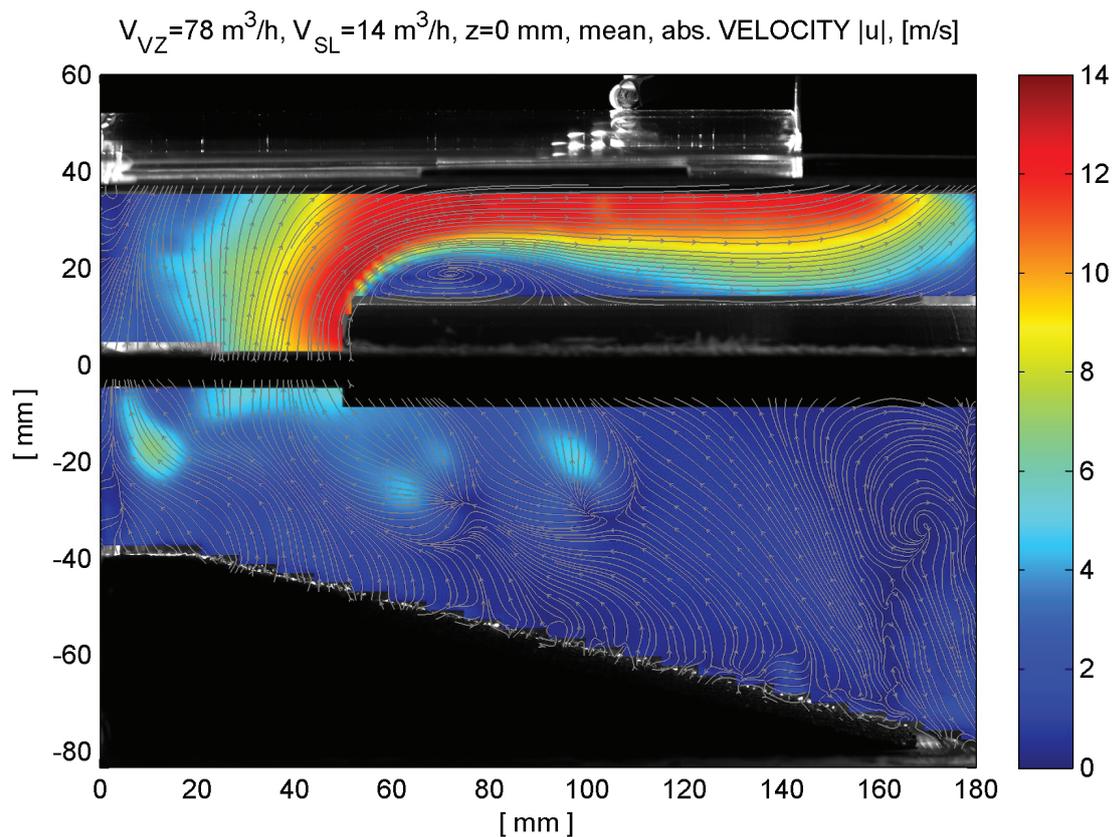


Überblicksbericht 2012

Forschungsprogramm Biomasse und Holzenergie



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Titelbild:**Geschwindigkeitsprofil im Modell einer Rostfeuerung gemessen mit Particle Image Velocimetry**

Im Rahmen eines NFP 66 Projekts werden die Massnahmen zur Optimierung der Rostauslegung und des Rostbetriebs einer 1,2 MW Vorschubrostfeuerung untersucht und in drei Arbeitsschritten die Basis für weitere Verbesserungen des Ausbrands bei gleichzeitig tieferen Stickoxidemissionen erarbeitet: (a) Realisierung und experimentelle Evaluation einer modularen Vorschubrostfeuerung zur Ermöglichung unterschiedlicher Verbrennungsregimes, (b) Simulation der Feuerungsoptimierung in einem zweiteiligen Modellansatz, (c) Zur Validierung der Fluidodynamik im Feuerraum werden Experimente mittels dreidimensionaler Strömungsmessung unter Anwendung der Particle Image Velocimetry (PIV) durchgeführt (Quelle: HSLU).

BFE Forschungsprogramm Biomasse und Holzenergie

Überblicksbericht 2012

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE

CH-3003 Bern

Programmleiterin BFE (Autorin):

Dr. Sandra Hermle, Bundesamt für Energie (sandra.hermle@bfe.admin.ch)

Bereichsleiterin BFE:

Dr. Sandra Hermle (sandra.hermle@bfe.admin.ch)

www.bfe.admin.ch/forschung/biomasse

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich die Autorin dieses Berichts verantwortlich.

Einleitung

In der Erneuerbaren Energien Richtlinie der Europäischen Union wird Biomasse folgendermassen definiert: Biomasse ist der biologisch abbaubare Teil von Erzeugnissen, Abfällen und Reststoffen der Landwirtschaft mit biologischem Ursprung, der Forstwirtschaft und damit verbundener Wirtschaftszweige einschliesslich der Fischerei und der Aquakultur. Allein die Definition zeigt, dass Biomasse ein sehr komplexes und vielfältiges Substrat ist, wobei nicht nur die Rohstoffbasis vielfältig ist, sondern auch die daraus gewonnenen Energieträger, die Umwandlungsverfahren und Formen der Endenergie.

In den Energy Technology Perspectives (ETP 2012) der IEA [1] wird aufgezeigt, dass viele Technologien, in denen Potenzial für Energie- und CO₂-Emissionseinsparungen stecken, nicht den erforderlichen Fortschritt zeigen, um die notwendige Umstellung auf eine CO₂-arme Zukunft zu vollziehen. Der Bereich der Biomassekonversion wird dabei als einer der wenigen Bereiche mit den nötigen Fortschritten gesehen. Es wird betont, dass die staatliche Unterstützung für F&E&D im Technologiebereich entscheidend ist, um erfolgsversprechende Technologien zur Marktreife zu bringen.

Innerhalb der europäischen Union spielt der SET (Strategic Energy Technology) Plan [2] der europäischen Kommission bei der Förderung der Energieproduktion aus erneuerbarer Energie eine wichtige Rolle. Im Rahmen des SET-Plans wurde die «European Industry Bioenergy Initiative (EIBI)» [3] initiiert. Ziel dieser Industrieinitiative ist die Demonstration innovativer Bioenergie-Wertschöpfungsketten mit grossem Marktpotenzial. Die Implementierung der Initiative erfolgt

durch Errichtung von Demonstrationsanlagen unter anderem über ein ERA-NET-Plus-Programm (Finanzierungsinstrument der Europäischen Kommission). Im Jahr 2012 wurde der Call von 8 Ländern bzw. Regionen erarbeitet, darunter auch die Schweiz [4]. Mit Hilfe des Calls sollen gemeinsame Bioenergieprojekte realisiert werden, welche innovativ sind und in einer Demonstrationsanlage auf vor-kommerzieller Stufe realisiert werden. Der Call wurde am 07.01.2013 lanciert.

In der Schweiz soll mit dem *Aktionsplan koordinierte Energieforschung Schweiz* die Energieforschung einen relevanten Beitrag zur Umsetzung der Ziele der Energiestrategie 2050 leisten. Dies soll über den Ausbau der Kapazitäten für prioritäre Forschungsbereiche, die Optimierung der Strukturen der Energieforschung, die Abstimmung der Fördermassnahmen für Grundlagenforschung, angewandte Forschung, P&D Projekte und Wissens- und Technologietransfer (WTT) zwischen den Hochschulen und der Wirtschaft und einer Verstärkung der Integration der Energieforschung in Programme der EU erfolgen. Ein Element des Aktionsplans ist der Aufbau von Kompetenzzentren in verschiedenen Technologiebereichen, u. a. bei der Biomasseforschung. Zurzeit erfolgt eine inhaltliche Präzisierung zu Forschungsthemen, welche in den Kompetenzzentren bearbeitet werden sollen, wobei der Aktionsplan langfristig ausgelegt ist (Horizont 2020).

Die internationalen Forschungsschwerpunkte bezogen auf die einzelnen Konversionstechnologien, welche für die Schweiz relevant sind, sind vielfältig. Im Bereich der Verbrennung von Holziger Biomasse stehen Aerosole, Torrefizierung, die Verbrennung in kleinen Bio-

massekesseln und -feuerungen, WKK-Anlagen, Ascheverwertung, Zuführung von Biomasse, Modellierung mittels CFD (Computational Fluid Dynamics) und gesundheits- und sicherheitsrelevante Aspekte im Fokus. Diese Themen wurden auch am 12. Holzenergie-Symposium [5], welches im September 2012 stattfand, innerhalb verschiedener thematischer Blöcke aufgegriffen.

Im Bereich der Vergasungstechnologie wichtige Forschungsthemen sind die Optimierung von Anlagenkonzepten für die Produktion von Strom und Wärme, synthetisches Erdgas (SNG), Alkohole und BtL-Treibstoffen (Biomass-to-Liquid). Hier geht es sowohl um die Prozess-, als auch die Komponentenoptimierung.

Schwerpunktt Themen, welche bei der anaeroben Vergärung international von Bedeutung sind, betreffen die Aufbereitung und Einspeisung von Biogas, die Vorbehandlung von Gärsubstraten, die Prozessoptimierung, die Gärrestverarbeitung und das Thema Emissionen.

Energiotechnologien werden vermehrt ineinander greifen, was eine gemeinsame Weiterentwicklung bedingt. Gemäss ETP 2012 [1] wird ein CO₂-armes Energiesystem viele verschiedene Energiequellen umfassen, was bedeutet, dass das zukünftige Energiesystem integrierter sein muss, komplexer sein und eine stärker dezentrale Erzeugungsstruktur aufweisen wird. Dementsprechend werden auch in der Biomasseforschung Fragestellungen an Bedeutung gewinnen, welche im Zusammenhang mit der Kombination von verschiedenen Technologien und der Integration in das gesamte Energieversorgungssystem stehen.

IEA Klassifikation: 3.4 Bio-Energy

Schweizer Klassifikation: 2.4 Biomasse und Holz

Programmschwerpunkte

Das Forschungsprogramm *Biomasse und Holzenergie* des BFE leistet einen wichtigen Beitrag zur effizienten Nutzung der nationalen Biomasse zur Energieproduktion. Im Fokus der Forschungsförderung stehen die drei Technologien Biomasseverbrennung, Biomassevergasung und anaerobe Vergärung. Alle drei Technologien werden anhand von Forschungsfragen an Schweizer Hochschulen, Fachhochschulen, KMUs und privaten Büros untersucht, um die Verfahren zu optimieren, den Wirkungsgrad zu steigern und die Emissionen zu senken.

Rückblick und Bewertung 2012

Im Berichtsjahr 2012 stand bei der anaeroben Vergärung die Optimierung der Prozesse z. B. im Hinblick auf Emissionen, Vorbehandlung von Substraten, Nachbereitung des Gärguts und Berücksichtigung von Hygieneaspekten im Vordergrund. Ebenfalls um die Frage der Optimierung geht es bei einem laufenden Projekt im Holzfeuerungs-bereich, wo die Schadstoffreduktion im Fokus stand. Die Emissionsthematik wurde sowohl im Vergärungsbereich (Methan- und Geruchsemissionen), als auch im Holzbereich (Verfügbarkeit und Einbindung von Partikelabscheidern bei automatischen Holzfeuerungen) in Projekten bearbeitet. Ferner läuft ein P&D-Projekt im Bereich Holznutzung aktiv, welches sich mit der Entwicklung einer marktreifen Technik für die kombinierte Steigerung der Energieeffizienz (durch

Wärmerückgewinnung aus den Abgasen) und die Reinigung der Abgase bei Holzfeuerungen beschäftigt. Ein weiteres P&D-Projekt wurde im Berichtsjahr abgeschlossen und hatte die Entwicklung eines holzbefeuerten BHKW mit Heissluftturbine im Pilotmasstab zum Ziel.

Neben der Untersuchung aktueller Fragestellungen mittels wissenschaftlicher Untersuchungen in einzelnen Forschungsprojekten ist die Vernetzung der Akteure in der Biomassebranche ein wichtiger Aspekt, um Erkenntnisse kritisch zu diskutieren und publik zu machen. Im Jahr 2012 wurde das alle zwei Jahre stattfindende Holzenergiesymposium [5] mit rund 300 Teilnehmern aus dem In- und Ausland durchgeführt. Diese Veranstaltung ist fest in der Holzenergieszene etabliert und genießt grosses Ansehen, was auch die grosse Teilnehmerzahl bestätigt. Ziel des Symposiums ist der Erfahrungsaustausch von Fachleuten und Interessenten über Entwicklungen und Trends im Bereich der Bioenergie.

Die jährlich stattfindende Nanoparticles Conference wurde auch 2012 mit mehr als 400 internationalen Teilnehmern erfolgreich durchgeführt. Der Fokus dieser Konferenz liegt auf der Bildung von Nanopartikeln durch Verbrennungsprozesse, wobei technische Aspekte ebenso diskutiert werden wie Umwelt- und Gesundheitsaspekte. Der Fokus liegt auf der motorischen Verbrennung, wobei auch Beiträge zur Verbrennung von Holz Eingang fanden.

Ausblick

In Zukunft wird die Förderung von P&D-Anlagen von marktnahen Entwicklungen im Biomassebereich eine wichtige Rolle spielen. Für möglichst tiefe spezifische Kosten sind tiefe Investitionskosten und ein hoher Nutzungsgrad wichtige Voraussetzungen. Gleichzeitig gilt es auch, bestehende Anlagen und Prozesse betreffend Betriebskosten zu optimieren, und auch mit anderen Technologien – wo sinnvoll – zu kombinieren. Bei der Erzeugung von Strom im Rahmen der Biomassenutzung fällt in erheblichem Masse Wärme an. Um die Energieausbeute bei der Nutzung von Biomasse zu optimieren, gilt es, diese Wärme zu nutzen (optimale Standorte, neue Konzepte, bessere Anlagenintegration). Um die Förderung der Verwendung von biogenen Abfällen, Hofdünger und Reststoffe, welche sich günstig auf die Nachhaltigkeit und Treibhausgasbilanz der ganzen Kette auswirken und die ein grosses Potenzial besitzen, zu stärken, sollen neue Technologien zur möglichst vollständigen Umsetzung der Abfallbiomasse und zur Wiederverwertung der Reststoffe entwickelt werden. Für die rasche Umsetzung ist nicht nur die Vernetzung der Forscher von Bedeutung, sondern in erster Linie die Vernetzung von Industrie und Forschung.

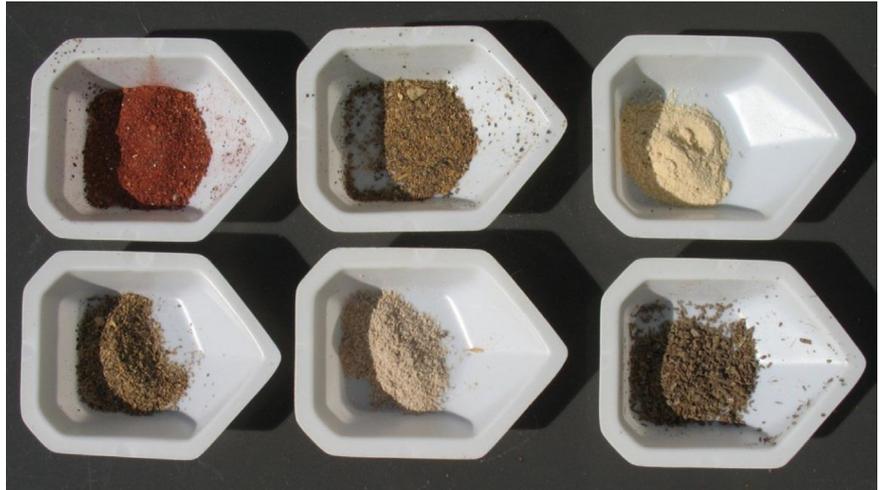
Highlights aus Forschung und Entwicklung

Im Berichtsjahr wurde bei der Technologie der anaeroben Vergärung aktuelle Fragestellungen bearbeitet, welche die ganze Prozesskette vom Eintrag des Substrats in den Fermenter über die Verfahrenstechnik bis hin zur Nachbereitung und den Emissionen einbeziehen.

Substratvorbehandlung zur Optimierung der Vergärung und Nachbereitung von Gärgut

Innerhalb der Studie «Massnahmen zur Optimierung der Vergärung durch Vorbehandlung, Prozess- und Verfahrenstechnik und Hilfsstoffe» [6] wurden 28 verschiedene biochemisch aktive Zusätze (z. B. Enzymmischungen, Hemicellulasen, Lipasen, Pektinasen etc.) und fünf chemisch-physikalische Vorbehandlungsmethoden (Ultraschall, Ozon, Mikrowelle, alkalische Hydrolyse, Wärmebehandlung) an vier Substratklassen (Rindergülle, Silage, Klärschlamm, Proteinsubstrat), die für die Schweiz aus energetischer Sicht relevant sind, untersucht. Aufgezeigt werden soll, welche Vorbehandlungsmethoden vielversprechend bezüglich Steigerung der Biogasausbeute und Erhöhung des Methananteils sind. Ausserdem sollen die eingesetzten Methoden im Hinblick auf Ökonomie, Ökologie und Energieverbrauch bewertet werden.

Es konnte gezeigt werden, dass Enzymprodukte nur für eine kurze Zeitdauer von 30 bis 120 Minuten wirken, da offensichtlich Hemmeffekte auftreten, die bei den verschiedenen Substraten unterschiedlich stark ausfallen. Für eine effektive Wirksamkeit müssten Enzyme praktisch kontinuierlich während der Vergärung zu dosiert werden, was ökonomisch nicht rentabel wäre. In mesophilen Langzeit-Gasbildungsversuchen konnte gezeigt werden, dass Rindergülle sehr resistent gegenüber dem enzymatischen Angriff ist, während Grüngut moderate Steigerungen von bis zu 13 % zeigt. Bei Klärschlamm weisen Enzyme allein kaum eine Wirkung auf, wogegen in der Kombination mit Wärme ein Methanmehrertrag von bis zu 30 % erreicht wurde. Es gilt jedoch zu beachten, dass die meisten Produkte nicht für die unter-



Figur 1: Enzymprodukte und Zusätze. Obere Reihe von links nach rechts: Enzymmischung mit Zusatzstoffen D, Enzym K, Enzymmischung A; untere Reihe: Enzymmischung E, Mikroorganismen mit Hilfsstoffen C, Mikroorganismenprodukt B (ZHAW).

suchten Substrate entwickelt und optimiert wurden, sondern für den globalen nachwachsende-Rohstoffe-Markt.

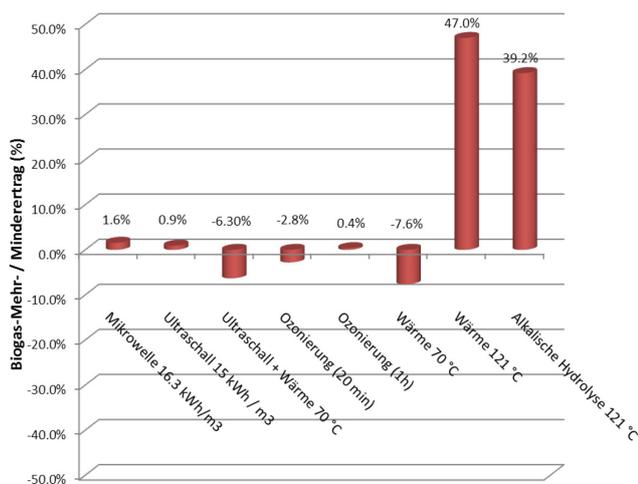
Bezüglich chemisch-physikalischer Vorbehandlungsmethoden hatte Wärme einen positiven Effekt auf die Gasbildung (Gasertrag) bei allen untersuchten Substraten: Rindergülle +47 % im, Klärschlamm +15 % und Proteinsubstrate +30 %. Wichtig ist festzuhalten, dass erst Temperaturen ab 120 °C ein durchwegs positives Ergebnis zeigt (siehe Figur 1). Die Kombination von Wärme und Enzymen zeigen oft positive synergetische Effekte, so kann bei Klärschlamm mit nur 70 °C und Enzymzusätzen ein Gasmehrertrag von bis zu 30 % erreicht werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei «milden» Substratvorbehandlungsmethoden der Methanmehrertrag gering bis nicht vorhanden ist. Höherer Energieeinträge bringen zwar eine deutliche Steigerung des Gasertrags, jedoch sollte der erforderliche Energieaufwand beachtet werden. Nicht unterschätzt werden darf das Restgaspotenzial, das bei verschiedenen Substratgruppen unterschiedlich ausfällt. Wird die Vergärungsdauer dem Substrat angepasst, so kann bis zu 18 % Mehrertrag erzielt werden, was mit einer Reduktion der umweltrelevanten Methanemissionen einhergeht. Ökonomisch betrachtet darf die Substratvorbehand-

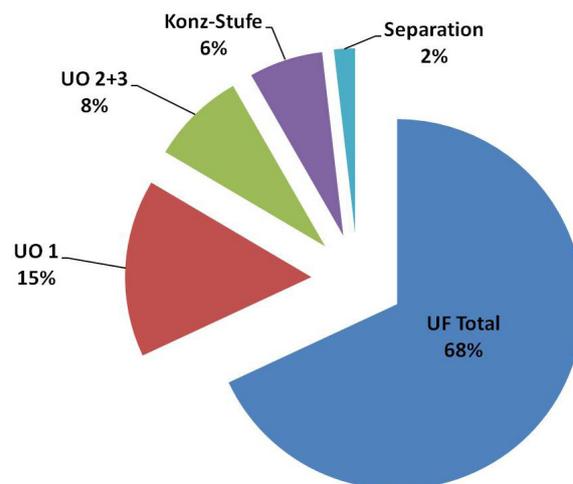
lung bei relativ verdünnten Substraten wie Rinderdüngülle oder Klärschlamm nur wenig kosten. Um einen Methanmehrertrag von 10 % zu erzielen, können nur etwa 0,35 CHF pro Tonne aufgewendet werden. Viele energieaufwändige Methoden oder teure Produkte zur Vorbehandlung scheiden damit im Vorfeld aus.

Fazit ist, dass eine effiziente Nutzung und Übertragung von Wärme zur Substratvorbehandlung die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen erhöhen kann.

Neben der Vorbehandlung von Substrat kann auch das gewonnene Gärgut nachbereitet werden, um die Nährstoffe in konzentrierter Form nutzen zu können. Im Projekt «Nachbereitung von Gärgut» soll untersucht werden, ob die Aufbereitung von Gärgut in einer Region, in welcher die im vergorenen Material enthaltenen Nährstoffe nicht vollständig in der unmittelbaren Umgebung der Biogasanlage ausgebracht werden können, aus energetischer, ökologischer und ökonomischer Sicht Sinn macht. Ein Ziel der Aufbereitung der Gärreste aus der Trocken- und Nassvergärung ist die Erhöhung der Transportwürdigkeit der flüssigen Gärreste durch Konzentration der Nährstoffe. Die zu transportierenden Volumina lassen sich bei gleichen Nährstofffrachten wie in unbehandeltem Material um bis zu 80 % reduzieren. Allerdings ist dabei – neben zusätzlichen



Figur 2: Zusammenfassung verschiedener physikalischer und chemischer Vorbehandlungsmethoden auf den kumulierten Gasertrag aus Rindergülle. Die Kontrolle betrug 363 NL Biogas/kg OTS (organische Trockensubstranz) (ZHAW).



Figur 3: Anteile des Energiebedarfs nach Messgruppen bei der Nachbereitung von Gärgut auf der Anlage SFP Inwil (Engeli engineering).

Investitionen – ein erheblicher Energieinput für den Betrieb der Aufbereitungsanlagen erforderlich, welcher den Einsparungen beim Transport und gegebenenfalls der Nährstoffausbringung gegenübergestellt werden muss.

Das Projekt ist in die Module Energie, Emissionen, Nährstoffe und Hygiene unterteilt. Die Untersuchungen werden am Beispiel der Anlage «Swiss Farmer Power» in Inwil durchgeführt, wo eine Nährstoffaufbereitung mit fest/flüssig-Trennung, Ultrafiltration und Umkehrosmose in Betrieb ist.

Der Energiebedarf der einzelnen Verbraucher der Gärrestaufbereitung wurde im Modul Energie kontinuierlich erfasst. Es zeigte sich, dass der Energieaufwand im Mittel rund 22 kWh/t ($\pm 10\%$) beträgt. Mehr als zwei Drittel des Energieaufwands ist für die Ultrafiltration nötig und knapp 30 % für die 4-stufige Umkehrosmose, während die erste fest/flüssig-Trennung rund 2 % verbraucht (Figur 2). Der Energieaufwand für die Nachbereitung entspricht rund 15 % des Energieertrags im produzierten Biogas (ohne Transport und Ausbringung).

Im Modul Emissionen konnte festgestellt werden, dass bei der Aufbereitung des Gärguts kaum Emissionen zu erwarten sind und die Emissionsunterschiede bei der Lagerung von Produkten kaum Ein-

fluss haben. Die Arbeiten im Jahr 2013 werden sich deshalb vermehrt auf die Emissionen bei der Ausbringung konzentrieren. Literaturstudien belegen, dass durch den hohen pH-Wert des Konzentrats von 8,1–8,3 rund 10 % des Ammoniums als Ammoniak vorliegt, welcher sich verflüchtigen kann, dementsprechend aus dem Ammoniumdepot sofort wieder ersetzt wird, was zu weiteren Emissionen führt. Um dieses Problem besser verstehen zu können, werden in der Vegetationsperiode 2013 Feldversuche mit der Ausbringung von Konzentrat durchgeführt.

Im Modul Nährstoffe geht es um die Erarbeitung quantitativer Angaben über das Vorliegen von Nährstoffen und Schwermetallen in den einzelnen Stoffströmen der Anlage. Es konnte gezeigt werden, dass von den durchschnittlich 140 m³/d zugeführtem Gärgut (87 %) plus Prozesswasser (13 %) ein Drittel abgetrenntes Material wieder in die Vergärung zurückgeführt wird. Ein weiteres Drittel wird als Permeat der ARA zugeführt, rund ein Fünftel verlässt die Anlage als Nährstoffkonzentrat und ca. 14 % als festes Gärgut. Der Gehalt an Ammonium beim Input beträgt 2,2 g/l und wird im Konzentrat auf ca. 7,5 g/l aufkonzentriert. Beim Phosphor wurde im Konzentrat eine Reduktion der Ausgangskonzentration von 0,7 auf 0,09 g/l

gemessen, der Phosphor verlässt die Anlage vorwiegend im Feststoff. Weitere Nährstoffe (K, Ca, Mg, S) und Schwermetalle (Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) werden in einem nächsten Schritt untersucht werden. Zum Hygienemodul liegen bis zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Resultate vor.

Methanverluste bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen

Methanemissionen bei Biogasanlagen verursachen zum einen Ertragseinbußen und zum anderen belasten sie die Umwelt. Ziel dieses Projekts war die Emissionsquellen bei Biogasanlagen aufzuzeigen und mögliche Minderungsmaßnahmen vorzuschlagen.

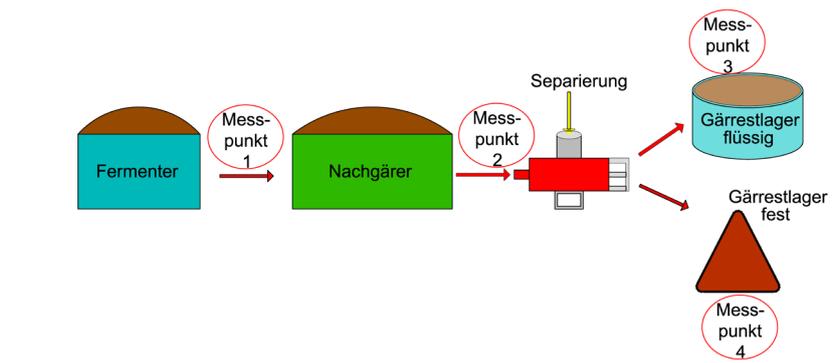
Aufgrund einer Befragung auf 38 landwirtschaftlichen Biogasanlagen wurden 12 repräsentative Anlagen (Kriterien: Speicherverfahren, Durchflussverfahren, Zusatzkriterien) ausgewählt, um diese mittels einer Gaskamera (GasCam) auf Methanverluste zu untersuchen. Mit dieser Methode können die Emissionsquellen aufgefunden gemacht, jedoch nicht quantifiziert werden.

Es konnten auf allen Anlagen Lecks gefunden werden, jedoch war die Anzahl

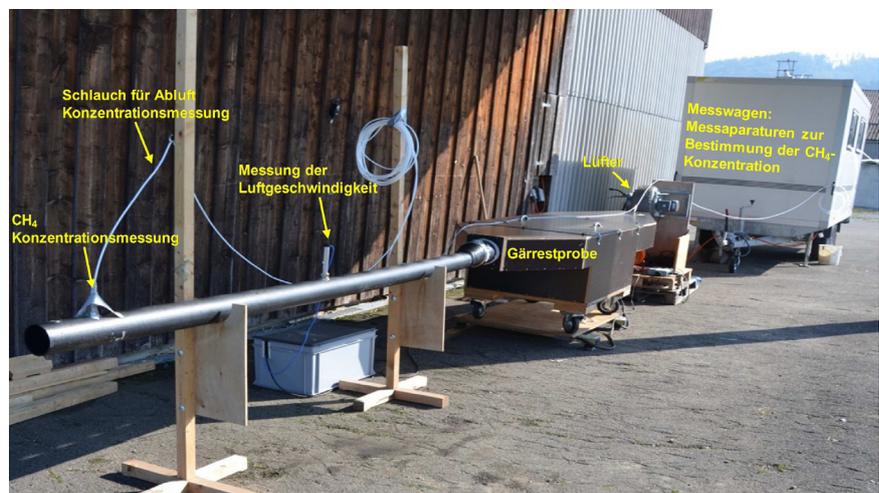
der Lecks pro Anlage sehr unterschiedlich. Fast die Hälfte der Anlagen wiesen Methanverluste im Bereich des Übergangs der Gashaube zur Fermenterkrone auf. Ebenfalls oft traten Methanverluste bei Wanddurchbohrungen oder -aussparungen auf.

Neben diesen punktuellen sind Flächenquellen wie Gärrestlager und Vorgrube hinsichtlich Methanemissionen von grosser Bedeutung. Zur Quantifizierung der Gärrestemissionen nach Vergärungs- oder Behandlungsstufen Fermenter, Nachgärer und Separator wurde die Methode der dynamischen Durchflusskammer verwendet (Figur 2). Auf 3 Biogasanlagen wurden unter Berücksichtigung aller vier Jahreszeiten Messungen durchgeführt. Zusätzlich wurde von jeder Gärrestprobe das Methanrestpotenzial mit Hilfe des Hohenheimer Biogasertragstests unter Laborbedingungen bestimmt. Die in der Durchflusskammer gemessenen Emissionen betragen bei den Fermenter-Gärresten 2–37 %, bei den Nachgärer-Gärresten 2–24 %, bei den separierten flüssigen Gärresten 3–37 % und bei den separierten festen Gärresten 0–20 % des Methanrestpotenzials. Die Gärreste aus dem Fermenter emittierten etwa 2 % in Bezug auf die Gasproduktion im Fermenter. Beim Nachgärer und den flüssigen Gärresten waren es etwas 0,5 %, bei den festen Gärresten weniger als 0,1 %.

Die meisten festgestellten punktuellen Methanverluste sind auf konstruktive Mängel oder unzureichende Wartung zurückzuführen. Die wirksamste Massnahme zur Reduktion der Methanemissionen aus Gärresten ist die Verringerung



Figur 4: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der Probenahme von Gärresten (Agroscope, ART).



Figur 5: Messeinrichtung zur Quantifizierung der Methanemissionen aus Gärresten (Agroscope, ART).

deren Methanrestpotenzials. Lange Verweilzeiten und zweistufige Anlagen mit Fermenter und Nachgärer ermöglichen eine grössere Methanausbeute bei der Vergärung. Durch eine gasdichte Abdeckung des flüssigen Endlagers mit Nut-

zung des anfallenden Biogases lassen sich Methanemissionen während der Lagerung vermeiden. Die Separierung der Gärreste in eine flüssige und eine feste Phase trug nicht zur Verringerung der gesamten Methanemissionen bei.

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Laboranlage zur Torrefizierung von Biomasse

Die Torrefizierung von Biomasse dient der Erhöhung der massen- und volumenbezogenen Energiedichte und damit des Heizwerts des Rohmaterials, der Steigerung der Transportwürdigkeit oder

der Reduktion des Aufwands bei einem nachfolgenden Zermahlen von Biomasse (z. B. bei der Zufeuerung von Biomasse).

Ziel dieses Projektes war die Konstruktion einer Torrefizierungsanlage im Labormassstab (Figur 4), um verschiedene Substrattests zu fahren und die Anlage in einem zweiten Schritt zu optimieren.

In einem ersten Schritt wurden Batch Versuche an einem Versuchsofen mit 500 g Material durchgeführt, um einen ersten Anhaltspunkt zu den Verfahrensbedingungen (Dauer, Massenverlust, oberer Heizwert, Zusammensetzung des produzierten Gases (Torgas)) zu erhalten. Getestet wurden folgende Substrate:



Figur 6: Pilotanlage zur Torrefizierung von Biomasse (HEIG-VD).

verschiedene Hackschnitzel, Astmaterial und Gärreste aus Kompogas-Anlagen. Im Anschluss an die Batchversuche erfolgte die Auslegung und Konstruktion einer kontinuierlich betriebenen Laboranlage. Berechnungen zeigten, dass es theoretisch möglich sein sollte, den Prozess autotherm zu betreiben, sobald die Torrefizierung und die Verbrennung des Torgases ablaufen. Um dieses Ziel zu erreichen ist es unabdingbar, den Ener-

giebedarf und die Energieverluste der Anlage zu kennen. Folgende Biomasse-sortimente wurden in der Laboranlage torrefiziert: Gärreste aus Kompogas-Anlagen, Astmaterial und Weizenkleie. Das Material wurde zuerst grob zerkleinert und dann mit einem Schlegelmulchgerät auf 20 x 20 mm grosse Stücke reduziert und in einem Ofen getrocknet. Für einen industriellen Betrieb liegen die Dimensionen des einzubringenden Substrats bei

40 x 40 x 4 mm (LBD). Das zerkleinerte Material gelangte über einen Fülltrichter und eine Schleuse über eine Förderschnecke in die Reaktionskammer, die elektrisch durch Wärmeleitung beheizt wurde. Bei einer industriellen Anlage soll die Wärmebereitstellung über die Verbrennung des Torgases erfolgen.

Erste Versuche auf der Laboranlage zeigten, dass der Wärmebedarf für die Torrefizierung tiefer ist, als die Wärmeproduktion durch die Verbrennung des Torgases. Der Heizwert des Torgases wurde in der Versuchsperiode 2012 aufgrund des gemessenen oberen Heizwertes für Astmaterial und dem Massenverlust auf 17,6 MJ/kg berechnet. Es ist angedacht das Torgas mittels eines Porrenbrenners oder einer Mikrogasturbine zu nutzen. Der Heizwert des torrefizierten Materials wurde mit 21 MJ/kg gemessen, wobei die Reaktionszeit für die Torrefizierung 20 Minuten betrug.

In einem nächsten Schritt sollen die Emissionen in Bezug auf die Einhaltung der Luftreinhalteverordnung (LRV) genauer untersucht werden. Gleichzeitig sollen Versuche mit torrefiziertem Material in Pelletöfen und -kesseln gefahren werden.

Nationale Zusammenarbeit

Das Forschungsprogramm *Biomasse und Holzenergie* pflegt eine intensive Zusammenarbeit mit Hochschulen, Universitäten, privaten Forschungsstellen und Kompetenzzentren.

BFE-intern arbeitete man auch im Jahr 2011 eng mit dem Marktbereich zusammen, um marktrelevante Bedürfnisse im Forschungsprogramm aufzunehmen. In der Begleitgruppe des Forschungsprogramms haben deshalb sowohl die Marktbereichsleiter Biomasse (Sektion Erneuerbare Energien), als auch die Mandatsträger von EnergieSchweiz Einsitz, wodurch sowohl der Informationsfluss, als auch angeregte fachliche Diskussionen gewährleistet sind. Gleichzeitig erfolgt ausserhalb der Begleitgruppe auch ein Austausch mit anderen Forschungsprogrammen des BFE, welche thematisch eng mit dem Forschungsprogramm *Biomasse und Holzenergie* verknüpft sind (z. B. *WKK, Industrielle Prozesse*).

Alle zwei Jahre findet das vom BFE und Verenum organisierte Holzenergie-Symposium statt, welches nationale und internationale Fachleute im Bereich Holzenergie zum Austausch zusammenbringt, um die neuesten Trends und

Entwicklungen zu diskutieren. Im Jahr 2012 begann das Symposium mit einem Einleitungsblock zum Thema «Holzenergienutzung in der Energiestrategie 2050», gefolgt von einem Technik- und einem Umsetzungsteil. Den Abschluss bildeten verschiedene Referate zu den neusten Trends bei der Holzenergienutzung.

Im Frühjahr 2012 fand das jährlich 4-mal stattfindende LCA (Life Cycle Analysis) Forum auf Wunsch des BFE in Bern statt, wobei das Thema «LCA of energetic biomass utilization» gewählt wurde. Es wurden LCA-Projekte, welche vom BFE unterstützt wurden, einem breiten Publikum vorgestellt und diskutiert.

Auch die Ämter übergreifende Zusammenarbeit spielt innerhalb des Forschungsprogramms eine wichtige Rolle. Neben der vom BAFU initiierten Koordinationsgruppe Ökobilanzen (Einsitz von BAFU, BBL, BFE, SECO) wurde mit verschiedenen Sektionen des BAFU und auch mit dem BLW der Austausch gepflegt. Ein weiteres Instrument zum ämterübergreifenden Austausch ist die AG Biomasse mit Einsitz von ARE, BAFU, BLW, BVet, EAV, EZV, und Seco.

Internationale Zusammenarbeit

International Energy Agency (IEA): Das BFE ist Mitglied beim Implementing Agreement Bioenergy der IEA [7], welches aus 13 Tasks besteht. Die Schweiz arbeitet in drei Tasks aktiv mit. Generell haben die Schweizer Vertreter in dem jeweiligen Task zum Ziel, den internationalen Stand von Technik, Forschung und Marktumsetzung zu kennen und in der Schweiz zu vermitteln, und Schweizer Erfahrungen einzubringen.

Task 32: Biomass Combustion and Co-Firing: Ziel des IEA Bioenergy Task 32 ist die Förderung des vermehrten Einsatzes von Biomasse in Verbrennungsanlagen zur Energienutzung und Substitution von fossilen Energien [8]. Dazu sollen Schwachstellen der heutigen Versorgung identifiziert und in internationaler Zusammenarbeit an deren Lösung gearbeitet werden. Im Weiteren sollen die Potenziale der zur Biomasseverbrennung geeigneten Sortimente abgeschätzt und so ein sinnvoller Ausbau der Biomasse unterstützt werden. Die IEA sichert dazu einen Erfahrungsaustausch über Methoden und Verfahren zur Verbesserung der Effizienz und Umweltverträglichkeit von Anlagen zur Biomasseverbrennung. Schwerpunkt im Berichtsjahr waren die Ausarbeitung des Dreijahresplans und die IEA Konferenz in Wien [10]. Bezüglich des Arbeitsplans wurden aus der Schweiz zwei Projekte vorgeschlagen: die Analyse von Fernwärmenetzen und eine Stellungnahme zu Aerosolen.

Task 33: Thermal Gasification of Biomass: Dieser Task [9] begleitet die Forschung, Umsetzung in Pilot- und Demonstrationsanlagen sowie die Markteinführung und den kommerziellen Anlagenbetrieb der thermischen Vergasung von Biomasse. Konzepte für Kleinanlagen im kW-Bereich als auch für Grossanlagen im 100 MW-Bereich und grösser stehen zur Diskussion. Forschungsthemen im Bereich Vergasung sind: (1) Optimierung der Anlagenkonzepte für CHP, SNG, Mixedfuel- und Biofuel-Produktion; (2) Prozessoptimierung für die Herstellung von SNG, Mixedfuel, BtL; (3) Komponentenoptimierung: Gasreinigung, Filterkonzepte, Optimierung der Synthetisierung; und (4) Verbesserung des gesamten Anlagen-Wirkungsgrades auf den verschiedenen Verfahren. Im vergangenen Jahr führte der Task im Rahmen seines Frühjahrsmeetings einen Workshop zum Thema «Bed Materials» durch und organisierte eine Session bei der IEA Bioenergy Conference 2012 [10].

Task 37: Energy from Biogas and Landfill Gas: Die übergeordnete Aufgabe des Tasks [11] ist der Informationsaustausch über die Technik der anaeroben Vergärung. Dazu gehört die Gärtechnik, Beurteilung von Substraten, Nutzung von produziertem Biogas sowie der Einsatz des Gär-guts als organischer Dünger. Der Task organisierte im Jahr 2012 anlässlich seines Frühjahrestreffens einen Workshop

zum Thema «Biogas in the Loop of Recycling» und organisierte eine Session bei der IEA Bioenergy Conference 2012 [10]. Innerhalb des Tasks sind verschiedene technische Broschüren in Bearbeitung bzw. wurden publiziert (z. B. Quality management of digestate from biogas). Ebenfalls wurden zahlreiche Erfolgsgeschichten veröffentlicht. Im Folgenden sind einige Schwerpunkte für das kommende Triennium (2013–2015) genannt: Vergärung von Klärschlamm; Aufbereitungstechniken für Gärgut, im Hinblick auf Nährstoffregeneration; Integration der Vergärung in andere industrielle Prozesse für einen besseren Ressourcengebrauch und eine Reduzierung von Treibhausgasemissionen; Emissionsmanagement bei der Biogasproduktion über die gesamte Prozesskette hinweg.

IEA Advanced Motor Fuels ExCo: Das BFE ist ebenfalls Mitglied im Implementing Agreement Advanced Motor Fuels (AMF) der IEA [12]. Das Meeting des Executive Committees von IEA AMF wurde im Frühjahr 2012 in der Schweiz durchgeführt mit einem Exkursionstag zu IEA AMF relevanten Projekten am PSI und der EMPA. Mit 44 Teilnehmern aus 17 verschiedenen Ländern konnte ein Rekord aufgestellt werden.

SET Plan: Das BFE nimmt eine Koordinationsfunktion bei der European Industrial Bioenergy Initiative (EIBI) des SET-Plans (European Strategic Energy Technology Plan) [2, 3] der Europäischen Kommission ein. Im Berichtsjahr wurde ein Proposal für die Lancierung eines ERA-NET Plus Calls erarbeitet, welcher Anfang Januar 2013 publiziert wurde. Ziel dieses Calls ist die Implementierung von Bioenergie-Demonstrationsprojekten gemäss EIBI Implementation Plan. Insgesamt stehen 7 Wertschöpfungsketten im Fokus (sowohl thermochemisch, als auch biochemisch), wobei die Schweiz am thermochemischen Umwandlungspfad der Vergasung interessiert ist.

Die alljährlich stattfindende Nanoparticles Conference (auch unterstützt vom BFE) [13] griff 2012 das Thema «How to regulate ambient nanoparticles» auf. Nationale und internationale Experten diskutierten zum Thema Nanopartikel und deren Inhaltstoffe, black carbon, Metalloxide etc., von deren unterschiedlicher Toxizität, von ihren Klimawirkungen und gezielten Massnahmen und Bewertungen. Mit mehr als 400 Teilnehmern war die Veranstaltung ein voller Erfolg.

Referenzen

[1] IEA, *Energy Technology Perspectives (2012)*: <http://www.iea.org/etp/>

[2] Europäische Kommission: *Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) (2008)* (http://ec.europa.eu/energy/technology/set_plan/set_plan_en.htm)

[3] Europäische Kommission: *European Industry Bioenergy Initiative (EIBI) (2008)* (<http://setis.ec.europa.eu/newsroom-items-folder/european-industrial-bioenergy-initiative-eibi-news-1>)

[4] <http://www.eranetbestf.net/>

[5] BFE, *Verenum (2012): 12. Holzenergiesymposium: Holzenergie-Nutzung in der Energiestrategie 2050* (<http://www.holzenergie-symposium.ch/>)

[6] BFE, ZHAW, Ingenieurbüro Hersener, Meritec AG (2012): *Massnahmen zur Optimierung der Vergärung* (http://www.bfe.admin.ch/forschungbiomasse/02390/02720/03176/index.html?lang=de&dossier_id=05706)

[7] *International Energy Agency (IEA) Implementing Agreement Bioenergy* (<http://www.ieabionergy.com>)

[8] *Implementing Agreement Bioenergy Task 32* (<http://www.ieabcc.nl>)

[9] *Implementing Agreement Bioenergy Task 33* (<http://www.ieatask33.org>)

[10] *IEA Bioenergy Conference 2012* (<http://www.ieabioenergy2012.org/>)

[11] *Implementing Agreement Bioenergy Task 37* (<http://www.iea-biogas.net>)

[12] *Implementing Agreement Advanced Motor Fuels* (<http://www.iea-amf.vtt.fi/>)

[13] BFE, ETHZ, PSI (2012): *16th ETH-Conference on Combustion Generated Nanoparticles* (http://www.lav.ethz.ch/nanoparticle_conf/Former)

Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(* IEA-Klassifikation)

- | | | | |
|--|--|----------|-----------|
| ● | OPTIMIERUNG DER HYDROLYSE UND SALZABTRENNUNG BEI DER HYDROTHERMALEN VERGASUNG VON BIOMASSEN | R&D | 3.4* |
| Lead: | PSI Paul Scherrer Institut | Funding: | BFE |
| Contact: | Vogel Frederic frederic.vogel@psi.ch | Period: | 2008–2012 |
| Abstract: Die hydrothermalen Vergasung (300 bar, 300-500°C) ermöglicht die Umsetzung von nasser Biomasse zu synthetischem Erdgas (SNG) ohne vorhergehende Trocknung. Um die Vergasung nasser Biomasse in einem kontinuierlichen Prozess durchzuführen, ist es notwendig anorganische Salze auszuschleusen und die Koksbildung zu unterdrücken, um eine Verstopfung der Anlage zu verhindern. | | | |
- | | | | |
|--|---|----------|-----------|
| ● | MESSVERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER PARTIKELEMISSIONEN VON FESTBRENNSTOFFFEUERUNGEN | R&D | 3.4 |
| Lead: | Ökozentrum Langenbruck | Funding: | BFE, BAFU |
| Contact: | Gaegauf Christian christian.gaegauf@oekozentrum.ch | Period: | 2011–2012 |
| Abstract: Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Validierung eines neuen Messverfahrens für Partikelemissionen in den Abgasen von Feuerstätten und Kesseln für feste Brennstoffe. Das Verfahren will Basis für ein zukünftiges einheitliches Messprozedere sein, das in eine europäische Norm einfließen soll. Die Arbeiten werden von insgesamt 19 Partnern aus 10 europäischen Ländern durchgeführt. | | | |
- | | | | |
|--|--|----------|-----------|
| ● | ENTWICKLUNG DER INGENIEURWISSENSCHAFTLICHEN GRUNDLAGEN DER SCHWEFELRESISTENTEN METHANISIERUNG | R&D | 3.4 |
| Lead: | PSI Paul Scherrer Institut | Funding: | BFE |
| Contact: | Biollaz Serge serge.biollaz@psi.ch | Period: | 2010–2012 |
| Abstract: Es soll eine schwefelresistente Methanisierungsstufe für den Prozess Methan aus Holz entwickelt werden. Gegenüber der Niedertemperaturschwefelung mittels Gaswäsche, die bei der 1 MW SNG-Anlage am Standort Güssing zum Einsatz kommt, hat die Hochtemperatur-Entschwefelung Vorteile hinsichtlich des Gesamtwirkungsgrades und der Anlagenverfügbarkeit. | | | |
- | | | | |
|--|---|----------|-----------|
| ● | GERUCHSQUELLEN BEI BIOGASANLAGEN | R&D | 3.4 |
| Lead: | Forschungsanstalt Agroscope ART | Funding: | BFE |
| Contact: | Schick Matthias matthias.schick@art.admin.ch | Period: | 2009–2012 |
| Abstract: Landwirtschaftliche Biogasanlagen werden häufig an bestehenden Standorten mit Tierhaltung ergänzt und für eine effektive Wärmenutzung bevorzugt in der Nähe zur Wohnbebauung errichtet. Dies führt zu Geruchsklagen der Anwohner. Ziel des Projektes ist es, relevante Geruchsquellen zu identifizieren und zu quantifizieren sowie Minderungsmaßnahmen aufzuzeigen. | | | |
- | | | | |
|---|--|----------|------------------------|
| ● | HARMONISIERUNG UND ERWEITERUNG DER BIOENERGIE-ÖKOINVENTARE UND -ÖKOBILANZEN | R&D | 3.4 |
| Lead: | EMPA | Funding: | BAFU, BFE, CCEM, u. a. |
| Contact: | Zah Rainer rainer.zah@empa.ch | Period: | 2009–2012 |
| Abstract: Projektziel ist es, die Bioenergie-Daten der ecoinvent Datenbank in Hinblick auf die aktuellen Entwicklungen im landwirtschaftlichen Anbau (z. B. Jatropha oder schnellwachsende Gräser) und Energie-Umwandlung (z. B. hydrothermale Vergasung) zu aktualisieren, harmonisieren und zu erweitern. | | | |
- | | | | |
|--|---|----------|-----------|
| ● | IEA BIOENERGY TASK 32 | WTT | 3.4 |
| Lead: | Verenum | Funding: | BFE |
| Contact: | Nussbaumer Thomas thomas.nussbaumer@verenum.ch | Period: | 2011–2012 |
| Abstract: Die IEA Bioenergy Task 32 befasst sich mit der Biomasseverbrennung zur Energieerzeugung und setzt sich zur Überwindung technischer und nicht-technischer Hindernisse ein. Dazu erfolgt ein Erfahrungsaustausch unter den Mitgliedsstaaten sowie die Zusammenarbeit zu Schwerpunktsthemen. Die schweizerische Vertretung hat zum Ziel, die Anliegen der Schweiz in der IEA zu vertreten und in der Schweiz den internationalen Stand der Technik zu vermitteln. | | | |
- | | | | |
|--|-----------------------------------|----------|-----------|
| ● | IEA BIOENERGY TASK 33 | WTT | 3.4 |
| Lead: | ETECA | Funding: | BFE |
| Contact: | Rüegsegger Martin eteca@gmx.ch | Period: | 2011–2012 |
| Abstract: Die IEA Bioenergy fördert mit Task 33 die energetische Nutzung von Biomasse über die thermische Vergasung (Thermal Gasification of Biomass). Task 33 begleitet die Forschung, deren Umsetzung in Pilot- und Demonstrationsanlagen sowie die Markteinführung und den kommerziellen Anlagenbetrieb der thermischen Vergasung von Biomasse. | | | |

- IEA BIOENERGY TASK 37**

Lead: EREP SA

Contact: Membrez Yves yves.membrez@erep.ch

Abstract: Als Arbeitsgruppe der IEA Bioenergy befasst sich der Task 37 mit der Produktion von Biogas und dessen energetischen Anwendung, wobei die gesamte Produktionskette betrachtet wird. Ziel ist der Informationsaustausch und die Weiterverbreitung neuester Erkenntnisse zur Gärtechnik, Beurteilung von Substraten, Nutzung des produzierten Biogas sowie der Einsatz des Gärguts als organischen Dünger.

WTT 3.4

Funding: BFE

Period: 2011–2012
- PRAXISEINSATZ ELEKTROABSCHIEDER – TEIL 1**

Lead: Ing. Büro Verenum, Zurich

Contact: Nussbaumer Thomas thomas.nussbaumer@verenum.ch

Abstract: In der Schweiz werden autom. Holzfeuerungen ab 500 kW meist mit Elektroabscheidern ausgerüstet, um die verschärften Emissionsgrenzwerte einzuhalten. Allerdings werden Heizanlagen oft bei Teillast oder im Ein-/Aus-Betrieb betrieben, weshalb die Feinstaubabscheider während eines Grossteils der Betriebszeit der Feuerung unwirksam sind. Im Projekt wird der Einsatz von Elektroabscheidern im Praxisbetrieb untersucht.

R&D 3.4

Funding: BFE

Period: 2011–2014
- MASSNAHMEN ZUR OPTIMIERUNG DER VERGÄRUNG DURCH VORBEHANDLUNG, PROZESS UND VERFAHRENSTECHNIK UND HILFSSTOFFE**

Lead: Hochschule Wädenswil HSW

Contact: Baier Urs urs.baier@zhaw.ch

Abstract: Im Projekt werden verschiedene Optimierungsbereiche des Biogasverfahrens im Hinblick auf inländische Substrate mit hohem Massenpotential im Labor- und im Pilotmassstab untersucht. Das Schwergewicht liegt dabei auf Hofdünger, zellstoffreicher Biomasse und langsam abbaubaren Proteinsubstraten. Es werden Konzepte der chemisch – physikalischen, enzymatischen und biologischen Vorbehandlung zur Steigerung der Biogasausbeute untersucht.

R&D 3.4

Funding: BFE

Period: 2009–2012
- MESSUNG VON GERUCHSEMISSIONEN UND ENTWICKLUNG EINES GERUCHSEMISSIONSMODELLS FÜR BIOGASANLAGEN**

Lead: Ernst Basler + Partner AG

Contact: Frantz Holger holger.frantz@ebp.ch

Abstract: Ziel des Projektes ist die Erstellung eines Geruchsemissionsmodells für Biogasanlagen in der Schweiz. Das Geruchsemissionsmodell soll Planern, Investoren und Bewilligungsbehörden eine Planungshilfe schaffen, mit der Geruchsemissionen von Biogasanlagen noch in der Planungs- und Bewilligungsphase abgeschätzt, sowie sinnvolle geruchsmindernde Massnahmen geplant werden können.

R&D 3.4

Funding: BFE, BAFU, u. a.

Period: 2009–2012
- METHANVERLUSTE BEI BIOGASANLAGEN**

Lead: Forschungsanstalt Agroscope ART

Contact: Schick Matthias matthias.schick@art.admin.ch

Abstract: In diesem Projekt sollen die relevante Methanverlustquellen (Flächenquellen, Leckagen, Methanschlupf) bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen identifiziert und das Verlustpotenzial näherungsweise bestimmt werden. Dabei sollen auch bauliche, verfahrenstechnische, organisatorische und klimatische Parameter sowie der Gasertrag als Einflussgrössen auf die Methanverluste erhoben werden. Im Abschluss sollen davon Minderungsmaßnahmen abgeleitet werden.

R&D 3.4

Funding: BFE

Period: 2009–2012
- ÖKOBILANZ ZU BIOMASSENUTZUNG**

Lead: Carbotech AG Umweltanalytik

Contact: Dinkel Fredy f.dinkel@carbotech.ch

Abstract: Mit der vermehrten Nutzung von Biomasse, stellt sich auch die Frage nach der optimalen Verwertung. Im Projekt werde die folgenden Hilfsmittel zur Evaluation der Umweltauswirkungen erarbeitet bzw. bestehende aktualisiert: (1) Ökoinventare von verschiedenen Anlagen, Grüngutarten, energetischer und stofflicher Nutzung; (2) Erarbeitung eines Tools zur Evaluation der optimalen Grüngutverwertung bei verschiedenen Rahmenbedingungen.

R&D 3.4

Funding: BFE

Period: 2009–2011
- DÉTERMINATION DE LA PRODUCTION DE MÉTHANE D'INSTALLATIONS DE DIGESTION EN VRAIE GRANDEUR À PARTIR DE TESTS BMP EN LABORATOIRE**

Lead: EPFL

Contact: Holliger Christof christof.holliger@epfl.ch

Abstract: Ce projet propose d'établir les facteurs d'extrapolation permettant d'utiliser directement les résultats des tests BMP (biomethane potential) en laboratoire standardisés pour la détermination de la production énergétique d'une installation à échelle réelle.

R&D 3.4

Funding: BFE, ARA Bern, SATOM

Period: 2012–2014

- **VERGÄRUNG VON GÜLLE UND CO-SUBSTRATEN IN EINEM MEMBRAN-BIO-REAKTOR (MBR II)** R&D 3.4
- Lead: ARGE MBR II c/o Ingenieurbüro Funding: BFE, BLW, Axpo, SER
 Contact: Hersener Jean-Louis postmaster@agrenum.ch Period: 2007–2012
 Abstract: Die Grenzen und Möglichkeiten des Membran-Bio-Reaktors (MBR) sollen in diesem Projekt vertieft untersucht werden. Das Prinzip des MBR besteht darin, dass der Biogasfermenter mit einer nachgeschalteten Ultrafiltration betrieben wird. Das MBR-Verfahren verspricht eine gesteigerte Effizienz. Zudem lassen sich die eingesetzten Biomassesortimente durch die verfahrensbedingte Trennung und Aufbereitung viel bereitgefächerter als Dünger einsetzen.
- **TORPLANT – PHASE 1** R&D 3.4
- Lead: HEIG-VD Funding: BFE
 Contact: Michel Jean-Bernard jean-bernard.michel@heig-vd.ch Period: 2011–2012
 Abstract: Le projet consiste en la construction, les essais et l'optimisation d'une unité pilote de torréfaction de biomasse d'une capacité de 620 kg/h avec production combinée d'énergie mécanique et étude de la valorisation des gaz de torréfaction. Les objectifs sont: la torréfaction de divers sources de biomasse, la production de pellets à partir de la biomasse torréfiée et la démonstration de leur conformité aux normes environnementales.
- **PRODUCTION OF ULTRA-PURE HYDROGEN FROM WOODY BIOMASS USING A MODIFIED CHEMICAL LOOPING PROCESS** R&D 3.4
- Lead: ETHZ Funding: BFE
 Contact: Müller Christoph muelchri@ethz.ch Period: 2011–2014
 Abstract: The proposal is concerned with a novel method for the production of hydrogen from woody biomass which is of sufficient purity to be used directly in PEM fuel cells without substantial gas clean-up, using a modified chemical looping combustion process.
- **ENERGIEAUTARKE KLÄRANLAGE** R&D 3.4
- Lead: Abwasserverband Vorderes Prättigau Funding: BFE, Kt GR
 Contact: Gabathuler Hans hans.gabathuler@bluewin.ch Period: 2011–2012
 Abstract: Im Rahmen des Projekts soll das Konzept einer energieautarken Kläranlage am Beispiel der ARA Vorderes Prättigau untersucht werden. Die Energieautarkie kann erreicht werden, wenn ein Grossteil der organischen Fracht am Belebtschlamm adsorbiert wird und nicht veratmet werden muss. Dafür ist die Hochlaststufe von zweistufigen Belebtschlammverfahren signifikant höher zu belasten, als üblicherweise praktiziert.
- **NACHBEREITUNG VON GÄRGUT** R&D 3.4
- Lead: Engeli engineering Funding: BFE, BAFU
 Contact: Engeli Hans engeli@compuserve.com Period: 2011–2013
 Abstract: Ziel des Projektes ist zu untersuchen, ob die Gärgutaufbereitung Sinn macht. Dazu werden Daten über den Energiebedarf, Emissionen, Nährstoffgehalte und hygienische Aspekte gesichtet und zur Schliessung von identifizierten Datenlücken Messungen und Laboranalysen durchgeführt. Anschliessend werden die erforderlichen Energie- und Stoffbilanzen durchgeführt und mit den Kennzahlen von Verfahrenskonzepten ohne Gärgutaufbereitung verglichen.
- **KOMBINIERTER ABGASKONDENSATION/ABGASREINIGUNG FÜR HOLZHEIZANLAGEN** P&D 3.4
- Lead: GUNEP Funding: BFE
 Contact: Koller Eugen e.koller@gunep.ch Period: 2011–2013
 Abstract: Ziel des Projektes ist die Abgaskondensation zur Marktreife zu entwickeln, welche die Emissionswerte von 20mg/Nm3 bzw. 50mg/Nm3 Abgas unterschreiten und zugleich eine Wärmerückgewinnung bis über 20 % erreichen. Um diese Ziel zu erreichen soll ein Kompaktgerät als Gaswäscher mit integriertem bzw. nachgeschaltetem Filtermodul entwickelt werden.
- **HOLZBEFEUERTES BLOCKHEIZKRAFTWERK MIT HEISSLUFTTURBINE IM KLEINEREN LEISTUNGSBEREICH 80-100 KWEL** P&D 3.4
- Lead: Schmid AG Funding: BFE
 Contact: Schmid Hans-Jürg HJ@holzfeuerung.ch Period: 2010–2012
 Abstract: Ziel ist die Entwicklung eines Blockheizkraftwerks mit Holzenergie, welches rationell im unteren Leistungsbereich der Stromerzeugung (70-100 kWel) eingesetzt werden kann.

- ÖKOBILANZ DER BIOGASPRODUKTION AUS UNTERSCHIEDLICHEN SUBSTRATEN**

R&D 3.4

| | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | ESU-services | Funding: | BFE |
| Contact: | Jungbluth Niels jungbluth@esu-services.ch | Period: | 2009–2012 |

Abstract: In den letzten Jahren gab es eine Reihe von Ökobilanzen zur Verwendung von Grüngut in Biogasanlagen. Bisher gibt es unterschiedliche Ergebnisse bzgl. der Vor- und Nachteile der Vergärung von Grüngut. Ziel dieses Projektes ist ein Vergleich der Verwendung verschiedener gekaufter bzw. angebauter Substrate für die Biogasproduktion.
- LA DIGESTION ANAÉROBIE DES BOUES D'ÉPURATION: SITUATION ET POTENTIEL D'OPTIMISATION**

R&D 3.4

| | | | |
|----------|--------------------------------------|----------|------|
| Lead: | EREP SA | Funding: | BFE |
| Contact: | Membrez Yves yves.membrez@erep.ch | Period: | 2012 |

Abstract: Le projet vise à contribuer à l'optimisation de la production de biogaz dans les STEP ; incluant le niveau technologique et conceptuel. Il couvre la digestion anaérobie, du prétraitement des boues jusqu'à la valorisation du biogaz et des boues digérées. Le rapport donnera une vue d'ensemble des technologies à disposition, ainsi que leurs avantages et inconvénients.
- MINI-BIOGAS**

R&D 3.4

| | | | |
|----------|--------------------------------------|----------|-----------------------|
| Lead: | EREP SA | Funding: | BFE, Biomasse Schweiz |
| Contact: | Membrez Yves yves.membrez@erep.ch | Period: | 2012–2013 |

Abstract: Les buts du projet sont de définir le marché pour de petites installations de biogaz en Suisse, d'identifier l'offre actuelle des constructeurs européens pour de telles unités, d'analyser l'adéquation de ces systèmes au marché helvétique et d'adapter si nécessaire, en partenariat avec des constructeurs intéressés, les solutions technologiques au contexte Suisse.
- BLUEBONSAI BB5+**

R&D 3.4

| | | | |
|----------|------------------------------------|----------|-----------------|
| Lead: | Apex AG | Funding: | BFE, FOGA u. a. |
| Contact: | Oester Ueli uoester@apex.eu.com | Period: | 2012–2014 |

Abstract: Mit dem Projekt „Blue BONSAI BB5+“ soll die Biogasaufbereitung zu Erdgasqualität für kleine, dezentrale Biogas-Anlagen ermöglicht und die Wirtschaftlichkeit aufgezeigt werden. Eine Pilotanlage mit Kleintankstelle ist bei einem landwirtschaftlichen Biogasbauern ohne Erdgas-Netzanschluss geplant.
- GÄRGUT – HYGIENE**

R&D 3.4

| | | | |
|----------|---|----------|----------------------|
| Lead: | FiBL | Funding: | BLW, BVet, BAFU, BFE |
| Contact: | Fuchs Jacques jacques.fuchs@fibl.org | Period: | 2012–2014 |

Abstract: En Suisse, très peu de données existent sur l'état hygiénique des digestats produits et sur les risques éventuels qui pourraient découler d'une utilisation inappropriée de ces engrais. De manière générale, il n'existe, ni au niveau Suisse ni au niveau européen, aucune données quantitative sur la charge en germes pathogènes des divers intrants (à l'exception des lisiers).
- SCHADSTOFFARME HOLZFEUERUNGEN (500 KW–50 MW)**

R&D 3.4

| | | | |
|----------|--|----------|---------------------|
| Lead: | Hochschule Luzern HSLU | Funding: | SNF, Schmid AG, BFE |
| Contact: | Nussbaumer Thomas thomas.nussbaumer@hslu.ch | Period: | 2012–2015 |

Abstract: Im vorliegenden Projekt werden die Massnahmen zur Optimierung der Rostauslegung und des Rostbetriebs untersucht und in drei Arbeitsschritten die Basis für weitere Verbesserungen des Ausbrands bei gleichzeitig tieferen Stickoxidemissionen erarbeitet.
- NOVEL SYSTEM FOR THE DIRECT FERMENTATION OF PRETREATED LIGNOCELLULOSIC MATERIAL TO ETHANOL IN A SINGLE REACTOR**

R&D 3.4

| | | | |
|----------|---|----------|-----------------|
| Lead: | Berner Fachhochschule, HAFL | Funding: | SNF (Ambizione) |
| Contact: | Studer Michael Hans-Peter michael.studer1@bfh.ch | Period: | 2009–2012 |

Abstract: Es soll ein vereinfachter, integrierter Prozess, welcher die direkte Herstellung von Ethanol aus lignozellulosehaltiger Biomasse ermöglicht, entwickelt werden. In dem vorgeschlagenen Verfahren werden die Herstellung der notwendigen Zellulose-spaltenden Enzyme, die Verzuckerung der Biomasse sowie die Fermentation der Zucker und gegebenenfalls die Vorabtrennung des Ethanols in einem einzigen kontinuierlichen Bioreaktor zusammengefasst.

- **INSTITUTIONAL ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL INNOVATION SYSTEMS** R&D 3.4
- Lead: EAWAG Funding: SNF (Projektförderung)
- Contact: Markard Jochen jochen.markard@eawag.ch Period: 2010–2013
- Abstract: Die Rolle von Institutionen für die Entwicklung von Biogastechnologien in drei europäischen Ländern wird untersucht. Ziel ist, Antworten auf die Fragen zu finden wie, welche verschiedenen Institutionen aus dem Umfeld den technologischen Entwicklungspfad beeinflussen und welche Rolle der gegenseitige Einfluss dieser verschiedenen Institutionen spielt.
- **NANOAIR – ONLINE COUPLING OF A SCANNING MOBILITY PARTICLE SIZER (SMPS) TO AN INDUCTIVELY COUPLED PLASMA MASS SPECTROMETER (ICP-MS)** R&D 3.4
- Lead: EMPA Funding: SNF (R'EQUIP)
- Contact: Ulrich Andrea andrea.ulrich@empa.ch Period: 2012–2013
- Abstract: It is planned to setup a new hyphenated technique for online, size fractionated, element selective and quantitative determination of nanoparticles in aerosols. The technique will enable investigations of particle size distributions in the range from about 2 nm to 10 µm and a chemical characterization for most of the elements in the periodic table with excellent detection limits.
- **INVESTIGATION OF SECONDARY ORGANIC AEROSOL FORMATION IN THE PSI SMOG CHAMBER AND AT CERN** R&D 3.4
- Lead: PSI Paul Scherrer Institut Funding: SNF (Projektförderung)
- Contact: Baltensperger Urs urs.baltensperber@psi.ch Period: 2011–2014
- Abstract: Carbonaceous particles comprise a large fraction of the atmospheric aerosol, however, their concentrations and composition as well as formation and transformation mechanisms are still very little understood. The formation and transformation mechanisms of SOA, both from anthropogenic and biogenic sources, will be investigated, both in the PSI smog chamber and at the new CLOUD chamber at CERN.
- **PREDICTING THE COMPLEX COUPLING OF CHEMISTRY AND HYDRODYNAMICS IN FLUIDISED BED METHANATION REACTORS FOR SNG-PRODUCTION FROM WOOD** R&D 3.4
- Lead: PSI Paul Scherrer Institut Funding: SNF (NFP)
- Contact: Schildhauer Tilman tilman.schildhauer@psi.ch Period: 2012–2015
- Abstract: Synthetisches Erdgas aus Holz – Wie kann man die Synthese optimieren? In diesem Projekt untersuchen die Forschenden, wie sich die chemischen Reaktionen, der Stoffübergang und die Fluidodynamik in Wirbelschichtreaktoren gegenseitig beeinflussen. Sie prüfen in Experimenten, ob die Reaktorsimulation die realen Abläufe ausreichend genau widerspiegelt. Dies ist wichtig, um mit Hilfe der Simulationen die Prozesse für die Bioerdgaserzeugung zu optimieren
- **CATALYSIS UNDER EXTREME CONDITIONS: IN SITU STUDIES OF THE REFORMING OF ORGANIC KEY COMPOUNDS IN SUPERCRITICAL WATER** R&D 3.4
- Lead: PSI Paul Scherrer Institut Funding: SNF (Projektförderung)
- Contact: Wambach Jörg joerg.wambach@psi.ch Period: 2010–2013
- Abstract: Hydrothermal gasification is an emerging technology offering an efficient conversion of wet biomass into methane or hydrogen. In this project, investigations under in situ conditions possible modifications of the catalyst during the hydrothermal gasification of key model compounds, i.e. ethanol, glycerol, acetic acid, and formic acid will be performed.
- **STUDYING SALT SOLUTIONS NEAR THE CRITICAL POINT OF WATER USING HIGH PRESSURE CALORIMETRY AND IN-SITU X-RAY ABSORPTION SPECTROSCOPY** R&D 3.4
- Lead: PSI Paul Scherrer Institut Funding: SNF (Projektförderung)
- Contact: Vogel Frederic frederic.vogel@psi.ch Period: 2011–2014
- Abstract: Our motivation is to understand salt formation, precipitation, and recovery in hydrothermal systems relevant for, but not restricted to, technical processes such as hydrothermal gasification of biomass or Supercritical Water Oxidation. In particular, we would like to be able to understand and improve the separation of salts in our hydrothermal gasification process, based on fundamental knowledge of salt formation and precipitation.
- **THE CLIMATE-FRIENDLY FARM (CLIFF) – TEACHING YOUNG FARMERS VIA A COMPUTER GAME HOW TO REDUCE GREENHOUSE GAS EMISSIONS** WTT 3.4
- Lead: Forschungsanstalt Agroscope ART Funding: SNF (Agora)
- Contact: Fuhrer Jürg juerg.fuhrer@art.admin.ch Period: 2012–2013
- Abstract: Ziel ist es, die Landwirtschaftslehrlinge dafür zu sensibilisieren, wie sie den Ausstoss von Treibhausgasen auf ihrem Hof durch geschicktes Management reduzieren und damit den Betrieb klimafreundlich gestalten können. Wir entwickeln zu diesem Zweck ein unterhaltsames Computerspiel, das die Simulation von wichtigen Stoffflüssen (Stickstoff, Kohlenstoff) auf einem Landwirtschaftsbetrieb in vereinfachter Form erlaubt.

- **COMPLETE CHEMICAL CONVERSION OF BIOMASS THROUGH CARBOHYDRATE DEHYDRATION AND LIGNIN LIQUEFACTION** R&D 3.4
- Lead: University of Wisconsin-Madison Funding: SNF
- Contact: Luterbacher Jeremy jeremy.luterbacher@gmail.com Period: 2012–2013
- Abstract: This project aims to develop a complete biomass-to-hydrocarbon conversion platform using subsequent fractionation steps involving simultaneous depolymerization and dehydration reactions followed by lignin liquefaction and catalytic upgrading. These reactions would eliminate the need for expensive and slow working enzymes. Further optimization of these stages could reduce homogeneous acid catalyst use and improve product yields.
- **DISTRIBUTED PRODUCTION OF ULTRA-PURE HYDROGEN FROM WOODY BIOMASS** R&D 3.4
- Lead: ETHZ Funding: SNF (NFP)
- Contact: Müller Christoph muelchri@ethz.ch Period: 2012–2015
- Abstract: Herstellung von hochreinem Wasserstoff aus Holz. Im Mittelpunkt dieses Projekts steht ein neuartiger Prozess für die Produktion von hochreinem Wasserstoff aus Holz. Der Prozess basiert auf den Redoxreaktionen von Eisenoxid und könnte dazu beitragen, die Abhängigkeit des Schweizer Verkehrs- und Elektrizitätssektors von kohlenstoffbasierten Energieträgern zu verringern.
- **EFFECTS OF BIOCHAR AMENDMENT ON PLANT GROWTH, MICROBIAL COMMUNITIES AND BIOCHAR DECOMPOSITION IN AGRICULTURAL SOILS** R&D 3.4
- Lead: FiBL Funding: SNF (Projekte)
- Contact: Gattinger Andreas andreas.gattinger@fibl.org Period: 2011–2014
- Abstract: The aim of the proposed project is to investigate the influence of two biochar types on soil-plant systems by determining i) soil nutrient availability, plant growth and nutrient uptake, ii) structure and function of soil microbial communities, iv) the decomposition and fate of biochar in soils. The biochars will be produced by pyrolysis and hydrothermal carbonization (HTC) from the C4-plant Miscanthus gigantea.
- **PRODUCTION AND PROCESSING OF ATMOSPHERIC AEROSOLS FROM BIOGENIC AND BIOMASS BURNING SOURCES** R&D 3.4
- Lead: PSI Paul Scherrer Institut Funding: SNF (Ambizione)
- Contact: Slowik Jay jay.slowik@psi.ch Period: 2011–2013
- Abstract: This project provides a detailed characterization of the chemical and physical properties of biogenic and biomass burning aerosol, and the rate and extent to which these properties change as a result of reaction with the OH radical, a major atmospheric oxidant.
- **THE FATE OF 14C-RADIOLABELLED DICLOFENAC AND ITS MAIN HUMAN METABOLITE 4'-HYDROXYDICLOFENAC IN MEMBRANE BIOREACTOR TREATMENT OF WASTEWATER** R&D 3.4
- Lead: FHNW Funding: SNF (Projektförderung)
- Contact: Wintgens Thomas thomas.wintgens@fhnw.ch Period: 2011–2013
- Abstract: This project aims at elucidating the fate of diclofenac, a widely consumed non-steroidal anti-inflammatory compound, during wastewater treatment. The research will identify metabolic pathways as well as degradation products and the impact of operational parameters and common treatment steps thereon.
- **WOOD2CHEM: A COMPUTER AIDED PLATFORM TO SUPPORT THE OPTIMAL IMPLEMENTATION OF WOOD-BASED BIO REFINERY CONCEPTS** R&D 3.4
- Lead: EPFL Funding: SNF (NFP)
- Contact: Marechal Francois francois.marechal@epfl.ch Period: 2012–2015
- Abstract: Wood2CHEM: Eine Informatikplattform für die Entwicklung der Bioraffinerie. Durch die Einbindung der Herstellung hochwertiger Produkte aus Biomasse eröffnet die Bioraffinerie der Holzindustrie zahlreiche Entwicklungsmöglichkeiten. Die im Rahmen dieses Projektes entwickelte Informatikplattform Wood2CHEM ermöglicht die Konzeption innovativer Verfahren für die Verwertung des Rohstoffs Holz in einem ganzheitlichen und integrierten Ansatz.
- **UNDERSTANDING AND MANIPULATING FREE RADICALS IN LIGNIN FOR A CONTROLLED DEPOLYMERIZATION TO CHEMICALS** R&D 3.4
- Lead: PSI Paul Scherrer Institut Funding: SNF (NFP)
- Contact: Vogel Frederic frederic.vogel@psi.ch Period: 2012–2015
- Abstract: Freie Radikale im Lignin als Schlüssel zur Herstellung "grüner" Chemikalien. Freie Radikale im Lignin stellen vermutlich den Schlüssel zu seiner chemischen Zerlegung in wertvolle Chemikalien dar. Gelingt es, die Art und Anzahl dieser Radikale zu beeinflussen, könnte dies zu neuen Verfahren für die Herstellung von "grünen" Chemikalien führen.

● **THERMOCHEMICAL PRE-TREATMENT TECHNOLOGY FOR RESIDUES FROM BREWERIES AND OTHER BIOMASS TO ENHANCE ANAEROBIC DIGESTION**

R&D 3.4

Lead: WADI-BRAU-HUUS AG

Funding: FP7 Infrastructures

Contact: Brzoska Julius

brauhuus@waedenswiler.ch

Period: 2012–2014

Abstract: The aim of the project is the development of a thermochemical pre-treatment technology to increase the gas yield of brewers spent grains during an anaerobic digestion process.

● **LIGNOCELLULOSIC ETHANOL DEMONSTRATION**

P&D 3.4

Lead: Granit Recherche Developpement SA

Funding: FP7 Energy

Contact: Abaecherli Alfred

alfred.abaecherli@granit.net

Period: 2009–2013

Abstract: The global object of the Lignocellulosic Ethanol Demonstration (LED) project is to design, construct and operate the first biofuel commercial facility in Europe using second generation technology, consisting on a lignocellulosic biomass to ethanol plant. The total lignocellulosic biomass input to the process is 522 dry tonne/day, resulting in an ethanol production of 50 MML/yr. In addition it will produce lignin and distiller biomass.

