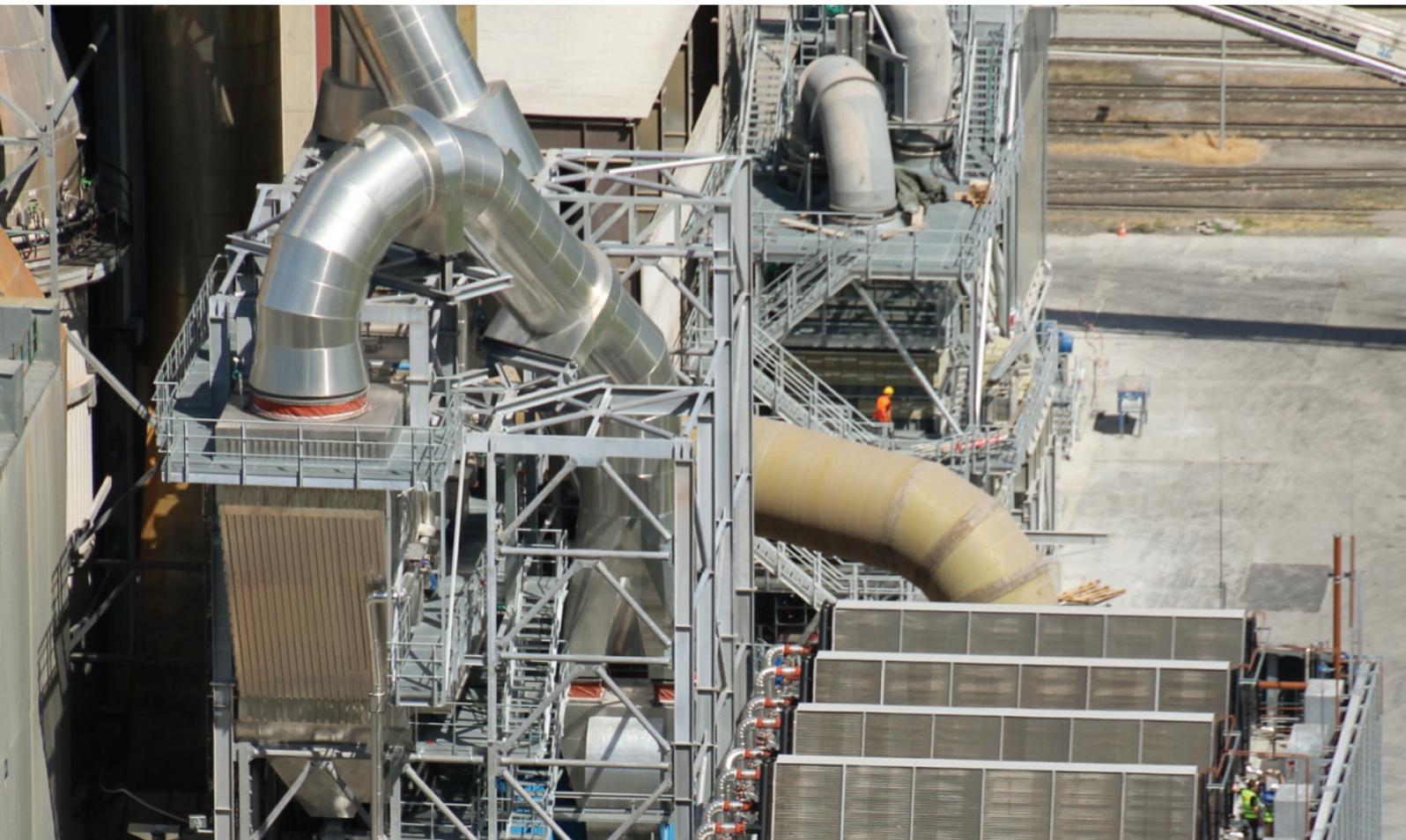


Überblicksbericht 2012

Forschungsprogramm Industrielle Prozesse



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Titelbild:**2 MWe-ORC-Abwärmeverstromungsanlage im Holcim-Zementwerke in Untervaz**

In der Zement- und Stahlindustrie, in der Steinwolleproduktion sowie bei Ziegeleien fallen grosse Abwärmemengen an, die man zunehmend nutzen möchte. In einer ORC-Anwendung (ORC = Organic Rankine Cycle) wird die Abgasabwärme des Holcim-Zementwerkes in Untervaz in elektrischen Strom umgewandelt.

BFE Forschungsprogramm Industrielle Prozesse

Überblicksbericht 2012

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE

CH-3003 Bern

Programmleiter BFE (Autor):

Dr. Michael Spirig, Fomenta AG (m.spirig@fomenta.ch)

Bereichsleiter BFE:

Martin Pulfer (martin.pulfer@bfe.admin.ch)

<http://www.bfe.admin.ch/forschungsverfahrenstechnik>

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

Einleitung

Im Jahr 2011 betrug der Anteil der Industrie am Endverbrauch der Schweiz (852 PJ) 19,2 % und der der Dienstleistungen 15,6 %. Monetär ausgedrückt sind dies ca. 10,8 Mrd. CHF oder 1,9 % des BIP. Im Industriesektor werden 58 % fossile und 42 % elektrische Energie eingesetzt. Da sich der Ölpreis in den letzten 10 Jahren mehr als verdoppelte, entspricht dies ca. 1,8 Mrd CHF (0,3 % BIP) Mehrausgaben pro Jahr als 2002. Die Industrie und das verarbeitende Gewerbe sind mit 32,8 %, nach den Haushalten mit 30,6 % und den Dienstleistungen mit 26,8 %, nach wie vor der grösste Stromverbraucher in der Schweiz und werden damit von den künftigen Änderungen in diesem Bereich stark betroffen sein.

Beim Energieverbrauch der Industrie machen die Prozesse ca. 78 % aus (= ca. 15 % der gesamten in der Schweiz verbrauchten Energie). Davon entfallen ca. 54 % auf die Prozesswärme und ca. 24 % auf Antriebe und Prozesse. Diese Verbrauchszahlen und Verhältnisse sind von 2000–2011 relativ konstant (+1,6 % Endenergieverbrauch) und hängen hauptsächlich von der Wirtschaftsentwicklung ab. Das noch realisierbare Einspar- und Rückgewinnungspotenzial von ca. 30–50 % würde zu einer 5–8 %-igen Energieverbrauchsverminderung für die Schweiz führen.

Die Entwicklung und Akzeptanz von energetischen Verbesserungen in industriellen Prozessen erfordert professionelle, qualitativ hochstehende Lösungen, welche neben dem spezifischen Know-how auch Kontinuität in der Forschung voraussetzen. Dies ist eine zentrale Aufbauaufgabe des Forschungsprogrammes *Industrielle Prozesse*. Vielfältig und breit ist das Technologieportfolio zur Beherrschung der enormen Anzahl von verfahrens- und fertigungstechnischen Prozessen, welche zur Erstellung von Produkten und Dienstleistungen erforderlich sind. Ebenso vielfältig und innovativ ist das erforderliche Know-how zur Eruiierung des jeweiligen Energieverbrauchs und des energetischen Verbesserungspotenzials dieser Prozesse. Auch der Kenntnisstand ist sehr unterschiedlich: So sind in gewissen Branchen und Produktionstechniken (Fertigungstechnik) die Erfassung von effektiven Energieströmen und Verlusten, der zugehörigen Messverfahren sowie Quantifizierungsmethoden erst im Aufbau. Dieser Erfahrungsausbau ist dann eine wichtige Basis dafür, dass energie-fokussierte Entwicklungen überhaupt angegangen werden. Daneben geht es zum Beispiel in energieintensiven Branchen und gewissen verfahrenstechnischen Prozessen mehr und mehr darum, reifen Technologien und bekannten Massnahmen zum Energiesparen und -rückgewinnen zum Durchbruch zu ver-

helfen. Auch vorhandene Erkenntnisse und Tools wie Prozessintegration (PinCH) oder Lebenszyklusanalysen (LCA) müssen breit einsetzbar gemacht werden. Aber auch hierfür braucht es zuweilen noch Forschung an Grundlagen wie Reaktionskinetik, Materialien usw. sowie vertiefte Analysen und Innovationen. Wesentlich sind auch Messungen und Tests an Pilot- und Demonstrationsanlagen zum Aufbau und zur Validierung von Berechnungsmodellen und zur Einsatzoptimierung neuer Systeme. Im Speziellen geht es darum, effektive Investitionen, Amortisationszeiten und Risiken kalkulierbarer zu machen.

Fazit ist, dass zur Realisierung des oben genannten Einspar- und Rückgewinnungspotenzials noch in allen Bereichen grosser Forschungsbedarf besteht. Interdisziplinäre Zusammenarbeit und ganzheitliche Betrachtungsweisen sowie der Aufbau von fundierten Methoden sind wesentlich und im langfristigen Fokus des Programmes *Industrielle Prozesse*. Die Programmschwerpunkte liegen im Bereich «Methoden und Tools», «Abwärmennutzung sowie Integration von erneuerbaren Ressourcen» und «effiziente Verfahren und Strategien inkl. P&D-Projekte». In allen Bereichen verfügt die Schweiz über spezifische, gute Kompetenzen und entsprechende Projekte sind in der Ausarbeitung.

IEA Klassifikation: 1.1 Industry

Schweizer Klassifikation: 1.10 Verfahrenstechnische Prozesse

Programmschwerpunkte

Forschungsschwerpunkte sind:

- die Entwicklung und Anwendung von Methoden und (Entscheidungs-)Tools;
- Abwärmenutzung inkl. Energieträgerproduktion aus Reststoffverwertung sowie Integration von erneuerbaren Ressourcen;
- Realisierung energieeffizienter Verfahren und Strategien inkl. P&D-Projekte.

Rückblick und Bewertung 2012

Im Berichtsjahr unterstützte das BFE insgesamt zwei Projekte aus dem ETH-Bereich (EHTZ) und sechs (weitere zwei sind geplant) der Fachhochschulen (FHNW, HSLU, HSR, ZHAW), sowie vier der Industrie und einer Stiftung (BMG Engineering, BSB +Partner AG, Zeochem AG, Swiss Excellence).

Auch im Jahre 2012 konnten im Programm in den Bereichen «Methoden und Tools» wichtige Fortschritte, Erweiterungen und Validierungen, die zur Umsetzbarkeit beitragen, erzielt werden. Für die Kommerzialisierung des an der ETH entwickelten Energy Monitoring Software-Tools EMT besteht die grosse Herausforderung, die erforderlichen personellen und finanziellen Ressourcen rechtzeitig beschaffen zu können.

Bei der «Abschätzung von Massen- und Energieflüssen in der chemischen Industrie» konnte das Funktionieren des Konzeptes gezeigt werden. Im Bereich LCA sind die geplanten Fallstudien durchgeführt und ausgewertet. Für interessierte Kreise ist das Tool als open-source Software aufbereitet resp. als Downloadtool allgemein verfügbar (www.ifu.ethz.ch/ESD/downloads/LCA4AFR). Auch international, d. h. im Implementing Ag-

reement (IA) IETS der Internationalen Energieagentur IEA und allenfalls in den EU-Calls von Horizon 2020 scheint unter Mitwirkung der Schweiz die Methoden- und Tool-Entwicklung vermehrt ins Gespräch zu kommen. Die nationale und internationale Vernetzung der relativ kleinen, kompetenten Toolentwicklungs-Gruppen sowie die Ermöglichung deren Teilnahme in internationalen Projekten wird gefördert.

Im Bereich «Abwärmenutzung sowie Integration von erneuerbaren Ressourcen» wurde eine Marktübersicht-Studie finalisiert und drei neue Projekte zur Wärmerückgewinnung (ORC, Thermosiphon, Dampfspeicher) lanciert sowie weitere Projektideen vorbesprochen (u. a. Klein-ORC, schmutzresistente Wärmetauscher). Projekte zur Nutzung von erneuerbaren Ressourcen, d. h. im Speziellen zur Erzeugung von solarer Wärme zwischen 200–400 °C, laufen im Programm *Industrielle Solarenergienutzung*. Aufschlussreiche, aber bezüglich Marktfähigkeit negative Aussagen wurden in den Studien «Abwärmenutzung mittels stationärer Zeolith-Speicher» sowie «Dampfspeicherfahrzeuge als Ersatz von lokalen Elektro- und Dieseltransportfahrzeugen» erarbeitet.

Bei der Realisierung «effizienter Verfahren» laufen ein Projekt zum Vergleich von verschiedenen Verfahren zur Entwässerung von Bioethanol für die Zugabe in Benzin sowie ein P&D-Projekt mit einer mobilen Gastrocknungsanlage zur Futtermittelherstellung. Das vorbereitende Forschungsprojekt wurde abgeschlossen. Die Anstrengungen zur Ausweitung der Aktivitäten auf die Fertigungstechnik haben im Jahre 2012 zur Lancierung von zwei neuen Projekten geführt (E-Effizienz beim Antriebsriemen und Kunststoffspritzgiessen siehe Titelbild).

Die weiterhin gute Industriebeteiligung, inkl. Finanzierung in den Projekten widerspiegelt das Interesse der Industrie am Thema, wenn es erst einmal geweckt ist. Es bestehen aber noch sehr viele unerkannte Hürden und Fragestellungen und somit R&D-Potenzial.

Für die Bekanntmachung und Vernetzung des Forschungsprogramms wurde u. a. an relevanten Veranstaltungen sowie an den Meetings der Innovationsgruppen Wärmetauscher und Prozessanlagen aktiv teilgenommen. International wurde der Kontakt mit IA IETS intensiviert, um eine Teilnahme in einem der passenden Tasks zu prüfen.

Ausblick

Eine Fortsetzung und allenfalls Stärkung der laufenden Aktivitäten hat weiterhin Priorität. Entsprechend zurückhaltend sind neue Themen auszuwählen und allenfalls national zu koordinieren. Neben der Tool-Entwicklung und der Umsetzung wird auch die Erforschung und Verbesserung sowie energetische Analyse von bestehenden und neuen Herstellverfahren im Fokus bleiben. Wichtig bei allen neuen Vorschlägen ist, dass die Möglichkeiten der Prozessintegration vorab in Erwägung gezogen wurden. Die Aktivitäten im Bereich Fertigungstechnik sind weiter auszubauen. Für den Herbst 2013 ist ein «Industry Energy Day – IED 2013» mit dem Fokus «Energieeffiziente Produktion: Konflikte – Potenziale» in Planung. Der IED soll u. a. Stakeholder zusammen bringen und das Set-up von künftigen R&D-Projekten für praxisorientierte Energie- und Kosteneffizienz in industriellen Prozessen unterstützen.

Highlights aus Forschung und Entwicklung

Im Jahr 2012 wurden im Bereich «Methoden und Tools» wichtige Fortschritte erzielt. Im Projekt «Abschätzung von Massen- und Energieflüssen in der chemischen Industrie» des Institutes für Chemie- und Bioingenieurwissenschaft der ETH Zürich wurden die wesentlichen Resultate erarbeitet und damit auch die Dissertation von Cecilia Pereira abschlussreif. Daher soll nachfolgend über dieses Projekt kurz berichtet werden.

Aufgrund der enormen Abwärmemengen aus industriellen Prozessen kommt der gezielten Nutzung dieser «gratis Energiequelle» mehr und mehr Bedeutung zu. Die Herausforderungen sind hierbei u. a. die unterschiedlichen Temperaturniveaus, die verschiedenen Verschmutzungsarten und Grade sowie die Verfügbarkeit. Auch die veränderte Gesamtdynamik, die aus der Kopplung mit dem zugeschalteten Abwärmennutzungssystem entsteht, will beherrscht sein. Ein breites R&D-Feld öffnet sich hier, in welchem besonders der Wärmeauskopplungstechnologie eine tragende Rolle zukommt. Zwei entsprechende Projekte seien nachfolgend kurz vorgestellt. Da beim zweiten Projekt Validierungsmessungen an der zurzeit grössten ORC-Pilotanlage in der Schweiz gemacht werden, wird dieses Projekt unter dem Kapitel Pilot- und Demonstrationsprojekte aufgeführt (2 MW elektrische Leistung, Holcim-Zementwerke in Untervaz).

Massen- und Energieflüssen in der chemischen Industrie

Ziel dieses Projektes war es, eine Vorhersage der Energie- und Materialflüsse in chemischen Produktionsprozessen anhand von prozessbasierten Modellen zu erlauben und auf diese Weise eine Energieallokation in Mehrzweck-Produktionsgebäuden zu ermöglichen. Material- und Energieverbrauch einzelner Reaktionen und Teilschritte in der Synthese können gezielt bestimmt und auf möglichst wenige dominante Betriebsparameter zurückgeführt werden. Verschiedene typische Trennungs- und Reinigungsverfahren in der chemischen Produktion wurden untersucht. Für die Anwendung dieser Modelle ist letztlich

dann nur die Kenntnis des Syntheseweges und einiger weniger Parameter nötig.

In Figur 1 sind im resultierenden Prozess-Klassifizierungsbaum, zum Zeitpunkt, wenn die Prozessparameter Temperatur, Dauer und Massen bekannt sind, beispielhaft drei mögliche Auslegungspfade markiert: Tiefer (L), mittlerer (M) und hoher (H) Dampfverbrauch (ML = mittel-tief, MH = mittel hoch). Tmax bezieht sich auf die maximale Temperatur, welche während der Reaktion oder dem Prozessschritt erreicht wird.

Die gewonnene Methodik und Resultate lassen sich zu einem späteren Zeitpunkt als «Energieverbrauchsschätzung» in anderen Tools wie dem EMT oder für ecoinvent Datensätze einsetzen. Ferner können diese auch zum Reaktions- und Prozess-Bench marking, Life Cycle Assessment, Eco-labeling usw. sowie für weitere Studien und Entwicklungen dienen.

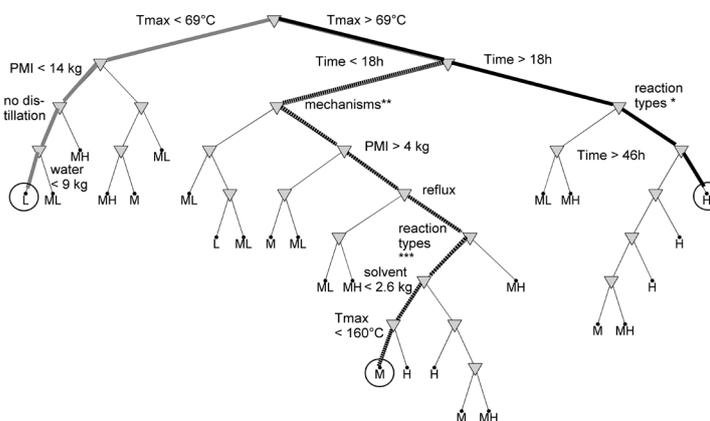
Wärmerückgewinnung aus heissen, verschmutzen Abgasen

In der Industrie werden grosse Abwärmemengen mit teilweise hohem Temperaturniveau ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Das energetische

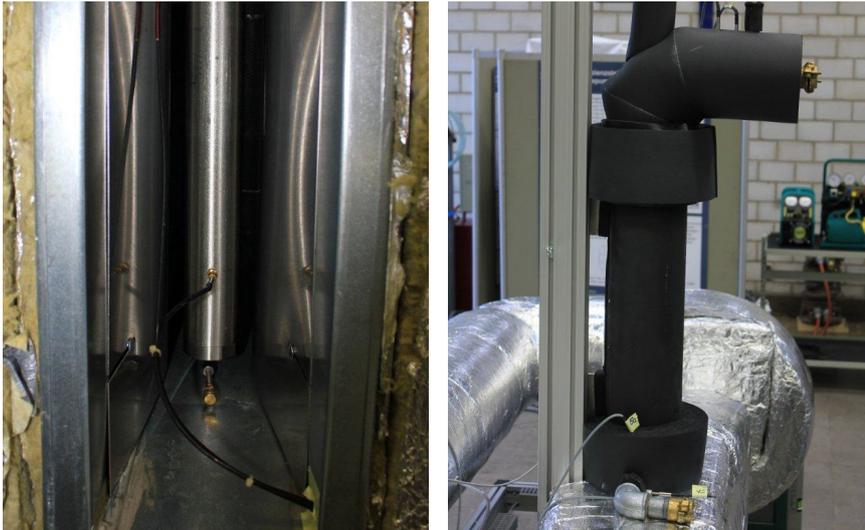
Potenzial wird oftmals nicht genutzt, da verschiedene Abgas- bzw. Abluft-Bestandteile zu Fouling, Abrasion und massiver Korrosion in den Wärmeüberträgern führen können. Am Beispiel von Stahlwerken ist ersichtlich, dass die Abwärmennutzung mit herkömmlichen Wärmeüberträgern technisch und wirtschaftlich nicht umsetzbar ist. Mit schmutzresistenten Wärmeüberträgern, die unter extremen Bedingungen die geforderte Wärmeübertragungsleistung zuverlässig und dauerhaft gewährleisten, kann die Abwärme jedoch gezielt genutzt werden. Ein innovativer Ansatz ist der modulare Thermosiphon-Wärmeüberträger (Heat Pipe), welcher von der Hochschule Luzern in Zusammenarbeit mit der Swiss Energy Engineering GmbH entwickelt wird.

Für den Thermosiphon-Wärmeüberträger besteht zum einen ein Reinigungskonzept, zum anderen bietet er aufgrund seiner Modularität die Vorteile, dass im Falle einer Leckage die Leckagemenge auf die defekten Thermosiphons beschränkt ist und diese individuell ersetzt werden können. Darüber hinaus wird die thermische Leistung des Wärmeüberträgers im Falle von Defekten nur um den Anteil der defekten Siphons vermindert.

Im Laufe des Projektes wurde zunächst eine Recherche zum State of the Art von Thermosiphons und Thermosiphon-



Figur 1: Prozess-Klassifizierungsbaum für tiefen bis hohen Dampfverbrauch. PMI = Process Mass Intensity = totale Inputmasse durch Produktmasse; PMI_w = Water PMI = Wasser-Inputmasse durch Produktmasse; PMI_s = Solvent PMI = Lösungsmittel-Inputmasse durch Produktmasse. Reaktionstypen: *Acylierung, Alkylierung, Komplexbildung, Kondensation, Polymerisation, Reduktion; **AEN (Elimination der nukleophilen Addition), SN2 (nukleophile Substitution), SNAr (aromatische nukleophile Substitution); *** Alkylierung, Kondensation, N-Acylierung, Polymerisation.



Figur 2: Thermosiphon zur Wärmerückgewinnung aus heissen, verschmutzten Abgasen – Testmodell. (Links) Thermosiphonteil zur Wärmeaufnahme aus dem «Test-Abgas» innerhalb der Prüfstrecke. (Rechts) isolierter Thermosiphonteil ausserhalb des «Test-Abgasstromes» zur Wärmeabgabe an ein Medium.

Wärmeüberträgern durchgeführt. Darauf aufbauend wurde ein Auslegungsprogramm für diese Wärmeüberträger entwickelt. Mit diesem Programm lassen sich für definierte Thermosiphons und Thermosiphon-Wärmeüberträger bei vorgegebenen Strömungsverhältnissen und Temperaturen der Wärmequelle und -senke, die thermische Leistung und die Betriebstemperatur des Wärmeüberträgers und jedes einzelnen Thermosiphons berechnen. Zur Validierung des Auslegungsprogrammes wurde ein Prüfstand aufgebaut, mit welchem die thermische

Leistung sowie die Betriebstemperatur eines einzelnen Thermosiphons gemessen werden kann. Der untersuchte Thermosiphon hat einen Durchmesser von 55 mm und eine Länge von 1 m. In Figur 2 (links) ist der Thermosiphonteil zur Wärmeaufnahme aus dem «Abgas» innerhalb der Prüfstrecke und in Figur 2 (rechts) der isolierte Teil ausserhalb zur Wärmeabgabe an ein Medium abgebildet. Als Wärmequelle wurde Luft bei 120 °C und als Wärmesenke eine Wasser/Glykol-Mischung bei -14 °C verwendet. Mit dem Prüfstand wurde

die thermische Leistung des Siphons für verschiedene Arbeitsfluide bestimmt. In einer Parameterstudie konnte die Abhängigkeit der thermischen Leistung des Thermosiphons von verschiedenen Parametern ermittelt werden. Für die Arbeitsfluide Ethanol und Methanol wurde eine thermische Leistung von etwa 535 W gemessen und für das Arbeitsfluid Wasser eine thermische Leistung von etwa 420 W. Die maximale Leistung des Thermosiphons wurde bei dem Arbeitsfluid Ethanol bei einem Füllgrad von 12,5 % ermittelt. Die Untersuchungen haben ebenfalls gezeigt, dass nicht-kondensierbare Gase im Thermosiphon dessen thermische Leistung stark herabsetzen. In einem nächsten Schritt werden die gemessenen Werte mit den berechneten Grössen des Auslegungsprogrammes verglichen und das Programm gegebenenfalls optimiert und erweitert. Das validierte Auslegungsprogramm soll anschliessend zur Auslegung eines aus Thermosiphons bestehenden Wärmeüberträger-Prototypen eingesetzt werden. Die künftige Herausforderung wird es dann sein, die Technik und die Erkenntnisse auch für heissere Abgasströme umzusetzen.

Kostenreduktionspotenziale von Wärmetauschern in staubigen Abgasen

In der Zement- und Stahlindustrie, in der Steinwolleproduktion sowie bei Ziegeleien fallen grosse Abwärmemengen an, die man zunehmend nutzen möchte. Bei diesen Anwendungen liegt die Abwärme jedoch als heisser, stark staubeladener Abgasstrom vor. Um die Energie aus diesen Abgasströmen auszukoppeln, werden an die benötigten Wärmeübertragungssysteme hohe Anforderungen gestellt. Der Staub lagert sich an den Wärmeüberträgerrohren ab und bildet eine isolierende Schicht, welche die Wärmeübertragungsleistung stark vermindert. Mit den momentan vorhandenen Berechnungsunterlagen kann dieses Verhalten nicht zuverlässig vorausgesagt werden. Folglich werden Wärmeüberträger mit hohen Sicherheitszulagen (zusätzliche Wärmeüberträgerfläche) ausgelegt, was mit höheren Investitionskosten verbunden



Figur 3: Holcim-Zementwerke mit der neuen 2 MWe-ORC-Abwärmeverstromungsanlage.

ist. Im Rahmen des Projektes «Verbesserung der Berechnungsmodelle und Aufzeigen von Kostenreduktionspotenzialen von Wärmetauschern in Anwendungen mit starker Staubbelastung» werden die Berechnungsgrundlagen für künftige Wärmeüberträgersysteme verbessert. Dadurch sollen die Kosten gesenkt und die Wirtschaftlichkeit, Attraktivität sowie die Verbreitung von Abwärmenutzungsanwendungen erhöht werden.

Um das Wärmeüberträger-Verhalten beschreiben zu können, werden thermodynamische Modelle benötigt. Zunächst wurden verschiedene Wärmeüberträgermodelle implementiert und mit Hilfe von Versuchen an einem Laborwärmeüber-

träger validiert. Bei diesen Versuchen ohne Staubverschmutzung liegen die Abweichungen zwischen den gemessenen und berechneten Austrittstemperaturen im Bereich $-3,8$ bis $+4,1$ %.

Die geeigneten Modelle wurden auf eine reale Abwärmenutzungsanlage übertragen. Dabei handelt es sich um eine ORC-Anwendung, welche u. A. die Abgasabwärme des Holcim-Zementwerkes in Untervaz in elektrischen Strom umwandeln (2 MWe, siehe Figur 3 und Titelbild). Mit den Modellen wurde die Auslegung des Hauptwärmeüberträgers nachgerechnet. Dabei liessen sich die Spezifikationen sehr gut reproduzieren. Die Abweichungen bei der berechne-

ten Wasser- und Luftaustrittstemperatur liegen unter einem Prozent. Sobald die Anlage in einem stabilen Betrieb läuft, werden vom Wärmetauscher Messdaten erhoben, aufbereitet und mit Hilfe der Wärmeüberträgermodelle ausgewertet. Dabei interessieren vor allem die Wärmeübergangszahlen, die sich aufgrund der Verschmutzung zeitlich verändern. Diese Informationen sind wichtig für die optimale Auslegung zukünftiger, ähnlicher Abwärmenutzungsanwendungen. Zudem sind diese (Verschmutzungs-) Daten wichtige Informationen für die Berechnungsparameter im geplanten ORC-Modul des PinCH-Tools der HSLU (www.pinch-analyse.ch).

Nationale Zusammenarbeit

Die Beteiligung und das Interesse der Industrie in den einzelnen Projekten sind besonders aufgrund der Anwendungsnähe der Themen und der guten Kontakte der Forscher zur Industrie gut. Auch von der KTI wurden diverse Projektanträge mit guter Industriebeteiligung zur Stellungnahme vorgelegt und zum Teil auch unterstützt. Die Anzahl von Projekten mit einer grösseren Anzahl industri-

eller Stakeholder in energierelevante Forschungsaktivitäten entsprechen nicht den möglichen Einspar- und Rückgewinnungspotenzialen. Diese sind in der industriellen Praxis insgesamt noch ungenügend thematisiert und bedürfen einer verstärkten Kommunikation. Es besteht ein Austausch mit den BFE Forschungsprogrammen *Elektrizität, Industrielle Solarenergienutzung, Solarwärme, Energie in Gebäuden, WKK und Umgebungswärme*.

Internationale Zusammenarbeit

Die in der Schweiz laufenden Aktivitäten sind branchenspezifisch und orientieren sich in erster Linie an den Bedürfnissen der inländischen Industrie. Bei gewissen Themen beteiligen sich jedoch auch international aktive Grossfirmen. So ist u. a. im Projekt «LCA4AFR» der ETHZ voestalpine und der international operierende Konzern Holcim beteiligt. In einem anderen Projekt der ETHZ beteiligt sich BASF. International Beachtung finden vor allem die an der ETHZ und der EPFL entwickelten Tools für das «Energy Monitoring» (EMT) zur Analyse und Planungen chemischer Mehrprodukte-Batchbetriebe und das Tool für die Abschätzung von Ökobilanzdaten für die Produktion von Chemikalien (Finechem). Das Finechem-Tool ist bereits heute international im Einsatz, was auch Ziel für die anderen Analyse- und Decision-Aid-Tools ist.

Vom Forschungsprogramm *Industrielle Prozesse* des BFE aus wurde der Kontakt mit dem Implementing Agreement der Internationalen Energieagentur (IEA) Industrial Energy-Related Technologies and Systems (IETS) aufgenommen. Hierzu wurde im Herbst das ExCo-Meeting in Amersfoort

(NL) besucht und die Schweizer Interessen vorgestellt. Gegenseitige Interessen und Projektzusammenarbeitspotenzial konnte in den Annexes Industrial Heat Pumps (Joint Annex, an welchem die Schweiz beteiligt ist), Process integration in the iron and steel industry, Energy Efficiency in SME's, Industrial excess heat recovery und Biorefineries (im Abgleich mit dem IEA Bioenergy Task 33 Thermal Gasification of Biomass, an dem die Schweiz beteiligt ist) ausgemacht werden. LCA, method and tool development ist in Diskussion für einen neuen Annex.

Bei der EU wurden und werden die für die Schweiz prioritären Themenvorschläge für die EU FP7 Calls und das Nachfolge-Programm Horizon 2020 jeweils eingereicht. Eine direkte internationale Zusammenarbeit resp. eine vertiefte Klärung gemeinsamer Forschungsinteressen mit der EU ist offen. Eine zunehmende Beteiligung an den Ausschreibungen der EC z. B. in spezifischen Materialtechnologien, Anwendungen zur Abwärmenutzung etc. ist anzustreben, d. h. entsprechende Informationen u. a. zusammen mit Eurerechnung aufzubereiten.

Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(* IEA-Klassifikation)

- EFFIZIENZSTEIGERUNGEN VON LANDWIRTSCHAFTLICHEN TROCKNUNGSANLAGEN**

Lead: FHNW Fachhochschule Nordwestschweiz

Contact: Sandoval Lisseth lisseth.sandoval@fhnw.ch

Abstract: Es wird untersucht, ob der bei der Trockenfuttermittelherstellung anfallende, gebührenpflichtig zu entsorgende, Gras- (GPS) sowie Maispresssaft (MPS) durch biologische Umformungsprozesse zur Biogas-, Bio-Ethanolgewinnung oder Milchsäureherstellung verwendet werden kann. Die Untersuchung zur biotechnologischen Produktion organischer Säuren zeigt zudem, dass eine mikrobielle Produktion von Milchsäure aus beiden Pflanzenpresssäften möglich ist.

R&D 1.1*

Funding: BFE

Period: 2009–2012
- MARKTÜBERSICHT IN ENERGIEINTENSIVEN BEREICHEN DER SCHWEIZERISCHEN INDUSTRIE**

Lead: BMG Engineering AG

Contact: Reto Müller reto.mueller@bmgeng.ch

Abstract: Ziel ist eine Marktübersicht in energieintensiven Bereichen der Schweizerischen Industrie (Chemie, Pharma, Kunststoff, Nahrungsmittel, Baustoff, Technologie). Es soll die Verfügbarkeit und Nutzungsmöglichkeiten von industrieller Abwärme untersucht werden. Langfristig soll eine Reduktion des Primärenergieverbrauchs durch eine optimalere Abwärmenutzung resultieren. Zudem sollen Standortvorteile bei einer integralen Wärmenutzung aufgezeigt werden.

R&D 1.1

Funding: BFE

Period: 2009–2012
- ABSCHÄTZUNG VON MASSEN- UND ENERGIEFLÜSSEN IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE**

Lead: ETH Zürich

Contact: Hungerbühler Konrad konrad.hungerbuehler@chem.ethz.ch

Abstract: Ziel dieses Projektes ist die Bestimmung und Vorhersage der Energie- und Materialflüsse in chemischen Produktionsprozessen anhand von prozessbasierten Modellen. Auf diese Weise soll eine verbesserte Energieallokation in Mehrzweck-Produktionsgebäuden möglich werden. Material- und Energieverbrauch einzelner Reaktionen und Teilschritte in der Synthese sollen gezielt bestimmt und wenn möglich auf Betriebsparameter zurückgeführt werden können.

R&D 1.1

Funding: BFE

Period: 2010–2012
- ABWÄRMENUTZUNG MITTELS STATIONÄRER ZEOLITH-SPEICHERANLAGE**

Lead: BSB + Partner

Contact: Kahlert Heinrich Alexander.Kohli@bsb-partner.ch

Abstract: In dieser Machbarkeitsstudie soll zusammen mit den industriellen Werken Basel (IWB) geklärt werden, wie eine stationäre Zeolith-Anlage zur Speicherung thermischer Energie energieeffizient und rentabel für das Holzkraftwerk Basel betrieben werden könnte. Bei vorhandenem Potenzial werden verschiedene Umsetzungsvarianten auf Realisierbarkeit und Kosten geprüft. Für die beste Variante, soll ein Modellversuch entwickelt und evaluiert werden.

R&D 1.1

Funding: BFE

Period: 2011–2012
- ENERGIEEFFIZIENT TROCKNEN DURCH VORPRESSUNG: VISIBILITÄT UND MULTIPLIZIERBARKEIT**

Lead: Meinrad Ruckstuhl

Contact: Meinrad Ruckstuhl radi.ruckstuhl@bluewin.ch

Abstract: Bei der modernen Tierfutterproduktion werden aus unterschiedlich feuchten Eingangsstoffen wie Gras, Mais und Getreide über einen fossil gefeuerten Trocknungsprozess Futterpellets hergestellt. Mittels Vorpressen lassen sich ca. 25% der Energie einsparen. Diesen und weitere technisch-wirtschaftliche Vorteile und Installations- und Betriebserfahrung sollen mittels einer mobilen Anlage an mehreren Standorten potentiellen Anwender 1:1 gezeigt werden.

P&D 1.1

Funding: BFE

Period: 2011–2013
- ENTWÄSSERUNG VON BIOETHANOL FÜR DIE ZUGABE IN BENZIN**

Lead: ZHAW Zürcher Hochschule Winterthur

Contact: Spielmann Thomas spta@zhaw.ch

Abstract: Zur Schonung fossiler Brennstoffe und Reduktion des CO₂-Ausstosses wird Bioethanol dem Benzin bis zu einem Gehalt von 85% zugegeben (E85, erste CH Tanksäule). Beizumischendes Ethanol muss wasserfrei sein. Die Absolutierung von Ethanol kann mittels Membranverfahren (Pervaporation, Celfa AG) oder Molekularsiebe (PSA-pressure swing absorption, Zeochem AG) erfolgen. Beide Methoden sollen mit Pilotanlagen technisch und ökonomisch verglichen werden.

R&D 1.1

Funding: BFE

Period: 2011–2013
- LCA4AFR: ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABLE REGIONAL MANAGEMENT OF WASTE AND INDUSTRIAL BY-PRODUCTS**

Lead: ETH Zürich

Contact: Stefanie Hellweg hellweg@ifu.baug.ethz.ch

Abstract: A method (IT-tool) is developed to support decision making of authorities, industry, communities and NGOs, for directing wastes and by-products to appropriate treatment and optimal management, i.e. energy demand and GHG emissions. Life cycle assessment LCA including all relevant energy flows and environmental impacts is applied to ensure a holistic analysis and to avoid suboptimization. The usefulness is demonstrated by real-world case studies.

R&D 1.1

Funding: BFE

Period: 2011–2013

- **ENERGIEEFFIZIENZ BEIM SPRITZGIESSEN VON KUNSTSTOFFEN** R&D 1.1
- | | | | |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead: | HSR Hochschule für Technik Rapperswil | Funding: | BFE |
| Contact: | Benno Bucher bbucher@hsr.ch | Period: | 2012–2013 |
- Abstract: Der grösste Energieanfall findet beim Kunststoffspritzgiesen beim Aufschmelzen und Abkühlen statt. Da kaum Wärmerückführungen besteht, wird die Energie der Phasenumwandlungen quasi zweimal bezahlt. Es soll das Potenzial der Energieeinsparung eruiert werden. Mit einer Pilotapparatur soll die Rekuperation an einem realen Spritzgiesswerkzeug realisiert und durch Materialmodifikation ein niedrigeres Schmelztemperaturniveau angestrebt werden.
- **DAMPFSPEICHERFAHRZEUGE - ERSATZ VON ELEKTRO- UND DIESELFahrZEUGEN AUF WERKAREALEN DURCH DAMPFSPEICHERFAHRZEUGE** R&D 1.1
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | Stiftung Swiss Excellence | Funding: | BFE |
| Contact: | Willy Frank willy-frank@bluewin.ch | Period: | 2012–2013 |
- Abstract: The potential of steam energy storage technology regarding applications, technology and economy in comparison with existing systems will be investigated. Possible applications are: Shunting locomotives, large-wheeled trucks, fork-lift trucks, ferries. Merits are: Reduction of fossil fuels and emissions, enhanced energy efficiency by waste heat recovery. A pre-study will prepare a "go/no go" decision prior to detailed investigations with tests.
- **EFFIZIENZSTEIGERUNG ANTRIEBS- UND TRANSPORTRIEMEN** R&D 1.1
- | | | | |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead: | HSR Hochschule für Technik Rapperswil | Funding: | BFE |
| Contact: | Markus Henne mhenne@hsr.ch | Period: | 2012–2013 |
- Abstract: Zur energetischen Verbesserung von Transport- und Antriebssystemen sollen die Riemen (Materialauswahl, Lagenaufbau) optimiert werden. Dazu wird ein Verfahren resp. numerische Berechnungsmethode für eine effiziente (energierelevante) Charakterisierung von Kunststoffen entwickelt. Zudem wird ein Prüfstand zur experimentellen Validierung der Riemen hinsichtlich Energieeffizienz und Ermüdungsverhalten aufgebaut.
- **THERMOSIPHON FÜR WÄRMERÜCKGEWINNUNG AUS HEISSEN ABGASEN** R&D 1.1
- | | | | |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead: | HSLU, CC Thermische Energiesysteme & Verfahrenstechnik | Funding: | BFE |
| Contact: | Mirko Kleingries mirko.kleingries@hslu.ch | Period: | 2012–2013 |
- Abstract: Mittels modularer Thermosiphon-Wärmeüberträger sollen verschmutzte, korrosive und abrasive Abwärmeströme unterschiedlicher Temperaturniveaus nutzbar gemacht werden. Es werden die Grundlagen für die Berechnung, Auslegung und Realisierung erarbeitet sowie die Umsetzbarkeit des Konzepts geprüft. Zudem werden weitere Anwendungsmöglichkeiten gesucht. Die Erkenntnisse werden in einem Workshop interessierten Fachkreisen vermittelt und diskutiert.
- **KOSTENREDUKTIONSPOTENZIALEN VON WÄRMETAUSCHERN IN ANWENDUNGEN MIT STARKER STAUBBELADUNG** R&D 1.1
- | | | | |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead: | ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften | Funding: | BFE |
| Contact: | Walter Siegl siew@zhaw.ch | Period: | 2012–2014 |
- Abstract: Heisse, stark staubbeladene Abgasströme sowie dynamisches Betriebsverhalten stellen hohe Anforderungen an Wärmetauscher, welche z. B. für die Abwärmeverstromung mittels ORC benötigt werden. Mit diesem Projekt sollen die Berechnungsunterlagen für die Wärmetauscher-Auslegung verbessert werden, womit die Kosten gesenkt und die Wirtschaftlichkeit, Attraktivität sowie die Verbreitung von Abwärmenutzungs-Anwendungen z. B. via ORC, erhöht werden können.

