbereich von 300 MW_e sind (siehe Yang H., 64. IEA FBC Meeting 2012).

In Korea befinden sich in Samcheok 4 x 500 MW_e Wirbelschichtanlagen in Bau. Es ist zur Zeit das größte Wirbelschichtprojekt in Korea. Die geplante Inbetriebnahme ist Juni 2016. Dabei speisen zwei je 500 MW_e Wirbelschichtkesseln eine 1000 MW_e Dampfturbine.



Das Samcheok – Projekt in Korea. 4 Wirbelschichtanlagen zu je 500 MW_e speisen 2 Turbinen. In Summe entspricht das 2000 MW_e . Der Kamin und die Warte sowie die Büros befinden sich im hinteren Gebäude (mit freundlicher Genehmigung von KOSPO 2014).

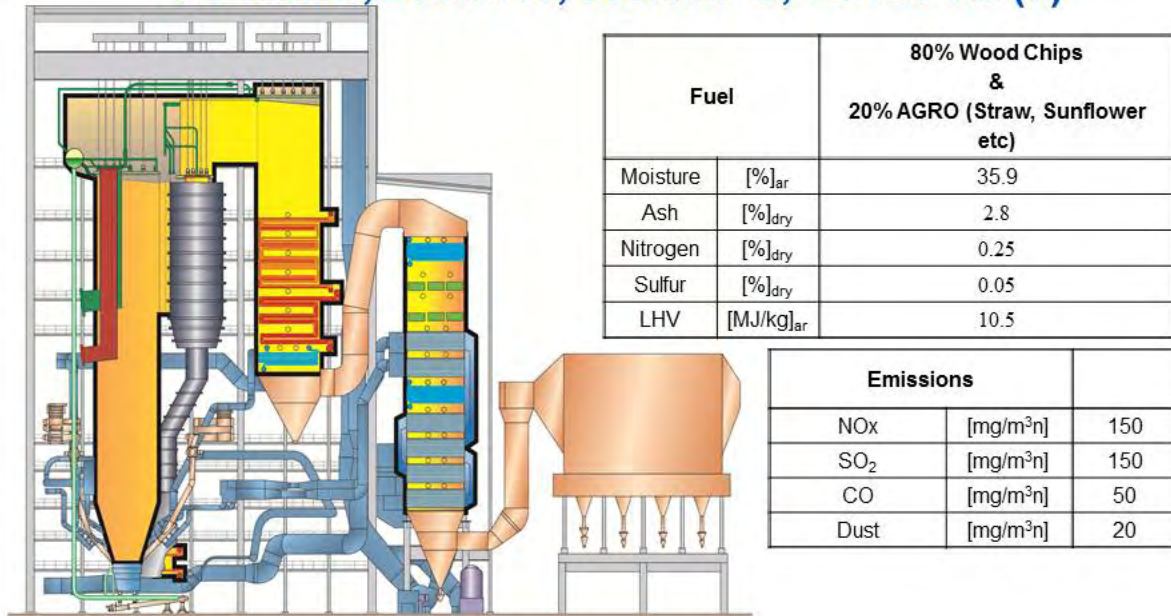
Einsatz von Biomasse in Wirbelschichtfeuerungsanlagen

Biomasse und Abfälle kommen oft als Einsatzstoff in Wirbelschichtkesseln vor (siehe auch Anlagen in Österreich oder Ungarn). Neben dem Trend zu kleinen Wirbelschichtkesseln basierend auf reiner Biomasse als Brennstoff gibt es auch den Trend zu immer größeren ebenfalls auf reiner Biomasse basierender Wirbelschichtkesseln.

Die weltgrößte Anlage dieser Art ist in Polaniec in Polen (ca. 500 km von Österreich) mit einer Leistung von 205 MW_e . Dabei werden Holzabfälle und Abfälle aus der Landwirtschaft eingesetzt (siehe folgende Abbildung).

The Worlds largest Bio CFB Concept Polaniec CFB, Poland

447 MW_{th}, 205MWe, 535/535°C, 127/20 bar(a)



0

Polaniec zirkulierende Wirbelschichtanlage mit 447 MW_{th} bzw. 205 MW_e (Foster Wheeler 2014).

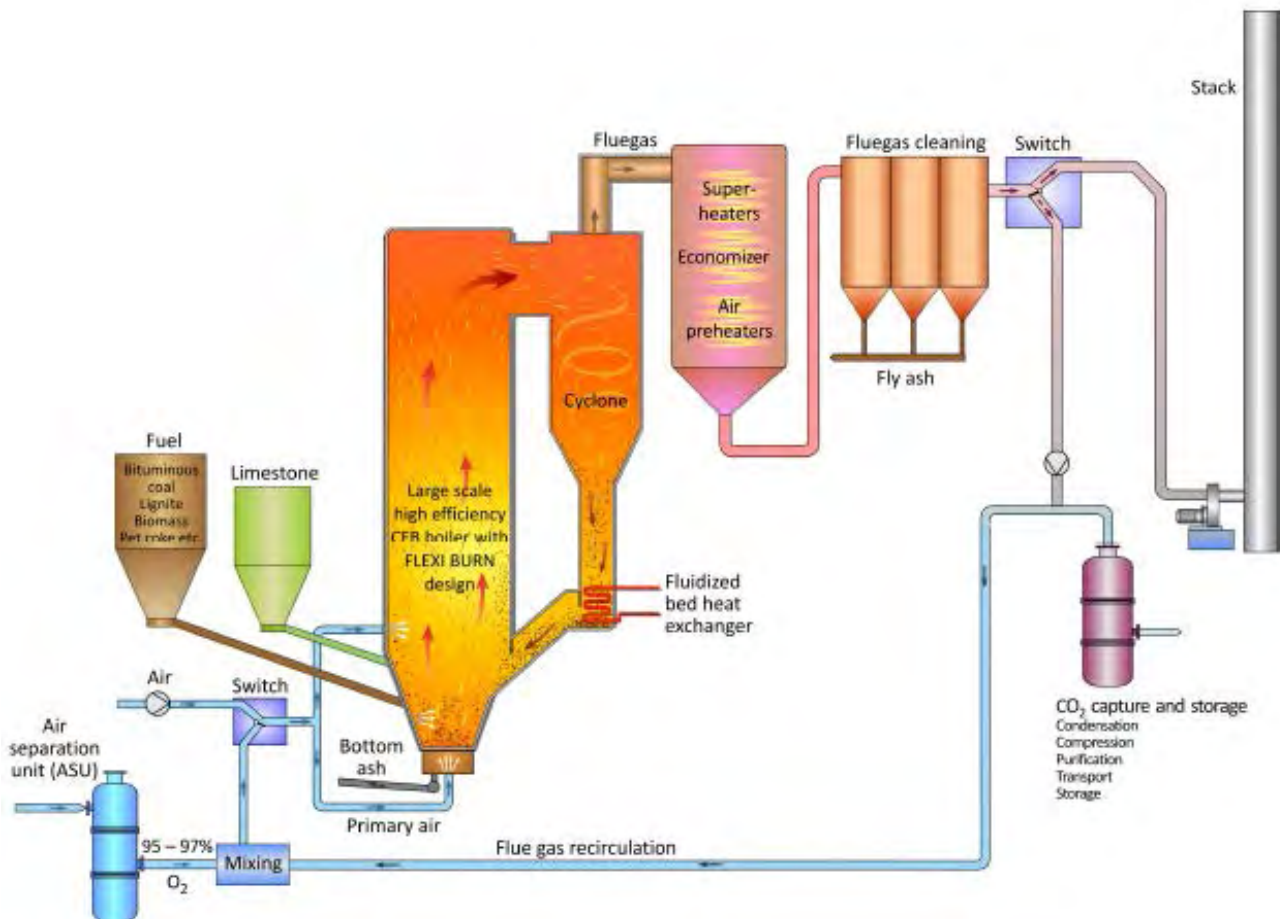
Üblich ist vor allem eine Mitverbrennung von Biomasse in großen Wirbelschichtanlagen, die Kohle als Basisbrennstoff haben.

Einsatz von Wirbelschichtfeuerungsanlagen zur CO₂ Abscheidung

Wirbelschichtfeuerungsanlagen werden ebenfalls zur CO₂ Abscheidung eingesetzt. Dabei wird von der Verbrennung mit Umgebungsluft auf mit Sauerstoff – angereicherte Luft (Oxyfuel) umgeschaltet. Wichtig ist dabei die Bereitstellung des notwendigen Sauerstoffs als auch eine Rezirkulation des Rauchgases, damit die Verbrennung gut reguliert werden kann.

Im Projekt der Europäischen Union Flexi Burn CFB wurde diese Thematik bearbeitet und die Entwicklung der zirkulierenden Wirbelschicht (CFB) für die Oxyfuel Verbrennung durchgeführt und in einer 30 MW_{th} CFB positiv demonstriert.

Die untenstehende Abbildung zeigt das Anlagenschema.



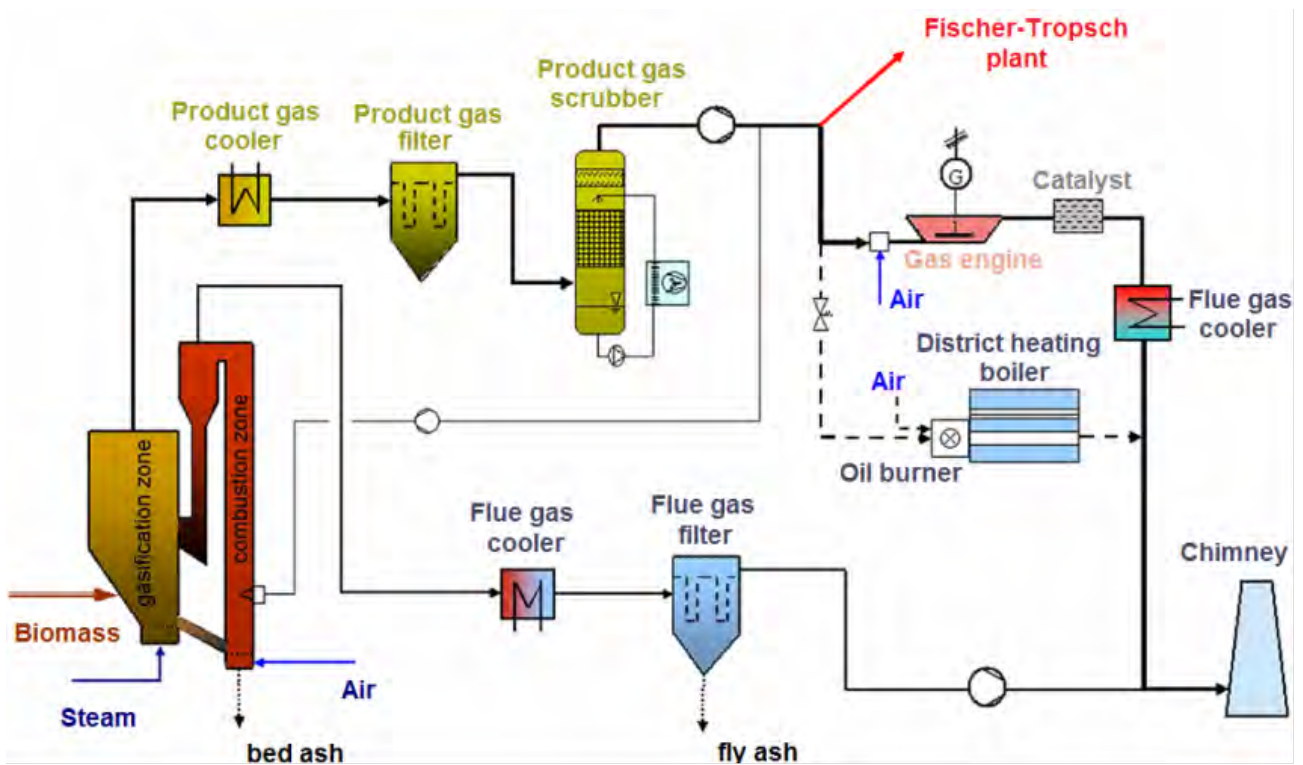
Anlagenschema der 30 MW_{th} zirkulierenden Wirbelschicht zur Oxyfuel Verbrennung (aus Tourunen 2013).

Auch in Österreich wird an der Oxyfuel - Verbrennung in Wirbelschichtanlagen geforscht (siehe z.B. Tondl et al. 2011), allerdings in einem kleineren Anlagenmaßstab.

Einsatz von Wirbelschichtanlagen zur Gaserzeugung

Die Wirbelschicht eignet sich auch hervorragend für die Gaserzeugung aus Biomasse. Dabei wird die Vergasung mit Wasserdampf bei Temperaturen um ca. 850°C durchgeführt, während in einem anderen Teil der Anlage die Verbrennung bei ca. 900°C zur Energiegewinnung für die Vergasung durchgeführt wird.

Als bekannteste Anlage ist hier die Anlage in Güssing (8 MW_{th}) zu nennen. Weitere Wirbelschichtanlagen zur Gaserzeugung wurden in Österreich in Betrieb genommen. Neben Oberwart mit 10 MW_{th} im Jahr 2008 wurde im Berichtszeitraum die Anlage Villach mit 15 MW_{th} im Jahr 2010 in Betrieb genommen.

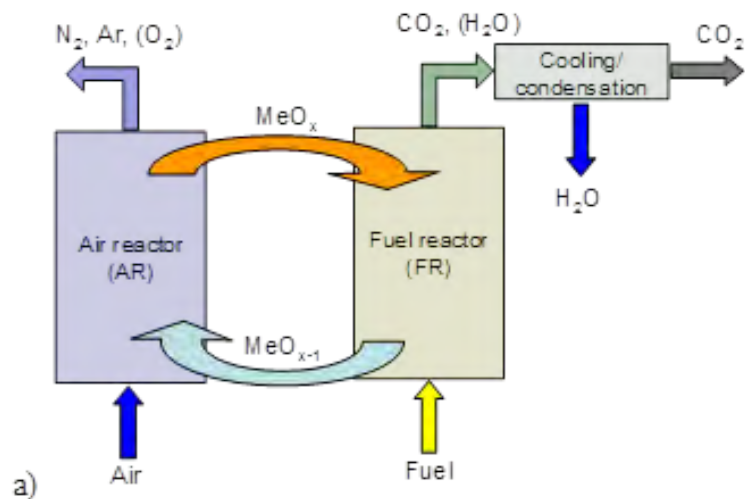


Schema der Wirbelschichtanlage in Güssing, siehe auch Hofbauer et al. 2002.

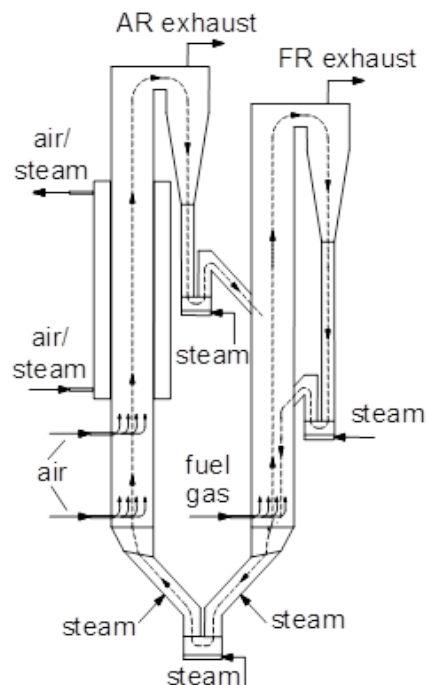
Das gewonnene Synthese - Gas wird im Gasmotor zur Gewinnung von Strom und Wärme eingesetzt, kann aber auch für Synthesen z.B. Synthetisches Erdgas (SNG), Gewinnung von Fischer – Tropsch Treibstoffen verwenden werden.

Wirbelschichtanlagen für Chemical Looping

Wirbelschichtanlagen sind sehr vielfältig und können dementsprechend sehr vorteilhaft eingesetzt werden. Ein weiteres sehr interessantes Konzept ist das Konzept des Chemical Looping, das ebenfalls auf Wirbelschichttechnologie basiert (siehe Abbildung).



Konzept des Chemical Looping (siehe auch Pröll et al. 2010).



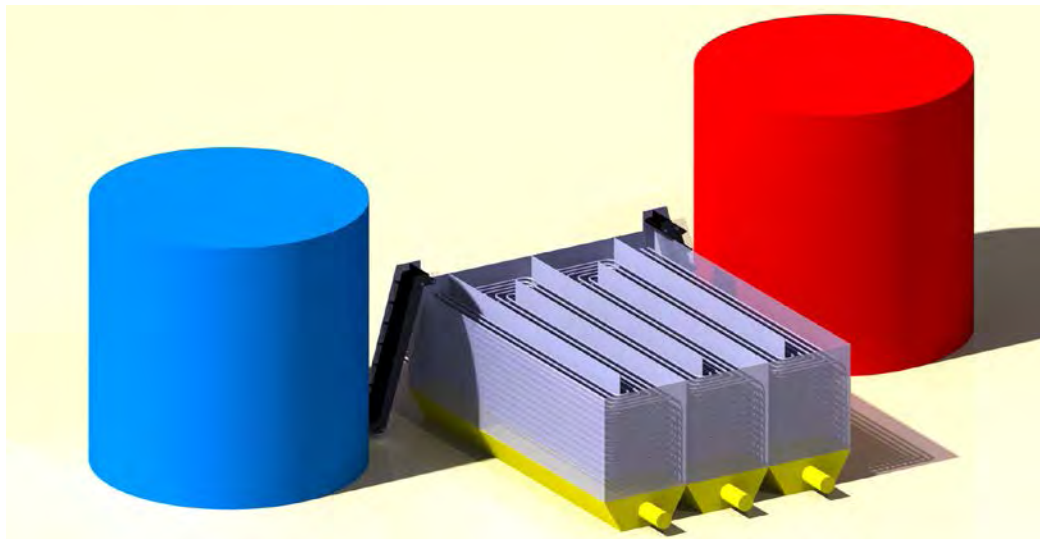
TU – Vienna Pilot-Wirbelschichtanlage 120 kW_{th} für Chemical Looping Combustion (CLC), siehe auch Pröll et al. 2010. AR ... Air Reaktor, FR ... Fuel Reaktor.

Die Verbrennung (Oxidation) des Brennstoffes wird durch ein Metalloxid im Fuel - Reaktor (FR) durchgeführt. Der Brennstoff (z.B. Erdgas) kommt somit nicht in den direkten Kontakt mit Luft. Das

Abgas des Fuel - Reaktors besteht vor allem aus CO_2 , was die Abtrennung sehr erleichtert, da kein Stickstoff der Luft das CO_2 verdünnt. Das verbrauchte (reduzierte) Metalloxid wird danach im Luft – Reaktor (Air – Reaktor, AR) wieder oxidiert und kann wieder im Fuel – Reaktor zur Oxidation des Brennstoffes eingesetzt werden.

Wirbelschichtanlagen zur Wärmespeicherung

Eine weitere interessante Anwendung ist der Einsatz der Wirbelschicht für die Wärmespeicherung. Hier wird das Bettmaterial der Wirbelschicht z.B. Sand als Wärmespeicher verwendet. Das Konzept ist in der untenstehenden Abbildung illustriert. An der TU – Wien wird das Konzept mit einer 200 kW Anlage getestet.

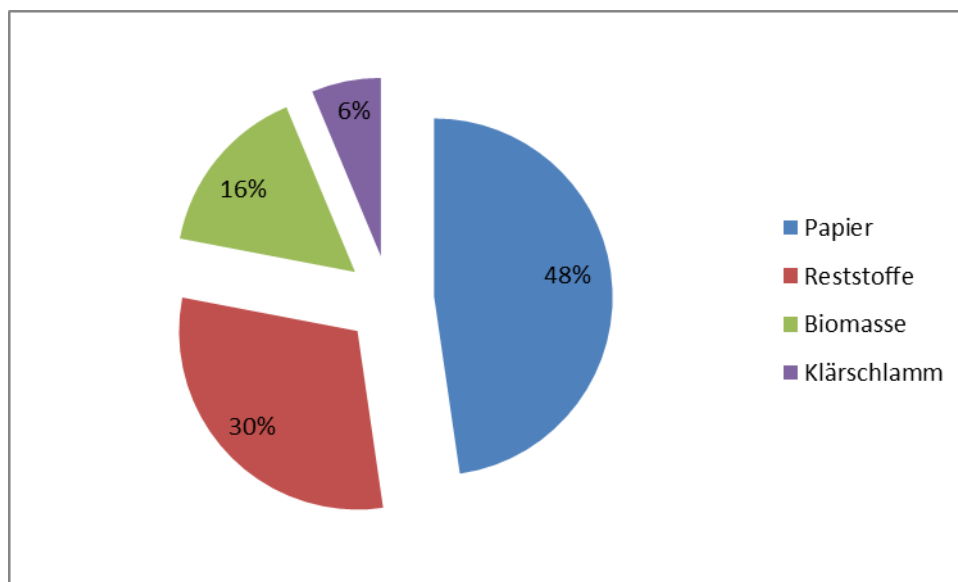


Konzept der Wirbelschicht als Wärmespeicher. In der Mitte befindet sich die eigentliche Wirbelschicht, rechts ist der Heißbunker, links der Kaltbunker. Die Wärmeübertragung findet in der Wirbelschicht statt. Weitere Information unter Schwaiger et al. 2013.

6. Detailangaben bezüglich Österreich

Eine Übersicht der Wirbelschichtanlagen in Österreich finden Sie in der Einleitung. Es befinden sich 27 Wirbelschichtanlagen mit einer Gesamtleistung von über 1000 MW_{th} in Betrieb.

Ordnet man die Wirbelschichtanlagen basierend auf ihrer thermischen Leistung den Bereichen der Papier- und Zellstoffindustrie, der thermischen Verwertung von Reststoffen, der Biomasse Nutzung sowie der Klärschlamm-Verbrennung zu, so ergibt sich folgendes Bild:

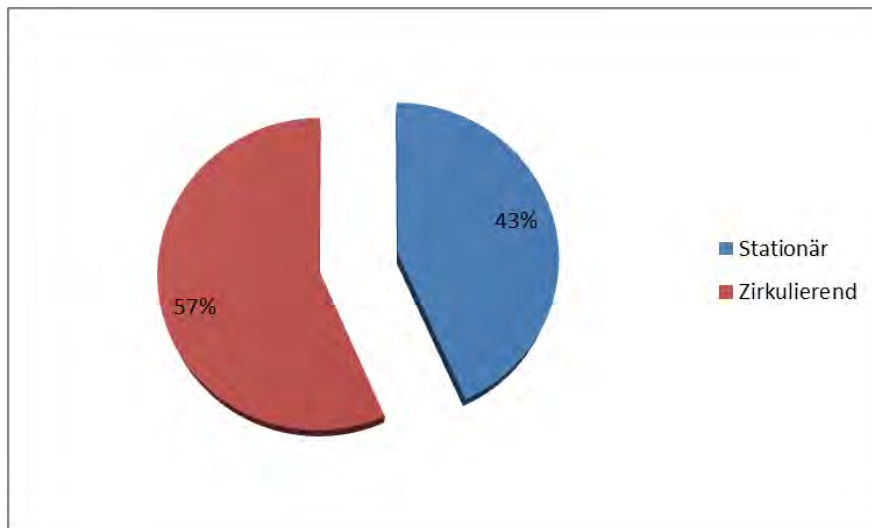


Zuordnung der Österreichischen Wirbelschichtanlagen basierend auf ihrer thermischen Leistungen zu den einzelnen Anwendungsgebieten.

Daraus erkennt man, dass fast die Hälfte der Wirbelschichtanlagen der Papier- und Zellstoffindustrie zugeordnet werden können 48% (480 MW). Das zweite Anwendungsgebiet stellt die thermische Nutzung von Reststoffen mit 30% (305 MW) dar. Es folgen die Biomasse – Kesseln mit 16 % (158 MW) und die Klärschlamm- Verbrennung mit 6 % (63 MW), siehe auch Purgar 2012.

Hier nicht inkludiert sind die 3 Österreichischen Wirbelschicht - Gaserzeugungsanlagen (Güssing, Oberwart und Villach) mit einer Gesamtleistung von 33 MW.

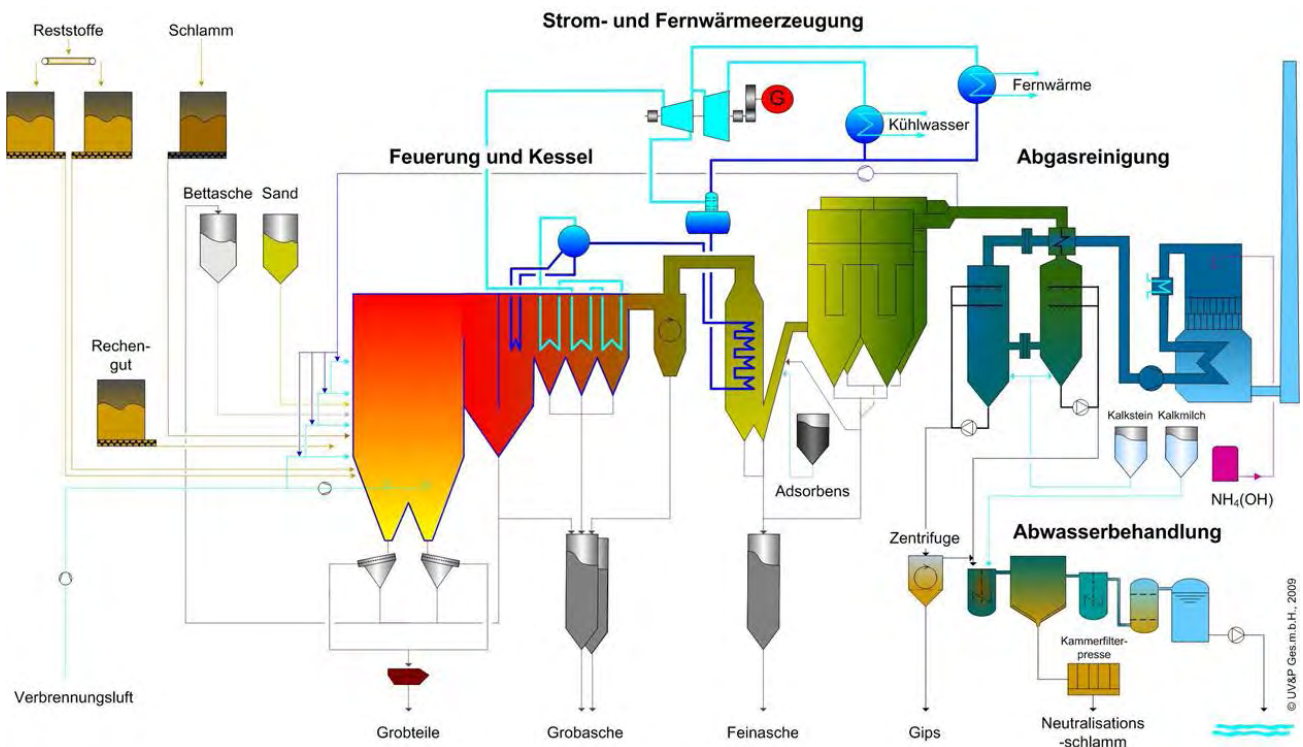
Analysiert man die Österreichischen Wirbelschichtanlagen basierend auf ihrer thermischen Leistung hinsichtlich der eingesetzten Technologie (stationäre Wirbelschicht oder zirkulierende Wirbelschicht), so ergibt sich folgendes Bild (siehe untenstehende Abbildung).



Aufteilung der Österreichischen Wirbelschichtanlagen basierend auf ihrer thermischen Leistung in stationäre Wirbelschicht und zirkulierende Wirbelschicht.

Es werden ca. 57% der thermischen Leistung von Anlagen mit zirkulierender Wirbelschicht und 43% mit stationärer Wirbelschicht produziert. Das ist vor allem dadurch bedingt, dass die zirkulierende Wirbelschicht eher im größeren Leistungsbereich eingesetzt wird.

Im Berichtszeitraum wurde die Wirbelschichtanlage in Linz der Linz AG 2011 in Betrieb genommen. Diese ist eine Wirbelschicht mit 66 MW thermischer Leistung. Als Brennstoffe werden Reststoffe, Schlamm und Rechengut eingesetzt.



Verfahrensschema der Wirbelschichtanlage Linz mit 66 MW_{th} (Wachter 2013).

Die Zielgruppe in Österreich ist sehr unterschiedlich. Sie besteht aus Betreibern der Wirbelschichtanlagen in den verschiedenen Branchen wie zum Beispiel der Papier- und Zellstoffindustrie, Abfallverwertung, Biomasse - Nutzung und mit durchaus bedingten stark variierenden Brennstoffen und Anforderung.

Neben den Betreibern ist der Anlagenbau in Österreich von hohem Interesse, da Wirbelschichtanlagen in Österreich entworfen und gebaut werden. Dies ist allerdings nicht nur auf den Österreichischen Markt beschränkt, sondern diese Wirbelschichten werden weltweit realisiert. Weiters wird viel in Österreich an und mit Wirbelschichten geforscht. Eine Abbildung der Wirbelschicht in Forschung und Lehre stellt ebenfalls eine wichtige Zielgruppe dar.

Darüber hinaus dient das IEA Wirbelschichttechnologie Implementing Agreement der Vernetzung der einzelnen Zielgruppen und den Ministerien und Behörden.

Neben der Vernetzung innerhalb Österreichs wird auch besonderer Wert im IEA Implementing Agreement auf die Vernetzung mit den Akteuren der Nachbarländer gelegt. So konnte die Tschechische Republik als aktives Mitglied des IEA Implementing Agreements gewonnen werden, welche auch zur Zeit den Vorsitz der gesamten IEA Wirbelschichttechnologie Gruppe inne hat.

Im Berichtszeitraum trat auch unser Nachbarland Ungarn dem Implementing Agreement bei, das vor allem durch die Aktivitäten Österreichs initiiert wurde. Es ist auch die erste aktive Teilnahme von Ungarn an einem Implementing Agreement, was einen schöner Erfolg darstellt.

7. Schlussfolgerungen

Das IEA Implementing Agreement Wirbelschichttechnologie ist eine Erfolgsstory mit durchaus schon langer Tradition. Österreich ist 1999 als offizielles Mitglied dem Implementing Agreement beigetreten und hatte den Vorsitz bereits zweimal (2000 – 2002 sowie 2011 – 2013) inne.

Im Laufe dieser Zeit hat sich die Anzahl der Mitgliedsstaaten noch um USA, China, Russland, Polen, Griechenland, der Tschechischen Republik und als jüngstes Mitglied (seit 2013) Ungarn auf 18 erhöht.

Das starkte Interesse aktiv an diesem Implementing Agreement mitzuarbeiten und sich auszutauschen, zeigt die Attraktivität der Wirbelschichttechnologie und die große Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten wie auch die vielfältigen Herausforderungen.

So entwickelt sich die Wirbelschichttechnologie einerseits in Richtung 600 und 800 MW_e mit Kohle als Hauptbrennstoff und Biomasse als Begleitbrennstoff und höchsten Anlagenwirkungsgraden.

Auch ein Trend in Richtung großer Biomasse – Wirbelschichtanlagen ist vorhanden.

Eine große Herausforderung ist das breite Brennstoff-Spektrum im Leistungsbereich (ca. 15 – 150 MW_{th}) und in der thermischen Nutzung von Biomasse und Reststoffen bei gleichzeitiger Reduktion der Emissionen und Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit. Eine weitere Herausforderung ist hier auch der Einsatz in Richtung kleiner dezentraler Anlagen (z.B. unter 10 MW_{th}) wie z.B. für die thermische Nutzung von Klärschlamm.

Die Wirbelschicht kann auch wichtige Beiträge zur Abscheidung von CO₂ durch Oxyfuel Verbrennung leisten, was erfolgreich in einer Anlage von 30 MW_{th} demonstriert wurde. Auch bei Chemical Looping Combustion (CLC), wo die Verbrennung separat in einem Fuel - Reaktor abläuft, dient die Wirbelschicht zur Erzeugung eines CO₂ -reichen und damit leichter separierbaren Abgasstroms.

Die Wirbelschicht wird erfolgreich zur Gaserzeugung aus Biomasse eingesetzt. Neue Anlagen werden hier errichtet und der Maßstab vergrößert. Das gewonnene Synthesegas kann im Gasmotor verstromt werden, aber auch zur Gewinnung von Kraftstoffen wie Fischer - Tropsch Diesel genützt werden.

In Österreich sind 27 Wirbelschichtanlagen mit einem Leistungsspektrum von 1 – 133 MW_{th} in Betrieb und mit einer Gesamtleistung von mehr als 1000 MW_{th}. Der Einsatz der Wirbelschichttechnologie basierend auf der thermischen Leistung ist mit ca. 50% in der Papier- und Zellstoffindustrie gefolgt von der thermischen Nutzung von Reststoffen, Biomasse und Klärschlamm. Die eingesetzte Brennstoffpalette ist generell breit und reicht von Biomasse, zu Reststoffen, Schlämmen und Kohle.

In Österreich ist die gesamte Breite an Akteuren auf dem Gebiet der Wirbelschicht vertreten, von Forschung und Lehre, Anlagenbetreibern und Anlagenbauern, sowie Ministerien und Behörden.

Um die aktuellen und zukünftigen Herausforderung der Entwicklung und den Einsatz der Wirbelschichttechnologie gut begegnen zu können, sind eine nationale, internationale und über Europa hinaus ausgezeichnete Vernetzung aller Akteure eine exzellente Basis. Das IEA Implementing Agreement trägt dazu signifikant bei.

8. Ausblick und Empfehlungen

Als Ausblick und Empfehlung wird die weitere Teilnahme am IEA Implementing Agreement Wirbelschichttechnologie gegeben.

9. Literatur

Hämäläinen, J. et al. 2010: *Utility scale CFB for competitive coal power - CFB 800, brochure*, EU Project, RFCR-CT-2005-0009. http://www.vtt.fi/files/sites/flexiburncfb/cfb800_brochure.pdf

Hofbauer H, Rauch R, Loeffler G, Kaiser S, Fercher E, Tremmel H 2002: *Six years experience with the FICFB-gasification process*, in 12th European Biomass Conference, pp 982–985. ETA: Florence, Italy.

Leckner, B. (Editor) 2011: *Developments in Fluidized Bed Conversion 2005- 2010*, A summary from the member countries of the IEA-FBC Implementing Agreement, 2011, siehe unter www.iea-fbc.org Past Events.

Pröll, T., Kolbitsch, P., Bolhàr-Nordenkampf, J., Hofbauer H., 2010, *Chemical looping pilot plant results using a nickel-based oxygen carrier*, Oil & Gas Science and Technology – Revue d'IFP Energies nouvelles, 66(2), 173-180.

Purgar, A. 2012: *Technologien Österreichischer Wirbelschicht- Verbrennungsanlagen*, Diplomarbeit 2012, Techn. Universität Wien. Siehe unter www.nachhaltigwirtschaften.at

Schwaiger, K.; Haider, M.; Hämmerle, M.; Radler, D. 2013: *Fluidization Challenges and Research Results for Active Fluidization Thermal Energy Storage Systems*, 66. IEA FBC Meeting, 2013, Brünn, Tschechische Republik. Siehe unter www.iea-fbc.org

Tondl, G., Penthor, S., Wöß, D., Pröll, T., Höttl, W., Rohovec, J., Hofbauer, H., 2011, *Oxyfuel combustion of alternative fuels in a circulating fluidized bed pilot rig*, 2nd Oxyfuel Combustion Conference (OCC2), Yeppoon, Queensland, Australia, 12-16 September, 2011.

Tourunen, A. 2013: *Development of High Efficiency CFB Technology to Provide Flexible Air/Oxy Operation for Power Plant with CCS*, Poster, Flexi Burn CFB – EU FP7, 2013. Siehe unter <http://www.vtt.fi/sites/flexiburncfb/index.htm>

Yang, H. et. al. 2012: *The influence of the new emission standard on the CFB boiler in China and the solutions*, 64. IEA FBC Meeting, 2012, Neapel, Italien. Siehe unter www.iea-fbc.org

Yang, H. et. al. 2013: *Design and operation of 600MW CFB boiler in China*, 67. IEA FBC Meeting, 2013, Daejeon, Korea. Siehe unter www.iea-fbc.org

Wachter, R.: *RHKW Reststoff-Heizkraftwerk Linz*, Präsentation Puchberger Wirbelschichttreffen, 10.- 11. Oktober 2013.

Winter, F.; Szentannai, P. 2010: *IEA Fluidized Bed Conversion Programme - Status Report 2010*, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 30/2010, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien. Siehe unter www.nachhaltigwirtschaften.at