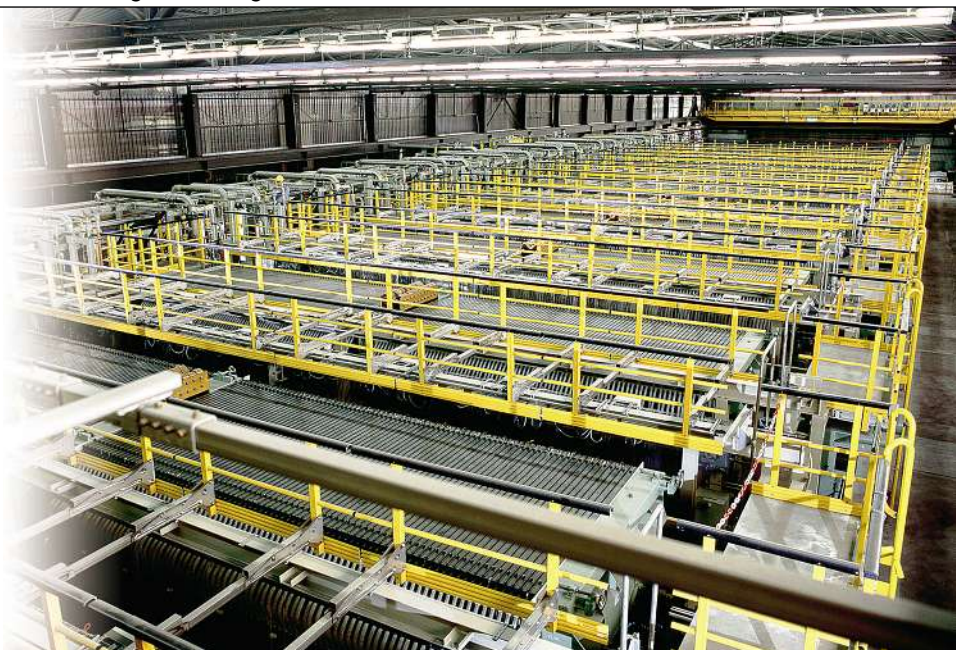


Anyone who wants to substantially increase efficiency in the process industry will have to break out of the traditional mold. Revolution has to replace gradual evolution. Process intensification based on a holistic approach which embraces totally new process designs promises to usher in radical change.



A prime example of improved energy efficiency is the increasing use of membrane technology in chlorine-alkali electrolysis. The picture shows a cell room.

Picture: BASF

Paradebeispiel für eine bessere Energieeffizienz ist das bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse zunehmend eingesetzte Membran-Verfahren. Hier der Blick in einen Zellsaal.

Radical changes on the horizon

Radikale Veränderungen im Blick

Wer in der Prozesstechnik deutliche Effizienzsteigerungen erzielen möchte, darf es nicht allein beim Optimieren bisheriger Verfahrensweisen belassen: Revolutionen statt langsamer Evolutionen sind angesagt. Radikale Veränderungen verspricht der Ansatz der Prozessintensivierung durch eine ganzheitliche Prozessentwicklung unter Einbindung völlig neuer Verfahrenskonzepte.

Over the past 40 years, energy consumption in the German chemical industry has remained essentially flat despite a steep increase in production volumes. According to figures published by VCI (German chemical industry association), energy consumption per unit of production volume has decreased by 62%. However, there is still room for improvement, and the additional potential is well worth the effort. A number of options are available. Producers can redesign the process to save energy, or they can optimize the existing process to minimize losses. In many cases, the two techniques can be combined.

Process intensification offers a third avenue to increased energy efficiency. Based on an in-depth understanding of chemical reaction technology, transport processes and the elementary micro-scale steps, the goal is to increase the efficiency of chemical processes and the production process. Key strategies include combining operations such as chemical reactions and product processing to reduce the total number of process steps, introduction of microprocess technology, intensification of heat and material exchange, the use of non-conventional forms of

Die deutsche Chemieindustrie hat in den vergangenen 40 Jahren den Energieeinsatz nahezu konstant gehalten, die Produktion aber gleichzeitig um ein Vielfaches erhöht: Nach Angaben des Verbands der Chemischen Industrie (VCI) ist der Energieeinsatz je Produktionsmenge um 62% geschrumpft. Dennoch sind die Möglichkeiten bei weitem noch nicht ausgeschöpft und weitere Anstrengungen zur Effizienzsteigerung sind sinnvoll. Das kann auf unterschiedliche Weise geschehen. Entweder gelingt es, den Energieaufwand durch neu entwickelte Verfahren zu senken, oder die Verluste werden durch Verfahrensoptimierung minimiert. Häufig sind beide Effekte miteinander verknüpft.

Einen dritten Weg zur höheren Energieeffizienz bietet die Prozessintensivierung. Sie widmet sich – basierend auf einem vertieften Verständnis der chemischen Reaktionstechnik sowie der Transportvorgänge und ihrer mikroskaligen Elementarschritte – der Effizienzsteigerung von chemischen und verfahrenstechnischen Prozessen. Wichtige Ansatzpunkte hierfür sind die Verringerung der Zahl der Prozessschritte durch Integration, beispielsweise von Reaktion und Produktaufarbeitung, die Mikroverfahrenstechnik, die Intensivierung des Wärme- und Stoffaustauschs, die nichtklassischen Formen des Energieeintrags sowie neue Konzepte in der Prozesssteuerung und -bedienung.

Wie auch immer: Um auf den Weltmärkten wettbewerbsfähig zu bleiben, ist die Steigerung der Energieeffizienz für alle verfahrenstechnisch dominierten Unternehmen der Chemie, der Pharmazie und des Food-Bereichs ein Muss. Das gilt vor allem vor dem Hintergrund des weltweiten Wachstums von Bevölkerung und Wohlstand: Bis 2030 erwartet die Internationale Energieagentur IEA eine Erhöhung des Energiebedarfs um bis zu 50%, was parallel zu einem Anstieg der Kohlendioxid-Emissionen und damit einer Verschärfung der Klimaproblematik führen wird. Ziel

Trends at a glance

- Using energy efficiency as an "oil-well"
- A holistic view of the entire process is essential
- Chemical companies rely on microreactor technology

Trends auf einen Blick

- Energieeffizienz als "Ölquelle" nutzen
- Ganzheitliche Prozessbetrachtung ist notwendig
- Chemische Industrie setzt verstärkt auf Mikroreakorteknik

energy transfer and development of new approaches to process control and the HMI interface. Whatever strategy is finally selected, companies which want to remain competitive in world markets in the chemical, pharmaceutical and food industries, where process technology is the dominant factor, will have no alternative but to increase energy efficiency.

Global population continues to grow and people around the world are becoming more affluent. The International Energy Agency (IEA) predicts that by 2030 demand for energy will increase by another 50%. Carbon dioxide emissions will also rise, which will only make the climate change problem worse. The goal has to be to use energy more efficiently, as that is still the best way to conserve resources. Jürgen Hambrecht, Chairman of the Board of Executive Directors, BASF, made a striking analogy: "Germany has the largest oil reserves, namely energy efficiency."

A prime example

A prime example of improved energy efficiency is the increasing use of membrane technology in chlorine-alkali electrolysis.

With the old mercury and diaphragm methods which were the dominant solution in the past, energy consumption was 2400–3400 kWh/t of chlorine. Membrane technology reduces consumption to 2400–2700 kWh/t of chlorine. If you add into the equation the heat needed to concentrate the sodium hydroxide solution which is also produced during the process, membrane technology can reduce energy consumption by as much as 25%.

More than half of chlorine producers in Germany are now using the new process in their plants, and more retrofit projects are in the pipeline.

Heat integration and heat recovery

Heating and cooling material flows can be an expensive proposition in the process industries. To reduce costs, engineers have to take steps to save energy right at the beginning of the process development phase (process integration, heat integration and heat recovery).

Energy accounts for an average 10% of operating costs in the chemical industry, ranging from 2% in the pharmaceutical sector to 40% in the basic chemicals sector. There are three basic aspects to consider:

- There is a specific minimum energy consumption or gain for each product, and the process must stay within these boundaries.

muss es deshalb sein, die Energieeffizienz im Auge zu behalten – das ist nach wie vor der Königsweg, Ressourcen zu sparen. BASF-Vorstandschef Jürgen Hambrecht hat dazu ein eindrucksvolles Bild gewählt: „Die größte Ölquelle liegt unter Deutschland: Es ist die Energieeffizienz.“

Paradebeispiel für eine bessere Energieeffizienz ist das bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse zunehmend eingesetzte Membran-Verfahren. Benötigten die in der Vergangenheit dominierenden Amalgam- und Diaphragmaverfahren zwischen 2400 und 3400 kWh/t Chlor, sind es beim Membran-Verfahren 2400 bis 2700 kWh/t Chlor. Berücksichtigt man noch den Wärmebedarf zur Konzentration der gleichzeitig anfallenden Natronlauge, führt das Membranverfahren (in Abhängigkeit von Standortbedingungen) zu

■ For most chemical reactions, there is an activation energy that first has to be overcome.

■ Elaborate separation processes often make product processing very energy intensive.

So where can we start making improvements? Above all, it is essential to keep in mind that to increase energy efficiency, you have to take a holistic view of the entire process from chemical reaction to product formulation, and you need to relentlessly drive the development of innovative technologies.

By taking a holistic approach, engineers can often reduce the number of process steps by combining several steps into a single process (combined heat and material transport or reaction and separation in one subsystem). These improvements significantly reduce operating costs and energy consumption throughout the process.

PINCH is a recommended methodology for identifying a systematic solution to heat management problems. PINCH provides the tools for carrying out an energy analysis on the system based on a graphic depiction of enthalpy flows. Based on this, the existing potential for energy recovery is calculated. The feasibility is then evaluated taking into account engineering, process, operational, chemical and economical restraints. PINCH technology supports the design of cost-effective heat exchange systems which fully exploit the available potential.

It is always worthwhile investing in the ongoing development of technologies that improve process yields and that ensure that the target product is available in the highest possible concentration prior to further processing. The list of suitable techniques includes the use of carefully selected catalysts (low activation energy, enhanced selectivity), microreaction technology (enhanced heat and material exchange) and reactions in ionic fluids. They can remove acids from reaction solutions fast and easily; an example is the BASIL process of BASF, Biphasic Acid Scavenging Utilizing Ionic Liquids.



Dr. Jürgen Hambrecht, Chairman of the Board of Executive Directors, BASF

“Germany has the largest oil reserves, namely energy efficiency.”

„Die größte Ölquelle liegt unter Deutschland: Es ist die Energieeffizienz.“

The development of innovative separation techniques is also needed to significantly reduce energy costs. Techniques such as chromatographic separation now support large-scale production. One practical example is the use of ionic liquids as entrainers in extractive distillation, which can reduce energy consumption by up to 60% compared to conventional production methods.

Chemical companies continue to introduce microreactor technology

Massive plants with miles of pipelines dominate today's landscape in the chemical industry, but in the future many plants will be built on a more modest scale, as chemical companies continue to introduce microreactor technology. Miniaturization has obvious advantages. The internal dimensions of microreactors are in the sub-millimeter range. Many chemical reactions run fast, more selectively and more safely in microreactors com-

Energy savings of up to 25%. The German chlorine producers operate in the meantime half of their plants according to this procedure; the substitution will continue.

Konzepte zur Wärmeintegration und -rückgewinnung

Ein beträchtlicher Anteil der Energiekosten von Anlagen der Prozesstechnik wird durch Aufheizen und Abkühlen von Stoffströmen verursacht. Um diese Kosten zu senken, müssen Maßnahmen zur Energieeinsparung bereits in den ersten Stadien der Prozessentwicklung berücksichtigt werden, indem Prozesse integriert und Konzepte zur Wärmeintegration und -rückgewinnung entwickelt werden. Der Anteil der Energiekosten an den Betriebskosten beträgt in der chemischen Industrie im Mittel 10% – er reicht von 2% in der Pharmaindustrie bis zu 40% in der Grundstoffchemie. Drei Punkte sind von grundlegender Bedeutung:

■ Für jedes Produkt existiert ein spezifischer Mindestenergieverbrauch bzw. -gewinn, der nicht unter- bzw. überschritten werden kann.

■ Bei den meisten chemischen Reaktionen muss zunächst eine Aktivierungsenergie überwunden werden.

■ Die Aufarbeitung der Produkte ist häufig durch aufwändige Trennprozesse sehr energieintensiv.

Wo also kann man hier ansetzen, um Verbesserungen zu erreichen?

Vor allem gilt: Zur Steigerung der Energieeffizienz von Produktionsprozessen ist eine ganzheitliche Prozessbetrachtung von der chemischen Reaktion bis zur Formulierung des Produktes und die Weiterentwicklung von innovativen Technologien notwendig. Die ganzheitliche Betrachtung ermöglicht oft eine Verringerung der Anzahl von Prozessschritten durch Kombination von mehreren Verfahrensschritten in einem Prozess; beispielsweise können Wärme- und Stofftransport verknüpft werden oder Reaktion und Separation in einem Apparat zusammengeführt werden. Dies führt zu einer signifikanten Senkung der Betriebskosten und des Energieeintrages für den Gesamtprozess.

Generell lohnt es sich, Technologien weiterzuentwickeln, die eine Ausbeutesteigerung im Prozess ermöglichen, so dass das Zielprodukt schon vor der Aufarbeitung möglichst konzentriert vorliegt. Dies wird u.a. durch geeignete Katalysatoren möglich, die die Aktivierungsenergie herabsetzen und die Selektivität erhöhen. Aber auch die Mikroreaktionstechnik steigert die Effizienz, indem der Wärme- und Stoffaustausch intensiviert wird. Ionische Flüssigkeiten können ebenfalls zur Steigerung der Ausbeute beitragen, indem sie als Säurefänger dafür sorgen, dass sich Säuren aus Reaktionslösungen schnell und einfach entfernen lassen (BASIL-Verfahren der BASF, Biphasic Acid Scavenging Utilizing Ionic Liquids).

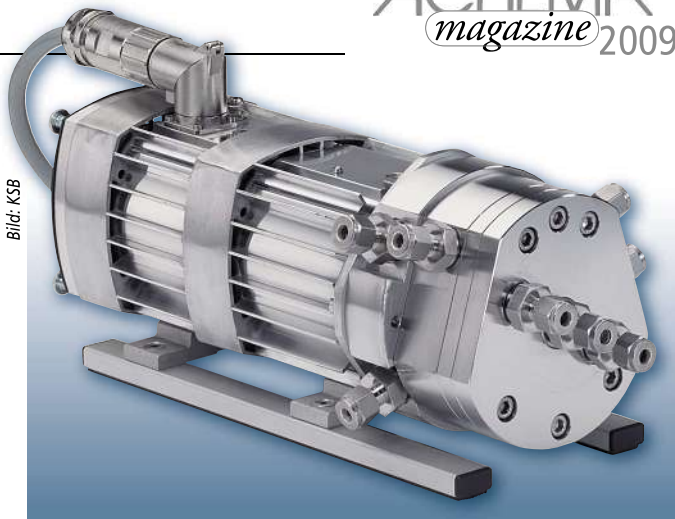
Um Energiekosten signifikant zu senken, ist zudem die Entwicklung innovativer Trennprozesse wichtig. Hierzu

zählen beispielsweise chromatographische Verfahren, die mittlerweile im großen Maßstab eingesetzt werden können. Ein Beispiel aus der Praxis ist der Einsatz ionischer Flüssigkeiten als Hilfsstoffe in der Extraktivdestillation, wodurch gegenüber herkömmlichen Prozessen Energieeinsparungen bis zu 60% realisierbar sind.

Mikro ist „in“

Wo heute gewaltige Anlagen mit kilometerlangen Rohrleitungen dominieren, werden wir in Zukunft vielerorts kleine, überschaubare Anlagen sehen. Denn die chemische Industrie setzt verstärkt auf die Mikroreaktortechnik. Die Vorteile einer Miniaturisierung von Prozessen liegen auf der Hand: In Mikroreaktoren, deren innere Abmessungen unter einem Millimeter liegen, können viele chemische Reaktionen schneller, selektiver und sicherer ablaufen als in herkömmlich betriebenen Rohrreaktoren oder Rührkesseln. Das senkt den Rohstoff- und Energieverbrauch und verringert

Bild: KSB



Suppliers venture into microprocess technology, too. Pump manufacturer KSB, for example, has introduced the Microchem pump for microprocess applications. A single version of the pump delivers a fully pulsation-free flow at rates between a few milliliters and 300 l/h.

Auch die Zulieferer entdecken die Mikroverfahrenstechnik – beispielsweise der Pumpenhersteller KSB mit seiner Microchem-Kreiselpumpe. Sie fördert pulsationsfrei wenige Milliliter bis zu 300 Liter pro Stunde – und das in einer einzigen Ausführung.

pared to conventional tubular reactors or continuous stirred tank reactors. Raw material and energy consumption is reduced and less waste is produced. Temperature and pressure management is less complex, and the production risks are minimized because the volumes of chemical involved are lower.

Summary: Industrial management teams are willing to invest if they can identify a market advantage, and the payback period is reasonable. This attitude also applies to the introduction of new technology, process optimisation and projects which are designed to increase energy efficiency. If energy gets expensive enough, the payback period for these investments is relatively short. Companies are now looking for every opportunity to save energy.

Process intensification and microprocess technology create a lot of opportunities to exploit available resources for energy generation, make better use of raw materials and even improve product quality.

Enhanced process reliability is another major advantage of microreaction technology (tailored reaction management). Suppliers, users and research institutes will showcase their latest products and systems and present the latest theoretical findings at ACHEMA. ■

die Abfallströme. Das Temperatur- und Druckmanagement lässt sich überschaubar gestalten. Und angesichts der geringen Mengen eingesetzter Chemikalien sind die Risiken geringer.

Fazit: Industriemanager investieren, wenn sie sich einen Marktvorteil davon versprechen und die Amortisationszeiten überschaubar sind. Das gilt auch für den Einsatz von neuen Technologien und Verfahrensoptimierungen oder Maßnahmen zur effizienteren Nutzung der Energie. Erst wenn die Energie entsprechend teuer geworden ist, rechnen sich solche Investitionen in überzeugend kurzer Zeit. Dieser Zeitpunkt ist erreicht, und die Unternehmen suchen überall in ihren Werken nach Energieeinsparpotenzialen. Die Nutzung der Prozessintensivierung und der Einsatz der Mikroverfahrenstechnik bietet nach wie vor große Chancen, die verfügbaren Ressourcen zur Energiegewinnung und wertvolle Rohstoffe besser zu nutzen, ja sogar die Qualität der Produkte zu verbessern. Ein wichtiger Vorteil der Mikroreaktionstechnik – die maßgeschneiderte Reaktionsführung – ist auch unter dem Aspekt der Prozesssicherheit beachtlich. Auf der ACHEMA präsentieren Zulieferer, Anlagenbetreiber und Forschungsinstitute dazu neue Produkt- und Systementwicklungen ebenso wie neue theoretische Erkenntnisse. ■