

Rapports de synthèse des chefs de programme OFEN Überblicksberichte der BFE-Programmleiter 2006

VERFAHRENSTECHNISCHE PROZESSE VTP

BFE Martin Stettler

martin.stettler@bfe.admin.ch



Quelle: Ziegler Papier AG / Helbling

Energieintensive Papierproduktion

Dank der Analyse sämtlicher Papierfertigungsprozesse und deren Energieversorgung mit der Pinch-Methode sowie einer anschliessenden Prozessintegration kann ein Papierhersteller seinen Gasverbrauch um 24% reduzieren. Die dazu nötigen Investitionen lassen sich in 1,8 Jahren amortisieren.

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Fakten: Mit einem jährlichen Ausstoss von 6.8 Mio. Tonnen CO₂ ist der Industriesektor mit 77'000 Betrieben der zweitgrösste Emittent von Kohlendioxid. Der Sektor Dienstleistungen mit rund 240'000 Unternehmen ist für einen Ausstoss von ca. 5,2 Mio. Tonnen CO₂ verantwortlich. Grösster Emittent bleibt der Sektor Haushalte mit einem jährlichen Ausstoss von rund 12.3 Mio. Tonnen CO₂. Am gesamtschweizerischen Endenergieverbrauch hat der Industriesektor einen Anteil von 20% und ist drittgrösster Verbraucher hinter den Sektoren Verkehr und Haushalte.

Das CO₂-Gesetz zeigt Wirkung - bis heute sind rund 1700 energieintensive Unternehmen unter dem Dach der Energie-Agentur der Wirtschaft in Zielvereinbarungen eingebunden. Das sind 3,7 Mio. Tonnen CO₂ oder 35% des gesamten CO₂-Ausstosses der Wirtschaft. Diese Unternehmen verpflichten sich, bis 2010 die Energieeffizienz um 10% zu steigern und ihren absoluten CO₂-Ausstoss um 7% (Wachstum berücksichtigt) gegenüber 1990 zu senken. Die effektive Reduktionsleistung liegt wesentlich höher, wird aber durch das Wirtschaftswachstum teilweise kompensiert. In Zukunft müssen CO₂-Reduktionsmassnahmen vermehrt im Bereich der industriellen Prozesse und Verfahrenstechnik gesucht werden, denn etwa 90% der Endenergie wird in der Industrie für Produktionsprozesse eingesetzt. Bei industriellen und verfahrenstechnischen Prozessen kann von einem Energiesparpotenzial zwischen 20% und 50% ausgegangen werden.

Ausrichtung: Das Forschungsprogramm VTP richtet sich insbesondere auf die Unternehmen der Energie-Agentur der Wirtschaft, da diese in der Regel das nötige Engagement für gemeinsame Forschungsprojekte mitbringen. Das Programm unterstützt die Erarbeitung von Methoden, Werkzeugen und Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz, Senkung der CO₂-Emissionen und Integration von erneuerbaren Energien. Es unterstützt auch die Nutzbarmachung von heute noch ungenutzter Abwärme. Nebst allen Anstrengungen zur Senkung des CO₂-Ausstosses (thermische Prozesse) wird vermehrt der Fokus auch auf Effizienzverbesserungen im Strombereich (Antriebe, mechanische Prozesse, elektrothermische Verfahren) gerichtet, denn der Stromverbrauch des Industriesektors ist beinahe gleich hoch wie der Verbrauch an Erdgas und Heizöl. Im Industriesektor ist eine Verlagerung weg von fossilen Energieträgern zu Elektrizität zu beobachten.

Schwerpunkte: Auf der Basis des *Konzepts der Energieforschung des Bundes 04-07* sowie den Ergebnissen diverser Plattformveranstaltungen des Sektors Industrie und Dienstleistungen von EnergieSchweiz, bestätigen sich die Programmschwerpunkte:

I. Prozessoptimierung / Prozessintegration

II. Verbesserung komplexer Produktionsverfahren

III. Effizientere Trocknungs- und Trennverfahren

IV. Nachhaltiger Umgang mit Energie und Ressourcen

Umsetzung: Im Berichtsjahr konnten zu allen Programmschwerpunkten neue Projekte gestartet werden. Die Bekanntmachung des Programms in der Industrie wurde fortgesetzt. Eine erste Plattformveranstaltungen „**Innovationsförderung Industrielle Prozesse**“ wurde anfangs April in Olten mit 60 Teilnehmern durchgeführt. Ziel der Veranstaltung war es, Input zu den aktuellen Energieforschungsbedürfnissen der Prozessindustrie zu erhalten. Auf besonderes Interesse stiessen die Workshops „Energetische Prozessintegration“ und „Nutzwärme statt Abwärme“. Die Ergebnisse wurden in einer BFE-Projektausschreibung umgesetzt. Anfang November wurde das Programm VTP anlässlich der **Konferenz des EnergieSchweiz Marktbereichs Industrie & Dienstleistungen** vorgestellt. Mitte November konnten an der **EnAW-Fachtagung 2006** mit 300 Unternehmensvertretern die Programmschwerpunkte und Möglichkeiten vorgestellt werden.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2006

I. PROZESSOPTIMIERUNG UND -INTEGRATION

Das 2004 gestartete Projekt **Modeling and Optimization of Energy Consumption in Multipurpose Batch Plants** [1] hat zum Ziel, mit geeigneten Modellen (Top-down und Bottom-up) ein verlässliches Vorhersage- und Optimierungsinstrument für den Energiebedarf chemischer Mehrprodukte-Batchbetriebe zu entwickeln. Dabei soll der produktespezifische Energiebedarf (Elektrizität, thermische Energie) aufgrund der jeweiligen Prozessdaten (Betriebsvorschrift) prognostiziert werden, damit Herstellprozesse energetisch optimiert werden können.

Im Berichtsjahr konnte die kritische Phase der Modellentwicklung und des Datenhandlings erfolgreich abgeschlossen werden. Hingegen musste das Top down Modell fallen gelassen werden, da dieses bei Mehrprodukte-Batchbetriebe zu keinen verlässlichen Ergebnissen führte.

Ein robustes Modell im Bottom-up Ansatz und auch eine genügend leistungsfähige Simulations-Software (Basis Matlab®) stehen jetzt zur Verfügung. Damit kann die sehr grosse Prozessdatenmenge automatisch und in vernünftiger Zeit und mit einem Minimum an Aufwand verarbeitet werden. Dieses Modell zur Bestimmung des Energieverbrauchs wurde während zwei Monaten im Pilotbetrieb erprobt. Bis zu 9 verschiedene Produkte (30 Batches) wurden in dieser Periode hergestellt. Mit dem

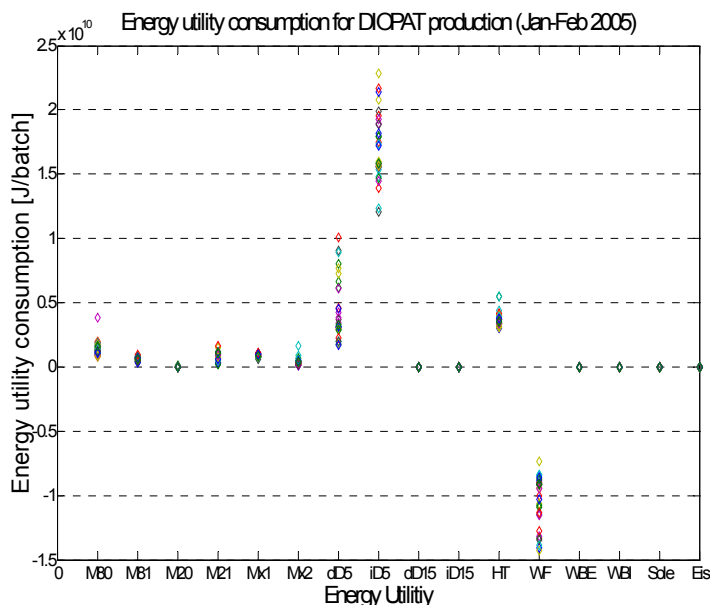


Abb. 1: Variabler Energieverbrauch verschiedener Batches

Modell konnten die grössten Energieverbraucher identifiziert und der Energiebedarf jedes Prozessschrittes genau untersucht werden. Die Versuchsergebnisse zeigen eine recht grosse Varianz (Abb. 1) zwischen den einzelnen Batches. Die Analyse der Prozessbedingungen kann Schlüssel sein, die Prozesse anderer Produkte entsprechend zu optimieren.

Weitere Erkenntnisse brachten die Messungen und die Modellierung des Dampfverbrauchs von 18 im Volumen (10-40 m³) stark unterschiedlichen Reaktoren. Es zeigte sich, dass die relativen Energieverluste bei grossen Reaktoren erheblich kleiner sind als bei kleinen. Auf Grund dieser positiven Resultate wird nun in der letzten Projektphase ein Produkt ausgewählt und anhand der entwickelten Methode beispielhaft analysiert und der Herstellungsprozess entsprechend optimiert.

Die in diesem Projekt entwickelte Methodik und Software-Tools können später für weitere Chemie-Batchbetriebe mit gleichem Prozessdaten-Management verwendet werden.

Das Forschungsprojekt **Efficient Energy Conversion in the Pulp and Paper Industry, EECPPi** [2] fügt sich mit einer Fallstudie in das internationale Projekt *Novel Technologies für Energy Efficiency and Eco-Industrial Clusters in the pulp and Paper Industry, E³PAP* ein. Am Beispiel von Borregaard

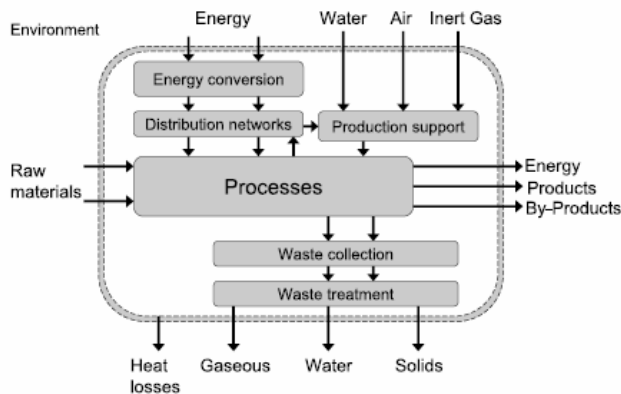


Abb.3: System der Prozessanalyse

Approach“ (erweiterte Pinch-Methode) wurden die Prozessanlagen jeweils nach den Prozessanforderungen aber auch nach der verwendeten Wärmeübertragungstechnologie (z.B. Heisslufttrockner) analysiert. Damit können die Exergie-Verluste der verwendeten Technologie bestimmt und anderen Prozesskonzepten gegenüber gestellt werden. In der letzten Phase des Projekts werden konkrete Verbesserungsmassnahmen auf Ebene Prozesse, Wärmeübertragungstechnologie und Energieversorgung abgeleitet werden.

konzentrieren sich die schweizerischen Forschungsarbeiten auf die energetische Integration der energieintensiven Prozesse der Lignin-, Cellulose, Ethanolherstellung. Die Energieversorgungssysteme (utilities) werden ebenfalls mit der Pinch-Methode untersucht und einer energetischen Integration unterzogen. Ziel der Prozessintegration ist es, in einem Prozesssystem (Abb. 3) die horizontalen Ströme zu maximieren und die vertikalen Ströme möglichst zu minimieren.

Im Berichtsjahr wurden die Prozessanforderungen (thermische Energie und Strom) aller wichtigen Prozessanlagen aufgenommen.

Mit dem so genannten „dual representation

Das Projekt **HORTISOL – Energetische Prozessintegration in Gewächshauskulturen** [3] wurde im Frühling 06 abgeschlossen. Entwickelt wurde eine handliche Software, mit der die wachstumsrelevanten Vorgänge (Prozesse) in einem Produktionsgewächshaus simuliert werden können. Auf Basis der photosynthetisch aktiven Strahlung, dem CO₂-Gehalt der Innenluft und der Temperatur können mit der Software **HORTISOL** entsprechende Klimastrategien abgeleitet werden, die letztlich zu optimierten Jahreskosten (Investitions-, Energie- und Betriebskosten), höherem Gewinn durch einen früheren Ertrag und hoher Produktivität führen. Das von der Fachhochschule Wallis (HEVs) entwickelte Simulationstool wurde an der ÖGA 2006 dem Fachpublikum vorgestellt.

Neu konnte ein Projekt **Prozessoptimierung bei der Wärmeerzeugung mit Holz in Gewächshäusern** [4] unterstützt werden. Gewächshäuser werden in der Schweiz (wie auch im auf Gewächshauskulturen spezialisierten Holland) in der Regel mit Öl-, Erdgas- oder Propangas beheizt. Es gibt nur wenig Erfahrung im Bereich effizientes Beheizen von Gewächshäusern mit Biomasseheizung. Die Wärmeanforderungen von Gewächshäusern sind abhängig von der oft schnell wechselnden Witterung sowie der Bauart der Gewächshaushülle. Das führt zu neuen Anforderungen für eine Holzheizung. Seit Anfang 2006 erzeugt ein Holzkessel mit 1,6 Megawatt Heizleistung und einem 100 Kubikmeter

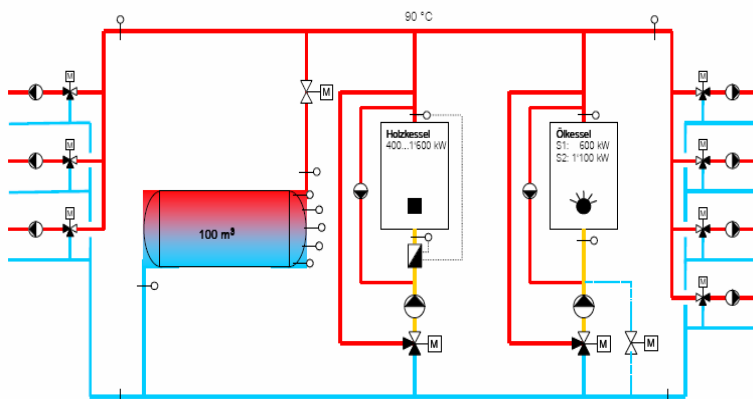


Abb. 4: Wärmeerzeugung mit Holz-, Ölkessel und Speicher, Encontrol GmbH

sorgt damit für eine hohe Anlageneffizienz und für minimale Energieverluste. Dank der ausgeklügelten Steuerung und des grossen Speichers war bisher der Einsatz des bestehenden Ölkessels zur Spitzenabdeckung nicht erforderlich. Mit diesem Forschungsprojekt konnte erstmals die Auslegung und Einbindung einer innovativen Biomassefeuerung sowie Programmierung des Klimacomputers in Ge-

grossen Energiespeicher die benötigte Wärme für die Gewächshäuser. Eine neue „intelligente“ übergeordnete Steuerung (Klimacomputer) ist zusammen mit dem grossen Speicher die Grundlage für den bisher sehr zufrieden stellenden Betrieb der Anlage. Die übergeordnete Steuerung berechnet aus den Betriebsdaten der letzten 24 Stunden und der Wetterprognose der nächsten 24 Stunden die notwendige Heizleistung und passt das Wärmeangebot dauernd den aktuellen Wetterbedingungen an. Sie

wächshäusern grundlegend untersucht werden. Die Erkenntnisse kommen in erster Linie den drei Gewächshauszielvereinbarungsgruppen der *Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW)*, aber auch weiteren in der Schweiz ansässigen Gewächshausproduzenten, zugute.

Mit dem Projekt **Gesamtenergiestudie mit der Pinch-Methode - Energie- und Produktionskostensenkung** [5] wird beispielhaft das Vorgehen einer Prozessanalyse und –integration anhand einer Papierfabrik gezeigt. Im Jahr 1995 wurde bei diesem Papierhersteller bereits eine Energiestudie durchgeführt. In der Zwischenzeit hat sich die Produktion jedoch um 50 % auf deutlich über 60'000 t/a Papier erhöht. Entsprechend stiegen der Gesamtstromverbrauch im Jahr 2005 auf 36 GWh/a und der Nutzwärmeverbrauch auf 92 GWh pro Jahr. Die Energiekosten erreichten knapp 10 Mio. CHF pro Jahr (kalkulatorisch) und weisen einen bedeutenden Anteil an den Produktionskosten auf. Einsparungen wirken sich direkt auf den kosten- und CO₂-relevanten Erdgasverbrauch aus.

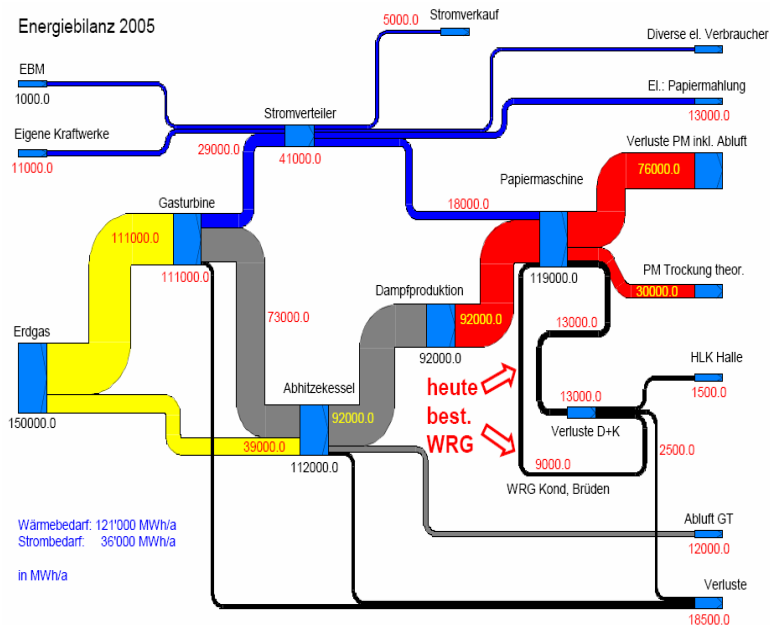


Abb. 5: Energieflussdiagramm

Dampfturbine und klassischen Stromsparmassnahmen. Sie ermöglichen eine Einsparung von bis 24 % an Erdgas entsprechend über 1.4 Mio. CHF/a und ca. 1 % Strom. Total müssten ca. 1.7 Mio. CHF investiert werden. Die Massnahmen haben einen gesamthaften Payback von 1.3-1.8 Jahren.

Das Projekt **Stromproduktion aus Abwärme** [6] soll klären, wie „heute nicht weiter nutzbare“ Abwärme aus der Industrie zukünftig genutzt und in rentablen Strom umgewandelt werden kann. Damit sollte die die Energieeffizienz durch Abwärmenutzung gesteigert, der Netzbezug reduziert und indirekt zusätzliche CO₂-Emissionen vermieden werden.

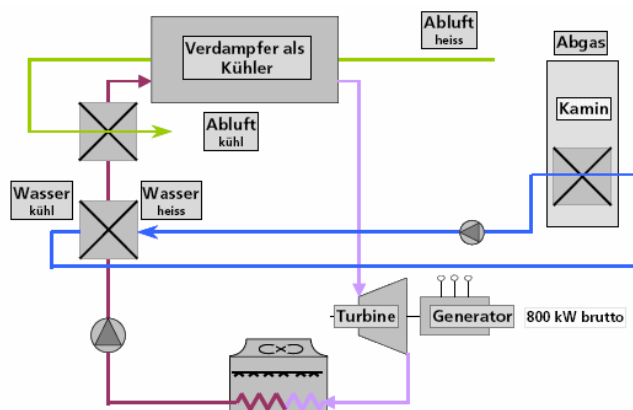


Abb. 6: Schema des geplanten Prozesses zur Abwärmenutzung

Der ORC-Prozess für die Umwandlung von Abwärme in Strom wurde in den Grundzügen ausgelegt. Dazu wurden die Abwärmequellen in Form von Volumenstrom in Funktion der Zeit, Zusammensetzung und Temperatur bei zwei Firmen, welche als Pilotunternehmen in Frage kommen, erfasst. Nach dem Bestimmen der anfallenden Abwärmemenge wurde eine Turbine ausgewählt. Mit den dadurch gegebenen Eckdaten wurde der ORC-Kreislauf definiert. Das Medium ist ein in der Luft stabiles Kältemittel; es unterliegt daher gemäss ChemRRV der Bewilligungspflicht. Auf Basis des Life Cycle Assessments, das für diese Anlage erstellt wurde, erteilte das BAFU die nötige Bewil-

ligung. Nach Abschluss dieser Vorarbeiten und dem Nachweis der grundsätzlichen Machbarkeit wurde ein PC-Programm zur Berechnung und Optimierung der Prozesse entwickelt. Es wurden erste technische Ergebnisse des ORC-Prozesses berechnet. Die konstruktive Anpassung der Turbine und deren optimale Einpassung aufgrund des Jahresverlaufs der thermodynamischen Zustände ist noch ausstehend. Das ORC-Konzept soll einen elektrischen Wirkungsgrad von über 10% erreichen. Das Projekt ist zeitlich im Rückstand.

Mit der Studie **Zentrale Kälteversorgung und Aufbau der Kühlung für Konvektionshallen** [7] wurden bei einem grossen Hygiene-Papierhersteller die Einsatzmöglichkeiten einer mit Prozessabwärme betriebenen Absorptionskältemaschine (AKM) analysiert. Es wurde untersucht, wie weit die im ganzen Werk verteilten Kälteerzeugungen (474 kW) zentralisiert und wie zusätzlich zwei Konvektionshallen mit zu hohen Raumlufttemperaturen von 42°C gekühlt werden könnten. Der totale Kälteleistungsbedarf der wirtschaftlich vertretbaren Lösung



Abb. 7: Absorptionskälteanlage (Quelle FH Burgdorf)

ergab eine Auswahl von Kältegeräten mit insgesamt 320 kW Kälteleistung. Unter Einbezug der beiden Konvektionshallen liegt der Kälteleistungsbedarf bei 1490 kW. Als Abwärmequelle steht Dampf aus der Abfall- und Papier-Reststoffverbrennung (Wirbelschichtverbrennung) hochwertiger Dampf im Überschuss und zum „Nulltarif“ zur Verfügung. Mit Kältegestehungskosten von 5.63 Rp./kWh ist die zentrale Kälteerzeugung mit einer AKM gegenüber einer konventionellen elektromotorisch betriebenen Kältemaschine mit 7.94 Rp./kWh deutlich im Vorteil und es könnten so 870 MWh elektrische Antriebsenergie eingespart werden. Die

dafür notwendigen Mehrinvestitionen einer AKM liessen sich in 2,5 Jahren amortisieren.

Fazit: Obwohl die an sich hochwertige Dampfenergie mit Energiepreis null eingesetzt worden ist, ist die Wirtschaftlichkeit (Anschlusslänge, Grösse) bei den kleinen Klimageräten rasch nicht mehr gegeben, da die Verteilkosten von Kälte sehr hoch sind. Energetisch sinnvoll und wirtschaftlich ist der Einsatz der Absorptionskältetechnik für zentrale grosse Kälteverbraucher; es kann wertvolle elektrische Energie eingespart werden und die dafür notwendige Mehrinvestition ist innerhalb von 2,5 Jahren amortisiert.

II. VERBESSERUNG KOMPLEXER PRODUKTIONSVERFAHREN

Im Rahmen des Projekts **Steigerung der Energieeffizienz in der Backstein-Produktion** [8] wurden drei Hauptziele verfolgt:

- Erarbeitung eines möglichst allgemeinen Konzepts für die Analyse älterer Backsteinproduktionsanlagen hinsichtlich noch nicht genutzter Einsparpotenziale;
- Untersuchung der Fragestellung, inwieweit sich durch einen Anlagenverbund im gleichen Marktgebiet ein energetischer Nutzen ergibt;
- Entwicklung eines EDV-Tools, mit dessen Hilfe die energetischen Auswirkungen von Effizienzmassnahmen vorgängig abgeschätzt werden können.

Um die Ziele erreichen zu können, war eine theoretische Auseinandersetzung mit den Prozessen erforderlich. Um die theoretischen Überlegungen absichern zu können wurde nach einem auf die Bedürfnisse der mittelständisch geprägten Schweizer Backsteinindustrie abgestimmten Messkonzepts gesucht. Beide Aufgabengebiete wurden nebst ausländischen Messspezialisten für Brennprozesse durch Studierende der HSR Hochschule für Technik Rapperswil im Rahmen von Semesterarbeiten bearbeitet.

Der Backstein-Brennprozess ist durch instationäre Wärmeleitungsvorgänge geprägt. Deren mathematische Modellierung ist äusserst kompliziert und während des Projektes letztlich nur im Ansatz gelungen. Viel Zeit nahm die Überprüfung der physikalischen Zusammenhänge (Massen- und Energiebilanzen) mittels eines geeigneten



Abb.8: Eingang zum Tunnelofen

Messkonzepts zu reproduzieren in Anspruch. Auch dabei stiess das Projektteam auf erhebliche praktische Schwierigkeiten. Die wesentliche Erkenntnis daraus ist, dass gut reproduzierbare Messungen von Gasgeschwindigkeiten, aus denen sich Energieströme errechnen lassen in der Produktionsanlage alles andere als trivial sind. Z.B. konnten die Tortemperaturen aus praktischen Gründen nur am Torrand gemessen werden (Abb.8). Die nicht ausgeglichenen Massen- und Energiebilanzen beruhen zum grössten Teil auf unkontrollierten Lufteintritten.

Insgesamt konnten die formulierten Projektziele nicht erreicht werden. Allerdings wurden wertvolle Energieoptimierungsansätze gefunden, die erhebliche Einsparpotenziale versprechen. Allfällige weitere Forschungsaktivitäten müssten einerseits von der Backsteinindustrie und vor allem von der wissenschaftlichen Seite (Prozess- und Strömungssimulation und Messtechnik) breiter abgestützt werden. Speziell müsste das heute gängige Wärmeverbundkonzept Tunnelofen – Trockner hinterfragt und untersucht werden.

III. ENERGIEEFFIZIENTERE TROCKNUNGS- UND TRENNVERFAHREN

Ziel des Projekts **Analyse der Trockner bei Pavatex** [9] ist es, den Trocknungsprozess besser zu verstehen und damit dessen Energieeffizienz zu verbessern und die damit verbundenen CO₂-Emissionen zu reduzieren.

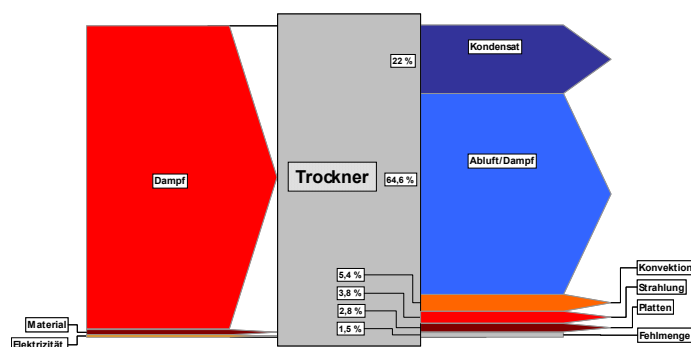


Abb. 9: Energieflüsse im Trockner

verstehen und damit dessen Energieeffizienz zu verbessern und die damit verbundenen CO₂-Emissionen zu reduzieren. Denn die Trocknung von Faserplatten braucht etwa 80 % des gesamten Wärmeverbrauchs und ist damit auch bezüglich CO₂-Ausstoss dominierend. Der eigentliche Trocknungsprozess ist heute thermodynamisch noch nicht im Detail bekannt; das führt u.a. dazu, dass die unterschiedlichen spezifischen Trocknungs- Wärmeverbräuche in den Werken Cham und Fribourg (trotz gleichen Produkts) nicht hinreichend erklärt werden können; zudem entspricht der Temperaturverlauf in Cham nicht den Vorstellungen des Betreibers. Die Messungen (Abb.9) haben gezeigt, dass die Wandwärmeverluste der Trockner insgesamt

werden können; zudem entspricht der Temperaturverlauf in Cham nicht den Vorstellungen des Betreibers. Die Messungen (Abb.9) haben gezeigt, dass die Wandwärmeverluste der Trockner insgesamt

unbedeutend sind, die Abwärmeverluste in der Abluft dominierend sind und nur geringe Optimierungspotentiale bei der Regelung der Abluft bestehen.

Die Trockner werden bezüglich der Abluftwerte (Luftmenge, Abluftfeuchte) nahe am Optimum gefahren. Das Rückgewinnungspotential aus der Abwärme ist sehr gross. Dem gegenüber stehen die Problempunkte „stark verschmutzte Abluft“ und dadurch Wärmetauscher, die schnell in ihrer Wirkung verlieren. Weiter kann die Abluft wegen der geringen Feuchtigkeit nicht bis auf oder gar unter den Taupunkt abgekühlt werden. Dazu sind zum einen Verbraucher mit entsprechend tiefer Temperatur nötig und/oder die Abluft muss verdichtet werden, so dass der Taupunkt ansteigt und ein Teil der Kondensationswärme genutzt werden kann. Zur Nutzung des Abwärmepotentials sind zuerst Wärmetauscher zu entwickeln, die unter diesen Bedingungen befriedigende Ergebnisse liefern. Sollte der Taupunkt (permanent und deutlich) unterschritten werden können, würde sich die Situation entschärfen, da die Wärmetauscher-Oberflächen permanent nass sind und der Schmutz weniger gut haften kann resp. abgeschwemmt werden kann.

IV. NACHHALTIGER UMGANG MIT ENERGIE UND RESSOURCEN

Im Projekt **Abfall-Lösungsmittel (ALM)-Verwertung in der chemischen Industrie** [10] wurde ein Bilanzierungs-Modell zur ökologischen Bewertung der wichtigsten ALM-Behandlungstechnologien der chemischen Industrie aufgebaut und in ein anwenderfreundliches Software-Tool umgesetzt.

Die Schweizerische chemische Industrie ist zwar bestrebt, ihre Abfall-Lösungsmittel (ALM) ökologisch nachhaltig zu behandeln, doch werden heute rund 70% der ALM zwecks Substitution fossiler Energieträger in Wärmeerzeugungsanlagen verbrannt. Die heutige Praxis des CO₂-Gesetzes akzeptiert die thermische Verwertung vorweg als sinnvolle CO₂-Reduktionsmassnahme. Einen Nachweis resp. Vergleich mit anderen Verwertungsmethoden konnte bisher nicht erbracht werden. Es fehlten verlässliche Beurteilungsmethoden, Ökoinventare und Software fehlten, welche die Umweltauswirkungen der ALM-Behandlungstechnologien (Verbrennung, Lösungsmittelregeneration mittels Destillation, Kanalisierung in Abwasserreinigungsanlagen (ARA) der wichtigsten Lösungsmittel) quantitativ erfassen können. Mit dem Tool *Ecosolvent* konnte diese Lücke geschlossen werden. Basierend auf der Methode der Ökobilanz (Abb. 10) steht nun ein Verfahren zur Verfügung mit dem Umweltwirkungen quantifiziert und diese als ökologische Kriterien in die Entscheidungsfindung im ALM-Management aber auch in den behördlichen Vollzug aufgenommen werden können.

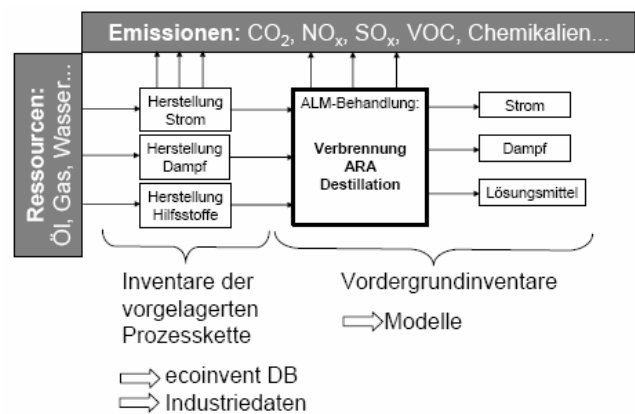


Abb. 10: Bilanzierungsgrenze - Sachbilanz

Ziel des im Sommer 2006 gestarteten Projekts **FINE-CHEM – an inventory estimation tool for fine chemicals** [11] ist es, ein Tool für die schnelle und unkomplizierte Erstellung von Inventardaten (Masse- und Energiebilanzen) der Produktion von Feinchemikalien zu entwickeln. Da die herkömmliche Methode einer Inventarisierung bei Feinchemikalien zu einem extremen Arbeitsaufwand führen würde, werden Inventarisierungen nur selten und im Rahmen von Fallstudien durchgeführt. Das angestrebte Tool soll eine Abschätzung von Inventardaten bereits in der Phase der Produktplanung ermöglichen. Dadurch werden sich mehrere Alternativprodukte bezüglich des wahrscheinlichen Energieverbrauches bei der Produktion vergleichen lassen. Des Weiteren können verschiedene Produktionsmöglichkeiten für ein neues Produkt verglichen werden, so dass energieaufwändige Prozesse frühzeitig identifiziert und vermieden werden können. Zuletzt werden auch bestehende Prozesse ohne aufwändige Messungen auf übermässigen Energieverbrauch hin untersucht werden können, um eine Prozessoptimierung zu erleichtern.

Ziele für 2006 waren die Datengewinnung und Verhandlungen mit den Kooperationspartnern aus der chemischen Industrie sowie die Entwicklung eines neuen Modells, um Parameter wie kumulierten Energiebedarf (CED) oder Umweltfolgen der Produktion einer Chemikalie zu bestimmen. Das Modell basiert auf der Analyse von Strukturparametern chemischer Substanzen.

Durch die Anwendung mehrerer Regressionsmodelle (multiple, lineare Regression sowie neuronale Netze) konnten Modelle erschaffen werden, durch die der CED und andere Parameter direkt aus der Molekülstruktur einer Chemikalie und ohne Informationen über den Produktionsablauf bestimmt werden können. Aus den Ergebnissen der linearen Modelle lassen sich direkt generelle, quantitative Aussagen über die Einflüsse einzelner funktioneller Gruppen machen. Die Modelle auf der Basis neuronaler Netze zeigen sich äusserst viel versprechend und erlauben eine relativ genaue Bestimmung von Parametern wie dem CED.

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Aus Budgetgründen konnten im Berichtsjahr keine P+D-Projekte unterstützt werden.

Nationale / internationale Zusammenarbeit

Im Berichtsjahr unterstützte das Programm insgesamt vier Projekte aus dem ETH-Bereich (ETHZ 3; EPFL 1). Die Fachhochschule Rapperswil (HSR) wirkte in einem Forschungsprojekt der Industrie mit. Ebenfalls konnte ein Forschungsprojekt der Fachhochschule Wallis (HEVs) unterstützt werden. 5 der unterstützten Projekte kommen aus der Privatwirtschaft.

Die öffentliche Hand ist ausser dem BFE im Energieforschungsbereich der Industriellen Prozesse praktisch nicht aktiv.

Eine internationale Zusammenarbeit findet weder mit der EU noch mit der IEA statt. Lediglich ein Forschungsprojekt der EPFL im Bereich Pulp und Paper hat eine internationale Anbindung (Kanada).

Die IEA hat sich im Sektor Industrie neu organisiert und führt neu ein einziges IA im Industriebereich. Das Implementing Agreement (IA) „iets“ steht für *Industrial Energy-related Technologies and Systems*. Das IA fördert folgende Themen: Prozessintegration, Treibhausgasminderung in der Papierherstellung, Wärmeübertragungstechnologien (Wärmetauscher) und Trenn-Technologien. Alle diese Schwerpunkte sind im Forschungsprogramm VTP ebenfalls als Schwerpunkte gesetzt und ausgeschrieben. Das BFE prüft, diesem IA beizutreten um damit wieder an den Puls der internationalen Forschung zu gelangen. IA-Mitgliedstaaten sind z.Z. Brasilien, Kanada, Dänemark, Finnland, Mexiko, Norway, Portugal, Schweden und die USA.

Bewertung 2006 und Ausblick 2007

Ausser einem Projekt (Effizienzsteigerung in der Backsteinproduktion) haben praktisch alle Projekte die gesteckten Jahresziele erreichen können. Als Negativpunkt sind ungeplante zeitliche Verzögerungen, typisch bei Industrieprojekten und ausgelöst durch plötzliche Änderungen der Strategie oder der Investitionsentscheide.

Neue Schwerpunkte im 2007 werden bei Vereinfachung der Prozessanalyse und – Integrationsmethode und bei der Entwicklung von verschmutzungsresistenten Wärmetauschertechnologien und nicht thermischen Trenntechnologien gesetzt.

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2006 vorhanden (siehe www.energie-schweiz.ch Rubrik Unternehmen, Forschungsprogramm VTP)

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe www.energieforschung.ch)

Unter den angegebenen Internet-Adressen sind die Berichte sowie weitere Informationen verfügbar.

- [1] Andrej Szijarto, (andrei.szijarto@chem.ethz.ch), Institut für Chemie- und Bio-Ingenieur-Wissenschaften, Gruppe für Umwelt- und Sicherheitstechnologie, ETH Zürich: **Modeling and Optimization of Energy Consumption in Multipurpose Batch Plants**, Laufzeit 04-07 (JB).
- [2] F. Maréchal und Z. Perrin-Levasseur, (francois.marechal@epfl.ch), Laboratoire d'Energétique Industrielle, EPF Lausanne: **Efficient Energy Conversion in the Pulp and Paper Industry**, Laufzeit 05-08 (JB).
- [3] F. Bonvin, (michel.bonvin@hevs.ch) FH/HEVs Sion: **Intégration des processus énergétiques dans les cultures sous abris**, Laufzeit 05-06 (JB)
- [4] D. Meier, (daniel.meier@encontrol.ch) encontrol GmbH, Niederrohrdorf: **Prozessoptimierung bei der Wärmeerzeugung mit Holz in gewächshäusern**, Laufzeit 06 (SB)
- [5] R. Morand, (raymond.morand@helbling.ch) Helbling Zürich: **Gesamtenergiestudie mit der Pinch-Methode – Energie- und Produktionskostensenkung**, Laufzeit 06 (SB)
- [6] Th. Bürki, (thomas.buerki@bluewin.ch) Thomas Bürki GmbH, Benglen: **ISTromproduktion aus Abwärme**, Laufzeit 06-07 (JB)
- [7] R. Bendel, (rainer.bendel@helbling.ch) Helbling Zürich: **Studie zentrale Kälteversorgung bei Tela-Kimberly**, Laufzeit 06 (SB)
- [8] Jörg Peter Wurche, (peter.wurche@kieferpartners.ch) und Christian Gubler, Ziegelei Fisibach AG, Bauma: **Steigerung der Energieeffizienz in der Backsteinproduktion**, Laufzeit 05-06 (SB)
- [9] Th. Bürki, (thomas.buerki@bluewin.ch) Thomas Bürki GmbH, Benglen: **Prozessanalyse der Trockner in den Werken Cham und Freiburg**, Laufzeit 05-07 (JB)
- [10] Christian Capello (christian.capello@chem.ethz.ch) Institut für Chemie- und Bio-Ingenieur-Wissenschaften, Gruppe für Umwelt- und Sicherheitstechnologie, ETH Zürich: **Abfall-Lösungsmittelverwertung in der chemischen Industrie** Laufzeit 03-06 (SB)
- [11] G. Wernet (gregor.wernet@chem.ethz.ch) Institut für Chemie- und Bio-Ingenieur-Wissenschaften, Gruppe für Umwelt- und Sicherheitstechnologie, ETH Zürich: **FINE-CHEM – AN INVENTORY ESTIMATION TOOL FOR FINE CHEMICALS** Laufzeit 06-09 (JB)