

Neue Akzente der chemischen Technologie im Rahmen einer veränderten industriellen Umwelt

W. Dreier und R. Saemann*, Ciba-Geigy AG, Basel

Rückblick

Verfahrensentwicklung und Produktion als Teile der industriellen chemischen Technologie richten sich in ihrer Gestaltung und Akzentsetzung notwendigerweise nach den Vorstellungen des Menschen von seiner industriellen und gesellschaftlichen Umwelt sowie deren Veränderungen.

Seit Anfang der siebziger Jahre sind uns solche Veränderungen in der Weltwirtschaft und der sozialen Umgebung bewusst geworden, die wohl erst in der Folge als entscheidende Richtungsänderung zu erkennen sein werden. Die traditionell hohen wirtschaftlichen Wachstumsraten der Industrienationen sind nicht mehr selbstverständlich. Währungsstabilität scheint der Vergangenheit anzugehören. Die nicht unbegrenzte Verfügbarkeit von Rohmaterialien und Energie wird global empfunden und ihre Endlichkeit ist in das Bewusstsein aufgenommen worden. Der Mensch wird deutlicher in seinen Ansprüchen als soziales Wesen erkannt.

Anpassung

In dieser neuen Situation hat auch der Unternehmer in der auf Spezialitäten ausgerichteten schweizerischen chemischen Industrie seine Haltung neu zu definieren; sie führt zu neuen, für diese Industrie spezifischen Verhaltensweisen in allen unternehmerischen Funktionen, von Forschung und Entwicklung über Beschaffung, Fabrikation und Lagerhaltung bis zu Verkauf und Administration. Gerade unsere Tradition als forschende und neugestaltende Industrie sollte es uns erlauben, neuen Anforderungen entsprechend rasch zu begegnen. Was heute vielerorts noch als ungewohnter Zwang empfunden wird, eröffnet dem rasch reagierenden Unternehmen morgen schon neue Möglichkeiten einer vielleicht sogar sinnvolleren industriellen Tätigkeit. Die zunehmende Komplexität wird sich schliesslich als Bewährungsprobe und Bereicherung unserer Gestaltungsfähigkeiten erweisen.

* Dr. W. Dreier und Dr. R. Saemann, Ciba-Geigy AG, Postfach, CH-4002 Basel

Technologie heute

Mit Blick auf die der chemischen Technologie nahestehenden Tätigkeiten, Verfahrensentwicklung und Fabrikation, bahnt sich eine gleichlaufende Akzentverschiebung an. Sie werden umweltbewusster und zielen vermehrt auf effiziente Verwendung der Ressourcen. Steigende Kosten für Rohmaterialien, Energien, Arbeitskraft und Sachmittel, im Verein mit wachsendem Konkurrenzdruck wirken sich in einem anhaltend starken Druck auf die Ertragsspannen aus; Gesetzmässigkeiten der industriellen Fertigung, die früher für die organische Grosschemie leitend waren, werden deshalb auch in zunehmendem Masse für die Spezialitäten-Chemie bestimmend.

Rationeller Einsatz der Rohstoffe

Auf der Stufe Verfahrensentwicklung zwingen uns die wachsenden Materialkosten zu maximaler Ausnützung der Rohstoffe. Meist ist der Chemismus der Prozesse bereits entwickelt, aber Ausbeuteverbesserungen oder die vollständige Nutzung von Hilfsstoffen müssen über eine optimale Reaktionsführung angestrebt werden. Ein tieferes Verständnis für die physikalischen Zusammenhänge und Abläufe muss die gründliche chemische Ausarbeitung der Prozesse ergänzen.

Auswertung der Anlagen

Die effiziente Verwendung der grossen, in den Anlagen investierten Kapitalien erfordert einerseits hohe Raum-Zeit-Ausbeuten und damit vermehrtes Verstehen der Reaktionskinetik, andererseits kostengünstigste Durchführung von Phasentrennung und Aufarbeitung und damit vermehrte Anwendung der für die Petrochemie geschaffenen verfahrenstechnischen Einheitsoperationen.

Die chemische Anlage wird der gewünschten Reaktion spezifischer angepasst: In der Fabrikation weicht die traditionelle Mehrzweckanlage immer häufiger der Einzweckanlage. Der Automatisierbarkeit der Prozessführung wird zunehmende Aufmerksamkeit geschenkt. In der Gestaltung betrieblicher Abläufe, wie Lagerung,

Förderung und Verpackung, wird vermehrt nach dem Instrumentarium des «industrial engineering» ge-griffen.

Die Abhängigkeit in der Rohmaterialversorgung zwingt öfter als bisher Rückwärtsintegrationen in Zwischenprodukte und Basischemikalien in Betracht zu ziehen. Zudem werden ökologische und Sicherheitsbetrachtungen frühzeitig in die Ausarbeitung eines Prozesses miteinbezogen und im Betrieb zur dominierenden Verpflichtung.

Der qualifizierte Mitarbeiter

Ein Gelingen der beschriebenen notwendigen Anpassung an die veränderten Gegebenheiten steht und fällt mit der Qualifikation und Leistung des einzelnen Mitarbeiters. Eine bewegliche Unternehmensführung adap-

tiert sich deshalb nicht nur an geänderte technologische und wirtschaftliche Anforderungen, sondern versucht, auch sich ändernden menschlichen Aspekten unserer Tätigkeiten gerecht zu werden; sie entwickelt für die besprochenen Bereiche von Verfahrensentwicklung und Produktion den Zwecken angepasste neue Formen der Führung, Zusammenarbeit und Organisation, die beispielsweise das notwendige gute Zusammenspiel der Spezialisten erst ermöglichen. Wenn wir davon ausgehen, dass ein wesentlicher Teil der Wissens- und Verhaltensgrundlage im Studium erworben wird, so sollte deshalb die Ausbildung an der Hochschule neben dem soliden naturwissenschaftlichen Verständnis auch nach Möglichkeit die Fähigkeit zu uneigennützigem technischer Zusammenarbeit mit anderen fördern.

Neue Dimensionen in der Tonerdeindustrie

W. E. Koepfel *, Alusuisse, Zürich

Die Dimensionen in der Tonerdeindustrie sind heute – um nicht in Superlativen zu sprechen – sehr gross geworden. Die erste Tonerdefabrik der heutigen *Alusuisse* wurde 1908 in Marseille gebaut und auf 5000 Tonnen ausgelegt. Noch vor 30 Jahren wurde eine Tonerdefabrik von 100000–200000 Jahrestonnen zu den Grossen gezählt. Heute sind 500000 bis 1 Million Jahrestonnen die Regel.

Vor 15 Jahren sprach man noch von einer Investitionsgrösse von rund 250 US\$ pro Jahrestonne. Heute sind wir eher bei 500–600 \$ pro Jahrestonne angelangt, d. h. eine Fabrik mit 1 Million Jahrestonnen Kapazität kostet rund 600 Millionen \$.

Steigende Investitionskosten zwingen zum Einsatz von immer grösseren Einheiten, und die steigenden Kosten für Rohmaterialien und Energieträger verlangen eine immer höhere Produktivität. Das Gove-Projekt der Alusuisse ist ein typisches Beispiel der Entwicklung in dieser Richtung.

Die Chemie ist an und für sich sehr einfach, bis man ins Detail geht. Dann hilft nur eine solide Grundausbildung, Verständnis für Thermodynamik, der Einsatz von ausgeklügelten chemischen und physikalischen Mess- und Kontrollmethoden, längere Erfahrung und hie und da ein bisschen Alchemie.

Neue Tonerdefabriken werden heute meist in der Nähe des Rohstoffvorkommens, des Bauxits, gebaut. Da beinahe alle heute bekannten, ökonomisch interessanten Lagerstätten innerhalb eines engen Gürtels um den Äquator liegen, müssen die meisten Anlagen in abgelegenen, unerschlossenen Gebieten gebaut werden. Das bedeutet nicht nur die Errichtung einer Fabrik,

sondern gleichzeitig auch die Schaffung der zugehörigen Infrastruktur. Die Tonerdefabrik Gove der Alusuisse liegt auf einer Halbinsel am Nordrand des australischen Kontinents in einem Eingeborenenreservat von rund 85000 km² innerhalb des Northern Territory's.

Nabalco ist die Betriebsgesellschaft, die im Auftrage der Alusuisse und der australischen Partner den Bau der Anlagen geleitet hat und heute für den Betrieb verantwortlich ist.

Die gesamten Anlagekosten betragen rund 300 Millionen A\$, was zum damaligen Wechselkurs etwa 1,5 Milliarden SFr. bedeutete. Davon entfielen allein auf die Tonerdefabrik 60%, weitere 10% auf die Hafenanlagen, 17% auf die Stadt, und der restliche Betrag wurde für Mine, Transportsystem und Wasserversorgung aufgewendet.

Die logistischen Schwierigkeiten, die es beim Bau zu überwinden gab, waren enorm. Rund 700 000 Tonnen Konstruktionsmaterial mussten termingerecht auf dem Seeweg nach Gove gebracht werden. Über 85% des Baumaterials und der Ausrüstung stammten aus Australien und australischen Werkstätten.

An Ort und Stelle wurden rund 21000 t Stahlblech verarbeitet und über 180000 m Rohrleitungen von 10–100 cm Durchmesser verlegt.

Heute werden täglich rund 7500 t Bauxit durchgesetzt oder drei Eisenbahnzüge von je 500 m Länge mit 50 Wagen à 50 Tonnen.

Der Wasserverbrauch beträgt ungefähr 20000 m³ pro Tag. Der Energieaufwand – zu $\frac{2}{3}$ in Form von Dampf – wird durch Verbrennung von täglich 940 Tonnen Schweröl gedeckt.

Das gesamte Betriebsvolumen beläuft sich auf ca.

* Dr. W. E. Koepfel, Alusuisse, Feldeggstrasse 4, CH-8034 Zürich

300000 m³ und die zirkulierende Laugenmenge je nach Konzentration auf rund 2000 m³ in der Stunde, was etwa einem mittleren Dorfbach entspricht.

Vom Standpunkt des Umweltschutzes, dem heute zu Recht grosses Gewicht zukommt, hat Nabalco vor allem zwei Probleme: ein technisches, die Rotschlammdeponie, und ein ethnologisches, die Konfrontation mit den Ureinwohnern Australiens.

Eine befriedigende Lösung des Rotschlammproblems kann durch geeignete Steuerung des Produktionsverfahrens und durch gute Planung bei der Ablagerung gefunden werden. Humusierung und Bepflanzung mit geeigneten Gräsern und Büschen der angetrockneten Rotschlammdeponien, lassen diese in einigen Jahren unsichtbar werden.

Die entsprechenden Massnahmen werden in Gove konsequent langfristig geplant und durchgeführt.

Das ethnologische Umweltsproblem, wenn man dem so sagen darf, entstand durch den Kontakt von Weiss und Schwarz und ist etwas anders gelagert.

Von Nabalco wurde von Anfang an eine Lösung angestrebt, die versuchte, durch Erklären der Absichten und Beweggründe Konflikte zu vermeiden. Fast alle

Probleme, die während des Baues und später auch während des Betriebes auftauchten, sind auf eine Überschätzung der Kommunikationsmöglichkeiten zurückzuführen. Von den vielen und umfassenden Mitteilungen, die von Nabalco ausgingen, konnten manche von den Empfängern nicht verstanden werden. Dies nicht nur wegen sprachlichen Hindernissen, sondern vor allem, weil die Begriffe und der kulturelle Hintergrund von Sender und Empfänger so verschieden sind, dass auch einfache Erklärungen wohl dem Wort nach verstanden werden, dem Sinne nach aber einfach nicht begriffen werden können.

Um dieser Schwierigkeiten Herr zu werden, braucht es viel Geduld und vor allem Zeit, die Gegensätze auszugleichen. Die Geduld ist in Gove auf beiden Seiten vorhanden, was von Aussenstehenden nicht immer gesagt werden kann.

Nabalco ist auf dem besten Wege ein dauerhaftes Verhältnis zwischen moderner Industriegesellschaft und Eingeborenenbevölkerung aufzubauen, das auf gegenseitigem Verständnis und Vertrauen basiert. Damit wird auch dieses wichtige Umweltproblem gelöst sein.

Überblick über neue Aluminiumgewinnungsverfahren

H. P. Alder*, Alusuisse, Neuhausen

Seit über 90 Jahren gewinnt man Aluminium auf der ganzen Welt durch Elektrolyse von Tonerde, gelöst in geschmolzenem Kryolith, an abbrennenden Kohleanoden. Im Jahre 1900 betrug die Weltproduktion ca. 5700 Tonnen, wobei der Preis in der Schweiz bei 2.50 Fr./kg lag, 1974 rund 14 Millionen Tonnen zum gleichen Kilopreis. Dieses rasche Wachstum erreichte man durch eine schrittweise Verbesserung der *Hall-Héroult*-Technologie. Gegenwärtig sind Arbeiten in dieser Richtung zunehmend von Randbedingungen bestimmt, die durch die Grenzen unseres Ökosystems gegeben sind und von der Aluminiumindustrie berücksichtigt werden müssen. Dies bedeutet:

- weitere Verringerung des Bedarfs an elektrischer Energie, der gegenwärtig 13 bis 15 kWh/kg Aluminium beträgt,
- weitere Verminderung des Verbrauchs an Petrolkoks, der gegenwärtig 0,4 bis 0,5 kg/kg Aluminium beträgt,
- Einschränkung der Abgasemission, die hauptsächlich aus Fluoriden in fester und gasförmiger Form besteht,
- Verminderung des Kapitalbedarfes, der durch die geringe Produktivität der heutigen Öfen von 2 bis 3 kg/h.m² Oberfläche gegeben ist.

* Dr. H. P. Alder, Forschungsinstitut der Alusuisse, CH-8212 Neuhausen

In den vergangenen 20 Jahren fehlte es nicht an Versuchen, den traditionellen *Bayer-Hall-Héroult*-Prozess durch radikal neue Prozesse zu ersetzen.

In den sechziger Jahren lag das Ziel der Neuentwicklung vor allem in der Erhöhung der Produktivität und damit der Senkung des Fixkostenanteils, wobei implizite angenommen wurde, dass elektrische Energie und Koks unbeschränkt zur Verfügung stünden. Inspiriert durch die Stahlindustrie entwickelten 3 Gesellschaften, *Pechiney*, *Alcan* und *Reynolds*, Direktreduktionsverfahren von Bauxit mit Koks, wobei in einer oder mehreren nachgeschalteten Stufen das Aluminium extrahiert wurde. Das Herz dieser Anlagen mit einer Kapazität von 4000 bis 9000 t/Jahr Aluminium bestand in einem Elektroreduktionsofen mit Lichtbogenheizung von 6 bis 20 kVA und einem Schmelzraumdurchmesser von bis zu 6 m. Das gestellte Ziel der Produktivitätserhöhung wurde erreicht. Je Zeit- und Flächeneinheit wurden bis zu 15mal mehr Aluminium produziert, aber der Verbrauch an elektrischer Energie lag höher, 17 bis weit über 20 kWh/kg Aluminium, ebenso der Verbrauch an Petrolkoks, etwa 1 kg/kg Aluminium. Das erzeugte Aluminium war dem *Hall-Héroult*-Metall qualitativ unterlegen und die Nebenprodukte, hauptsächlich ein Gemisch von Metallen und Karbiden von Eisen, Titan, Silizium und wenig Aluminium, erwiesen sich als unverkäuflich.

Nach diesen Fehlschlägen ist man in den siebziger

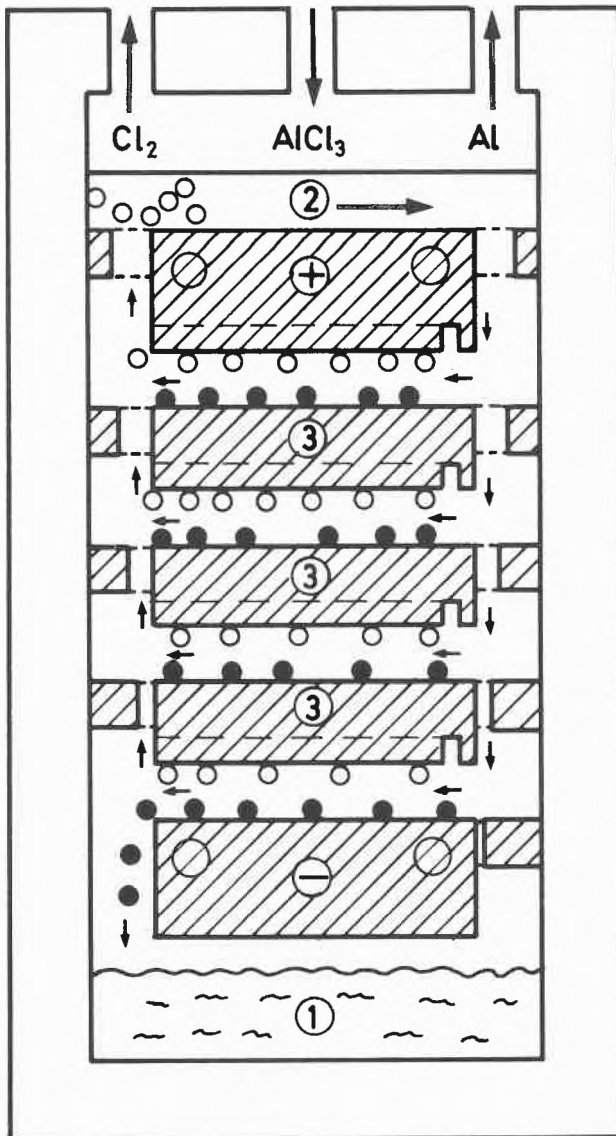


Abb. 1: AlCl_3 Elektrolysezelle nach Alcoa

- ① Aluminium
- ② Elektrolyt
- ③ Bipolare Elektrode
- Chlorgas
- Aluminium

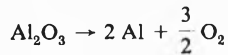
Jahren wieder zurückgekehrt zum traditionellen Prinzip der Reinigung des tonerdehaltigen Rohstoffes durch wässrige Extraktion in der ersten Stufe und anschließender Reduktion durch Elektrolyse in der zweiten Stufe.

Die Verteuerung des Bauxits und die monopolartige Stellung einiger tropischer Länder führte dazu, dass auch andere tonerdehaltige Rohstoffe wie Ton, Ton-schiefer und Flugasche in Betracht gezogen werden. Am weitesten fortgeschritten ist gegenwärtig das « H^+ -Verfahren» der Pechiney-Gruppe, bei dem aus Ton-schiefer mit heisser Schwefelsäure Aluminiumsulfat extrahiert und anschliessend zur Reinigung mit Salz-

säure umgesetzt wird. Eine Anlage mit einer täglichen Kapazität von 22 t Tonerde ist im Bau, wobei die Kosten hälftig mit Alcan geteilt werden.

Bei der Elektrolyse sind gegenwärtig zwei Verfahren von Interesse. Beide arbeiten mit dimensionsstabilen Elektroden.

Kryolithelektrolyse mit dimensionsstabilen Anoden:



Aluminiumchlorid-Verfahren:



Das Aluminiumchlorid-Verfahren wird gegenwärtig von der Alcoa in einer Anlage mit einer Kapazität von 15000 t/Jahr Aluminium in Palestine, Texas, erprobt. In nächster Zeit wird diese Anlage auf doppelte Kapazität ausgebaut.

Bei diesem Verfahren wird an Tonerdepartikeln Schweröl gekrackt und anschliessend bei 700 bis 900°C chloriert. Das Aluminiumchlorid wird entweder kondensiert oder gasförmig in die Elektrolysezelle geleitet.

Abb. 1 zeigt das Prinzip der Elektrolysezelle mit einer Vielzahl horizontal angeordneter, plattenförmiger Grafitelektroden, die bipolar arbeiten (US Patent 3822195). Durch den starken Gasauftrieb und die enge Interpolardistanz werden Aluminium und Chlor sowie verarmter Elektrolyt weggeführt und aufgefrischer Elektrolyt nachgeliefert. Im Gaskanal findet eine möglichst vollständige Trennung zwischen Aluminium und Chlor statt. Offensichtlich stellt die Auslegung dieser Zelle höchste Anforderungen in bezug auf Gas-Elektrolyt-Metallströmung, elektrischen Stromdurchgang, Wärmeabfuhr, Gasdichtigkeit und Elektrodenstabilität.

Weniger weit fortgeschritten ist die Entwicklung dimensionsstabiler Anoden mit langer Standzeit für den Einsatz im Kryolith-Schmelzfluss. Bei der Alusuisse laufen gegenwärtig Versuche im Technikumsmassstab mit befriedigenden Resultaten. Die Vorteile, die diese Entwicklung verspricht, sind:

- a) Wegfall des Petrolkoksverbrauchs, und damit
- b) Reduktion der Abgasemission und Verbesserung der Abgasfassung sowie
- c) die Möglichkeit der Konstruktion kompakter Öfen mit bipolaren Elektroden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass auch in den nächsten Dezennien die Aluminiumgewinnung wohl in zwei Stufen erfolgen wird, d.h. durch Extraktion des Aluminiumoxids aus tonerdehaltigen Rohstoffen, gefolgt von der Reduktion mittels Elektrolyse. Dabei sind gute Aussichten vorhanden, dass die Abhängigkeit vom Petrolkoks aufgehoben und der Verbrauch an elektrischer Energie weiter reduziert wird.

Prozessentwicklung am Beispiel der Regenerierung von Schwefelsäure

E. Kratz*, Escher Wyss AG, Zürich

Die Schwefelsäure, eines der wichtigsten Schlüsselprodukte der gesamten Industrie, kann dank der energetisch günstigen und relativ gut zugänglichen Rohstoffbasis zu den billigsten Erzeugnissen der chemischen Industrie gezählt werden. Vielfach wird die eingesetzte Schwefelsäure im Prozess verbraucht, und es entstehen Folgeprodukte wie Gips, Ammonium- oder Natriumsulfat. Überschüssige Schwefelsäure aus chemischen Prozessen fällt oft nur in verdünnter Form an, z. B. aus Reaktionen, Waschprozessen oder nach Verdünnung zur Ausscheidung von Verunreinigungen. Sogenannte Abfallschwefelsäuren resultieren in beträchtlichen bis grossen Mengen aus der Eisen- und Stahlindustrie, der chemischen und Erdölindustrie, der Sprengstoff- und Nichteisenmetallerzeugung. Die Regenerierung von derartigen Säuren unterhalb ca. 10% H_2SO_4 -Konzentration ist in der Regel nicht lohnend; bevorzugt werden diese zur Neutralisation von alkalischen Abwässern benutzt oder müssen bekalkt werden, sofern dies erforderlich ist. Für Abfallsäuren im Bereich von 20% H_2SO_4 , wie sie z. B. bei der Gewinnung von Titandioxyd aus Ilmenit anfallen, ist die Neutralisation mit Kalk bereits zu aufwendig, abgesehen davon, dass auch mancherorts Deponieprobleme für den anfallenden Schlamm diesen Weg der Beseitigung ausschliessen. Oft erfolgt daher die direkte Ableitung in Gewässer, insbesondere die «Verklappung» per Schiff ins Meer. Einzig die Regenerierung von verbrauchten Beizsäuren aus der Stahlindustrie hat wegen der Möglichkeit zur Rekuperation von Eisen in Form von Eisensulfat ein gewisses Interesse für Grossanlagen gefunden.

Bei der Regenerierung von grossen Mengen Abfallsäuren durch Aufkonzentrierung (Eindampfung) kommt dem Dampfverbrauch besondere Bedeutung zu, da die Heizdampfkosten den Gestehungspreis der rückgewonnenen Säure stark belasten. Zu den bereits zum Teil seit der Jahrhundertwende bekannten Verfahren und Apparaten zur Aufkonzentrierung von verdünnter Schwefelsäure ist in neuester Zeit nach Wegen gesucht worden, welche eine wirtschaftliche Regenerierung von Abfallsäuren ermöglichen sollen: z. B. durch Kühlkristallisation, Einsatz von Tauchbrennern und Sprühtürmen. Zur Verarbeitung grösserer Mengen ist die mehrfache Ausnutzung der primär eingesetzten Energie unbedingt erforderlich. Dies kann geschehen z. B. durch Ausnutzung der heissen Abgase zur Vorwärmung und Vorkonzentrierung. Bei indirekter Beheizung mittels kondensierendem Dampf

bietet die Schaltung von mehreren Verdampferstufen hintereinander im sogenannten Mehrfach-Effekt die optimale Lösung für den Dampfverbrauch.

Für den Einsatz eines derartigen Verfahrens stellen sich verschiedene prozesstechnische und apparative Probleme, welche insbesondere durch die mit unterschiedlichen Verunreinigungen anfallenden Dünnsäuren verursacht werden. Diese Verunreinigungen stören nicht nur bei der Weiterverwendung oder Rezirkulation der gewonnenen Produktsäure (Konzentrat), sondern können auch durch Belags- und Krustenbildung in den Wärmeaustauschern sowie durch Schäden an den eingesetzten Werkstoffen (Korrosion usw.) stören.

Für die Auslegung von Grossanlagen zur Aufkonzentrierung von Abfallsäuren ist es daher erforderlich, dass von Fall zu Fall Prozessentwicklung betrieben werden muss. Diese umfasst insbesondere Vorstudien und Voruntersuchungen im Labor, die Pilotierung der kritischen Einzelstufen, die Prüfung der Beständigkeit der vorgesehenen Werkstoffe sowie die Wahl der Apparate zur Abtrennung der ausgeschiedenen Verunreinigungen in Form von Salzen und Schlämmen.

Zur Ermittlung des günstigsten Prozesses zur Regenerierung einer Abfallschwefelsäure sind unter anderen folgende Einflussfaktoren zu berücksichtigen:

- Provenienz und Art der Abfallsäure
- Besonderheiten des vorangehenden Prozesses
- Konzentrationen der Säure und der darin enthaltenen Verunreinigungen
- anfallende Abfallsäure-Mengen
- Energiebedarf, insbesondere Dampfverbrauch
- Rest-Verunreinigungen in Produktsäure
- Verwendungszweck der Produktsäure (mögliche Abnehmer)
- Anreicherung von Verunreinigungen bei Rückführung in den vorangehenden Prozess
- Deponie oder Verwertung der abgetrennten Verunreinigungen
- Bewertung der gewonnenen Produkte (Preis, Marktsituation, interner Bedarf)
- Werkstoffwahl, kontrollierte Korrosion, Überwachung
- Kostenfaktoren im Betrieb der Anlage.

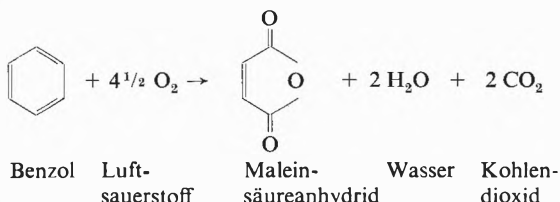
Diese Fülle von Einflussfaktoren veranschaulicht recht deutlich, dass bei solchen Prozessentwicklungen nicht nur chemische, physikalisch-chemische und technologische Gesichtspunkte berücksichtigt werden müssen, sondern auch vertieftere verfahrenstechnische und konstruktive Sonderentwicklungen unerlässlich sind.

* Dr. E. Kratz, Leiter Forschung Verfahrenstechnik, Escher Wyss AG, CH-8005 Zürich

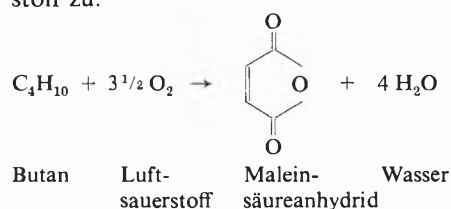
Butan als Ausgangsprodukt für Maleinsäureanhydrid

P. Fontana *, Alusuisse, Neuhausen, Schweiz

Das klassische Herstellungsverfahren für Maleinsäureanhydrid (MSA) besteht in der katalytischen Gasphasenoxidation von Benzol mit Luft.



Durch die Situation auf dem Welt-Erdölmarkt ergaben sich in Verbindung mit einer Verknappung der Lieferungen für Benzol als Rohstoff auf diesem Gebiet bedeutende Kostensteigerungen. Dies hat dazu geführt, dass zahlreiche Firmen die direkte Verwendung von C₄-Kohlenwasserstoffen untersuchen. Dabei wandte man sich auch dem Butan als dem billigsten Rohstoff zu.



Die dadurch bedingte Rohstoffumstellung machte die Entwicklung neuer Katalysatoren, neuer Reaktoren und neuer Aufarbeitsverfahren notwendig. Die erste Phase eines solchen Projektes bestand in der Suche nach geeigneten Katalysatoren, die u.a. auch reproduzierbar herzustellen sind. Durch Adsorption der Edukte an der Oberfläche bewirken Katalysatoren eine Verringerung der Aktivierungsenergie für die Oxidation. Dadurch wird die Reaktion gegenüber einer unkatalysierten beschleunigt, d.h. man kann bei wesentlich tieferen Temperaturen arbeiten. Das als Zwischenprodukt der Verbrennung an der Oberfläche des Katalysators entstehende MSA muss jedoch leicht desorbieren können und vor der Totaloxidation aus dem Reaktor entfernt werden. Um bei einem gegebenen Reaktorvolumen pro Zeiteinheit möglichst viel Edukt umzusetzen, muss der Katalysator eine hohe Aktivität aufweisen. Aus dem umgesetzten Edukt – im vorliegenden Falle dem Butan – soll dann vor allem das gewünschte MSA entstehen.

Im Rahmen der Entwicklung solcher Katalysatoren wurden, neben Reaktortesten, zahlreiche röntgenographische Untersuchungen, ergänzt durch Differen-

tialthermoanalysen, Oberflächen- und Porositätsmessungen, durchgeführt. Mit Hilfe dieser Methoden war es möglich, die Herstellungsparameter festzulegen sowie die Kalzinierung und die Aktivierung zu optimieren.

Um für den industriellen Einsatz interessant zu sein, muss der Katalysator die Aktivitäts- und Selektivitätsansprüche über mehrere Monate hinweg erfüllen. Tritt eine Desaktivierung oder ein Selektivitätsverlust auf, ist der dafür verantwortliche Mechanismus abzuklären, damit man diesen Vorgang verzögern bzw. den Katalysator in entsprechender Weise regenerieren kann. Im vorliegenden Fall gelang es, die hohe Selektivität durch periodisches Regenerieren aufrechtzuerhalten, ohne dass der Katalysator aus dem Reaktor entfernt werden muss.



Abb. 1: Ein mit Katalysatorkörnern gefülltes Reaktionsrohr.

Der Übergang von Benzol zu Butan als Ausgangsprodukt erforderte ausserdem die Neudimensionierung des Reaktors. Im Prozessablauf gelangt das Butan-Luftgemisch in mit zylinder- oder kugelförmigen Katalysatoren (Abb. 1) gefüllte Reaktionsrohre. Die bei der partiellen Verbrennung freigesetzte Wärme wird durch eine Salzschnmelze, die eine Temperatur von 300 bis 450°C aufweist, beseitigt. Zur genauen Untersuchung des Reaktionsablaufes sowie zur Ermittlung der optimalen Länge und des Durchmessers des Reaktionsrohres wurde bei der Alusuisse-Forschung und Entwicklung in Zusammenarbeit mit Lonza ein praxisnaher Forschungsreaktor entwickelt (Abb. 2). Diese Anlage erlaubt es, den Verlauf der Reaktion des Butan-Luftgemisches beim Durchströmen des Katalysatorbettes unter industriellen Bedingungen zu verfolgen. Durch zahlreiche Messstutzen lassen sich den Reaktionsrohren unterschiedlichen Durchmessers sowie bei verschiedenen Längen Gasproben entnehmen, deren Zusammensetzung dann gaschromatographisch bestimmt wird. Gleichzeitig wird die Temperatur in Funktion der Rohrlänge gemessen.

* Dr. P. Fontana, Schweizerische Aluminium AG, Forschung und Entwicklung, CH-8212 Neuhausen

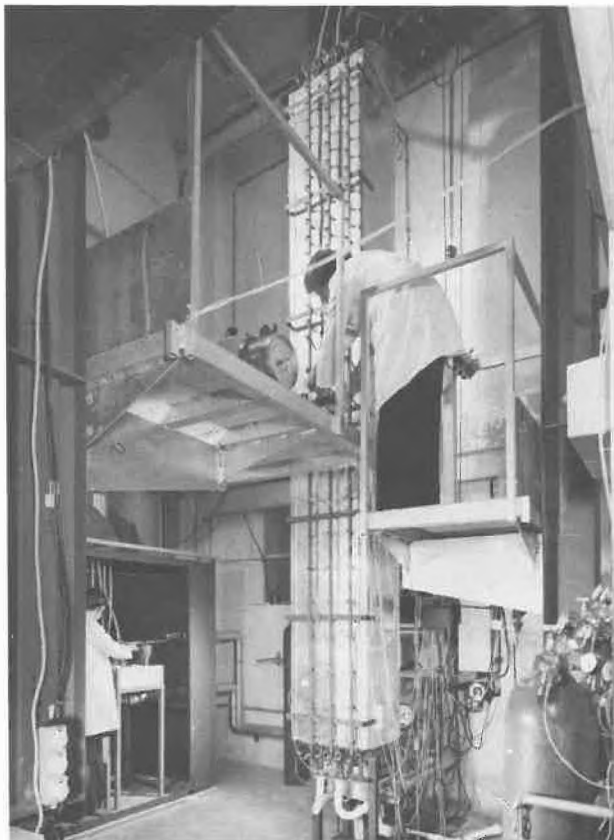


Abb. 2: Salzbadreaktor zur Untersuchung heterogen katalysierter Gasphasenreaktionen.

der Rohrlänge ist aus Abb. 3 ersichtlich. Eine Erhöhung der Temperatur (von T_1 auf T_2) liefert zunehmende Mengen des gewünschten Produktes. Eine zusätzliche Temperaturerhöhung (T_3) ergibt zwar eine noch grössere Ausbeute, doch sinkt diese bis zum Ende des Rohres wieder ab, da sich hier durch weitere Oxidation Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasser bilden.

Gaschromatographische Analyse von Treibladungspulver-Stabilisatoren und deren Folgeprodukte

H. U. Reich *, Eidgenössische Pulverfabrik, Wimmis

Treibladungspulver für Rohr- und Raketenwaffen werden auch heute noch zum grössten Teil auf der Basis von Nitrocellulose hergestellt. Da die Nitrocellulose je nach Umweltbedingungen einer mehr oder minder raschen, autokatalytischen Zersetzung unterliegt, müssen den Treibladungspulvern Stabilisatoren beigegeben werden, welche die bei der Zersetzung der Nitrocellulose

* Dr. Hans U. Reich, Eidgenössische Pulverfabrik, Hauptabteilung Forschung und Entwicklung, CH-3752 Wimmis

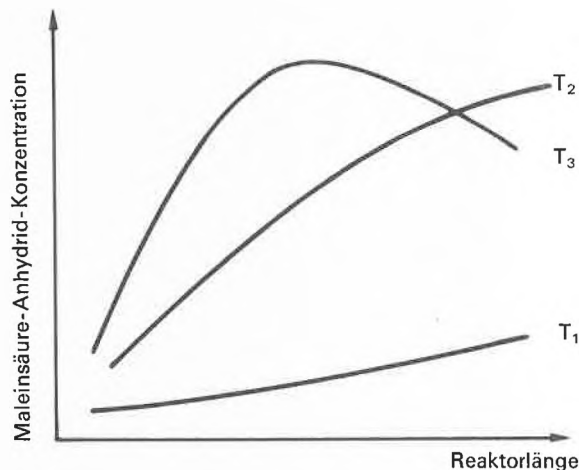


Abb. 3. MSA-Konzentration in Funktion der Reaktorlänge bei verschiedenen Salzbadtemperaturen.

In einem weiteren, kleineren Reaktor wird das Verhalten der vermutlichen Zwischenprodukte der Butanoxidation (Buten, Butadien, Furan) untersucht. Damit gelang es, den geschwindigkeitsbegrenzenden Reaktionsschritt zu bestimmen und so wichtige Hinweise für eine weitere Optimierung des Katalysators zu gewinnen.

Die auf diesem Wege erzielten Resultate wurden bei der *Ftalital*, einem Chemiewerk der *Lonza* in Scanzosciate (bei Bergamo, Italien), mit der man sämtliche erforderlichen Versuchen in enger Zusammenarbeit durchgeführt hatte, in die betriebliche Praxis übertragen. Dort wird u. a. die Lebensdauer der Katalysatoren in zahlreichen Pilotanlagen getestet. Da bei der Butanoxidation mehr Wasser entsteht als bei der Benzoloxidation, wird auch ein entsprechendes Aufbereitungsverfahren entwickelt. Im Jahre 1975 gelang es *Ftalital* als erster Firma in Europa, eine auf dieser Basis arbeitende, von Butan ausgehende MSA-Versuchsanlage mit einer Jahreskapazität von 2000 t in Betrieb zu nehmen.

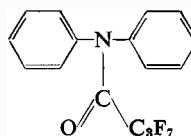
entstehenden Stickoxide zu binden vermögen und die damit die Autokatalyse der Nitrocellulose verlangsamen. Einer der gebräuchlichsten Stabilisatoren ist Diphenylamin. Dieses setzt sich unter der Einwirkung der Stickoxide im Verlauf sich konkurrenzierender Parallel- und Folgereaktionen zu N-Nitroso-diphenylamin sowie zu ein- und mehrfach nitrierten Produkten bis zum Hexanitrodiphenylamin um.

Anstelle der heute üblichen Temperatur-Stabilitäts-Tests für Treibladungspulver wird neuerdings ver-

sucht, die Alterung und damit die Sicherheitslebensdauer von Treibladungspulver anhand der Umsetzungsgeschwindigkeit des Diphenylamins und seiner Folgeprodukte vorauszusagen. Bedingung hierfür sind jedoch genügend genaue und rasche Analysemethoden.

Bis anhin war es nicht möglich, Diphenylamin und N-Nitrosodiphenylamin gaschromatographisch zu trennen, da das N-Nitroso-diphenylamin thermisch instabil ist und bei der gaschromatographischen Analyse ganz oder teilweise in Diphenylamin zurückverwandelt wird.

Es wurde nun eine neue gaschromatographische Analyseverfahren entwickelt, welche die gleichzeitige Erfassung von Diphenylamin und N-Nitroso-diphenylamin neben Mono-, Di- und Tri-Nitro-diphenylamin erlaubt. Zu diesem Zweck wird das Diphenylamin mit Heptafluorbuttersäureanhydrid deriviert. Das thermisch stabile Derivierungsprodukt des Diphenylamins der Formel



lässt sich auf einfache Weise neben dem sich unter den Analysenbedingungen quantitativ zu Diphenylamin umgesetzten N-Nitroso-diphenylamin und den höher nitrierten Diphenylaminen gaschromatographisch bestimmen. Genauigkeit, Richtigkeit und Reproduzierbarkeit der neuen Analyseverfahren sind statistisch gesichert.

Als Anwendungsbeispiel werden die Resultate von Untersuchungen über den Einfluss von Kaliumkryolith auf die chemische Stabilität monobasischer Treibladungspulver besprochen. Es zeigt sich hierbei, dass die Umsetzungsgeschwindigkeit des Diphenylamins, und damit die Sicherheitslebensdauer der betreffenden Treibladungspulver sehr stark von der Menge des Kaliumkryoliths abhängig ist.

Computer-Regelung von Chargen-Prozessen

M. T. Brodmann*, Economation AG, Chur, Schweiz

Vereinfacht könnte man sagen, dass ein kontinuierliches Verfahren eine komplexe Anlage mit einfacher Regeltechnik bedingt, ein Chargen-Verfahren hingegen eine einfache Anlage mit komplexer Regeltechnik.

Komplexe Regel- und Steueraufgaben lassen sich aber heute mit Hilfe eines Prozessrechners lösen. Damit wird der Chargen-Prozess, lange Stiefkind der Verfahrens-Ingenieure, wieder interessant. Seine Vorteile gegenüber kontinuierlichen Verfahren werden wieder erkannt und bewusst eingesetzt.

Vorteile des Chargen-Verfahrens

Eine Anlage, die im Chargen-Prinzip arbeitet, ist bezüglich Produktionsprogramms bedeutend flexibler als eine kontinuierliche Anlage. Umstellungen in Produktart oder Produktqualität lassen sich ohne grosse Verluste vornehmen. Ebenso kann die Produktionsmenge dem Bedarf einfach angepasst werden, was bei kontinuierlichen Anlagen oft nicht ohne Qualitätsveränderungen möglich ist.

Kontinuierliche Prozesse sind auch weniger anfällig auf gewisse externe Störungen, wie Stromausfälle usw. Oft lässt sich die Produktionssequenz bis zur Behebung der Störung unterbrechen, ohne dass ein Produktverlust entsteht.

Ein weiterer Vorteil des Chargen-Verfahrens sind die geringeren Investitionskosten, die auch Anlagen kleinerer Kapazität wirtschaftlich tragbar machen. Im

Gegensatz dazu bedingen die hohen Investitionskosten für kontinuierliche Anlagen hohe Durchsätze, und damit eine Zentralisierung der Produktion.

Chargen-Prozesse sind schwierig zu regeln

Chargen-Prozesse sind aber nicht einfach zu regeln. Die Regelprobleme sind vergleichbar mit denen einer kontinuierlichen Anlage, die in ständigem, raschen Wechsel angefahren und abgestellt wird. Neben dem ständigen Auf und Ab der Sollwerte sind es auch wechselnde Prozessbedingungen, welche die Regelung von Chargen-Prozessen schwierig gestalten.

Oft treten Wechselwirkungen zwischen Regelkreisen auf, und zwar bei kontinuierlich wie auch bei chargenmässig durchgeführten Prozessen. Solche Wechselwirkungen führen schon bei stationären Prozessen zu Schwierigkeiten; bei Chargen-Prozessen mit variablen Regellasten machen sie eine Regelung ohne spezielle Vorkehrungen unmöglich.

Der Prozessrechner löst die Regelprobleme

Verfeinerte Regelmethoden, die den Anforderungen des Chargen-Verfahrens gewachsen sind, kennt man schon seit längerer Zeit. Sie liessen sich aber aus technischen und wirtschaftlichen Gründen mit konventionellen Regelsystemen nicht verwirklichen. Von den «modernen» Regelmethoden, die dank des Prozessrechners flexibel und kostengünstig eingesetzt werden können, sollen wenige Beispiele erwähnt werden.

Da ist einmal die fortlaufende, adaptive Abstimmung eines Regelkreises (Adaptive Tuning). Da sich Sollwert und Regellast bei Chargenprozessen ständig ver-

* Dr. Marcel T. Brodmann, Economation AG, CH-7002 Chur

ändern, können konventionelle Regler auf keinen der Betriebszustände ideal abgestimmt werden. Steht der Prozessrechner anstelle des konventionellen Reglers, so lassen sich die Konstanten eines Regelkreises laufend den Prozessbedingungen anpassen. Allein oder in Kombination mit Störwert-Aufschaltung (Feedforward Control) erzielt man so ein hervorragendes Regelverhalten.

Anstelle einer gemessenen kann auch eine errechnete Prozessgrösse geregelt werden, bei Destillationskolonnen z. B. der interne anstelle des externen Rückflusses. Durch geschickte Auswahl der zu regelnden (abgeleiteten) Prozessgrössen lassen sich oft unerwünschte Wechselwirkungen zwischen Regelkreisen vermeiden. Schliesslich kann mit einem Prozessrechner die Regelstrategie den einzelnen Phasen eines Chargenprozesses angepasst werden. Da der Rechner an Stelle der konventionellen Regler steht, kann man, bildlich gespro-

chen, für jede Prozessphase die geeignetste Regler-Konfiguration einsetzen.

Prozess-Analyse – Voraussetzung für den Erfolg

Für die erfolgreiche Computer-Regelung von Chargen-Prozessen müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein. Die wesentlichere ist eine sorgfältige Analyse des Prozesses, um die Beziehungen zwischen Prozess-Variablen zu erkennen, ihr dynamisches Verhalten zu verstehen, und schliesslich die wesentlichen von den unwesentlichen Einflussgrössen abzusondern.

Um einen nicht verantwortbaren Programmieraufwand zu vermeiden, braucht man aber auch ein Prozessrechnersystem, in dem die wichtigsten Regloptionen flexibel vorprogrammiert sind. Erfreulicherweise erscheinen derart vorprogrammierte Prozessrechner in zunehmendem Masse auf dem Markt.

Neue Erkenntnisse über Korrosion und Korrosionsschutz in industriellen Gasturbinen

P. C. Felix *, Brown, Boveri & Cie. AG, Baden

Chemische Vorgänge sind in industriellen Gasturbinen wie auch in anderen Wärme-Kraft-Maschinen in verschiedener Hinsicht von Bedeutung. Angefangen vom Brennstoff, der Verbrennung bis zu den Abgasen spielt die Chemie und die chemische Verfahrenstechnik eine wichtige Rolle.

Von besonderer Bedeutung ist die Hochtemperaturkorrosion, da ihre Phänomene sich direkt auf Wirkungsgrad, Lebensdauer, Verfügbarkeit usw. auswirken –, alles Fragenkomplexe, die nicht nur den Hersteller sondern auch den Betreiber von industriellen Gasturbinen interessieren. Die «normale» Oxidation der Turbinenschaufeln durch die heissen Gase, die in modernen Maschinen Temperaturen von 900–1100°C erreichen, wird bei der Auslegung der Turbine und der Berechnung der Standzeit der «hot parts» so weit als überhaupt notwendig berücksichtigt. Im allgemeinen sind diese Oxidationsvorgänge derart langsam, dass sie im Vergleich zur mechanischen Beanspruchung nicht lebensdauerbestimmend sind. Werden zusätzlich jedoch noch aschehaltige Brennstoffe wie Roh- oder Rückstands-Öle verbrannt, oder ist die Verbrennungsluft besonders staubhaltig, so können diese Vorgänge derart beschleunigt werden, dass die Schaufeln schon nach einem Bruchteil der erwarteten Standzeit vollständig unbrauchbar werden. Diese Beschleunigung wird im allgemeinen durch anorganische Verbrennungsprodukte hervorgerufen, die auf den Schaufeloberflächen abgelagert werden und bei Betriebstemperatur wenigstens teilweise flüssig sind. Die wohl

bekannteste dieser korrosiven Ablagerungen ist Vanadumpentoxid, das entsprechend seiner Eigenschaft als Oxidationskatalysator auch die Oxidation der Schaufelmaterialien beschleunigt. Vanadium-Korrosion oder die sogenannte «katastrophale» Oxidation kann bereits schon in Dieselmotoren, Heizkesseln mit Materialtemperaturen von 600–650°C zu Problemen führen. Bei Hochtemperatur-Gasturbinen mit ihren wesentlich höheren Temperaturen überwiegt ein Mechanismus der allgemein als «Sulfidation» bekannt ist und vor allem durch Sulfat- im speziellen Alkalisulfat-Ablagerungen ausgelöst wird. Die eigentlichen Korrosionsträger sind hierbei Metallsulfide, die in der Grenzschicht zwischen dem oxidischen Zunder und dem metallischen Werkstoff liegen. Werden diese Sulfide oxidiert, so entstehen nicht etwa gasförmige Schwefeloxide, sondern neue Metallsulfide, die die Korrosion immer weiter in die Schaufeloberfläche hineinragen. Es ist ein Merkmal dieser Sulfatkorrosion, dass sie auch dann nicht mehr aufgehalten werden kann, wenn keine neuen korrosiven Verbrennungsprodukte mehr abgelagert werden. Bei der Korrosionsbekämpfung können grundsätzlich zwei Zielrichtungen eingeschlagen werden, nämlich a) Vorkehrungen auf der Seite des Angreifers also im allgemeinen auf der Brennstoffseite und b) auf der Seite der Angegriffenen, den Schaufeln. Auf der Brennstoffseite muss vor allem verhindert werden, dass korrosive Ablagerungen auf den Schaufeln gebildet werden können, d. h. dass der Brennstoff möglichst keine entsprechenden Aschebestandteile enthält. Dies geschieht am einfachsten durch die Brennstoffauswahl, indem nur bestimmte

* Dr. P. C. Felix, Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., CH-5401 Baden



Abb. 1: Turbinenschaufeln mit und ohne Schutzschicht nach 17000 Betriebsstunden unter korrosiven Bedingungen.

Brennstoffe für die Verwendung in Gasturbinen zu gelassen werden. So schreiben denn die meisten Gasturbinenhersteller auch vor, dass mögliche Brennstoffe beispielsweise einen Natriumgehalt von weniger als 1 ppm aufweisen müssen. Leider stehen aber besonders in den öllexportierenden Ländern (welche zu den Hauptabsatzgebieten industrieller Turbinen gehören) solche reinen Brennstoffe nicht ohne weiteres zur Verfügung. Rohöl, das in solchen Ländern in ausreichender Menge vorhanden ist, enthält nämlich bis zu 500 ppm Natrium, vor allem in Form von feinsten Salzkristallen. Um dieses Salz zu entfernen, muss der Brennstoff gewaschen werden. Dabei werden praktisch alle Alkali- und teilweise auch die Erdalkalisalze aus dem Brennstoff entfernt. Die Schwierigkeit besteht dabei nicht darin, die Salze aus dem Öl in die wässrige Phase zu bringen, sondern die beiden Phasen nach erfolgter Waschung wieder zu trennen. In der Praxis geschieht dies mit Hilfe von Zentrifugen oder neuer-

dings mit Hilfe von elektrostatischen Separatoren, in denen die feinsten Wassertröpfchen durch Anlegen einer Hochspannung zum Koagulieren und damit zum Sedimentieren gebracht werden.

Vanadium, Nickel und andere Metalle liegen im Brennstoff als wasserunlösliche Porphyrinkomplexe vor. Es ist daher nicht möglich, diese auf wirtschaftliche Weise aus dem Brennstoff zu entfernen. Statt dessen werden dem Brennstoff sogenannte Inhibitoren zugegeben, die den Schmelzpunkt der korrosiven Ablagerungen erhöhen, so dass sie unter Betriebstemperaturen nicht mehr flüssig und damit auch nicht mehr korrosiv sind. Wirksam ist vor allem Magnesium, durch welches statt Vanadiumpentoxid oder Natriumvanadat Magnesiumvanadate mit einem Schmelzpunkt von über 1000°C gebildet werden. Besonders interessant sind auch Siliziumadditive, die auf den Schaufeln eine Schutzschicht von Siliziumoxid bilden. Die schützende Wirkung beruht hier auf einem Phänomen, das als «Löschpapiereffekt» bezeichnet werden kann und bei dem die flüssigen korrosiven Ablagerungen von der Oberfläche der Schaufeln abgesaugt und dadurch am Eindringen ins Metallgefüge gehindert werden. Der Vorteil dieser Siliziumoxidschicht besteht darin, dass ihr Schutz gegen alle korrosiven Ablagerungen, unabhängig von ihrer Zusammensetzung, wirksam ist. Im weiteren vermindert Silizium die Verschmutzung der Turbine und die damit verbundenen Wirkungsgrad- und Leistungsverluste, da die pulverigen, trockenen Siliziumoxidbeläge wesentlich weniger gut auf den Schaufeln haften bleiben als die meist glasartigen Magnesiumoxid- oder Aschebeläge.

Ökologie des fossil gefeuerten Kraftwerks

J. E. Lüthi*, Gebr. Sulzer AG, Winterthur

In Erinnerung an die Arbeit von 1963–1966 im Institut von Professor Guyer sei angeknüpft an das Problem der Rauchgasbehandlung. Damals ging es darum, die elektrische Staubabscheidung effizienter zu gestalten. Die in dieser Arbeit entwickelten Prinzipien – vergrösserte elektrische Kräfte bei geringeren Stromdichten, um den aus der abgeschiedenen Staubschicht sich ausbreitenden Entlademechanismus zu verhindern – haben nun Eingang in die industrielle Anwendung gefunden.

Die Schadstoffe

Zehn bis fünfzehn Jahre später, unter dem Aspekt des gewachsenen Umweltbewusstseins, der neu ins Zentrum gerückten Anwendung der Kohle als Brennstoff und des verlangsamten Ausbaus der Kernenergie, muss die Bearbeitung des Schadstoffproblems nicht nur den Staub, sondern auch die Schwefel- und Stick-

stoffoxide umfassen. Dies sei hier am fossil gefeuerten thermischen Kraftwerk näher erläutert.

Im Blickfeld liegen sowohl die Feinstäube, die zusammen mit den aus Schwefel- und Stickstoffoxiden gebildeten Säuren und Salzen schädigend auf den Menschen zu wirken scheinen, wie auch die korrosive Wirkung des Regens, dessen pH in Industriegebieten unter vier sinken kann, und die Wirkung des Schwefeldioxids auf die Fotosynthese. Es wurde deshalb notwendig, gesetzliche Grenzen für die Emission festzulegen. Besonders in Japan und den USA sind begrenzende Massnahmen zum Einsatz gekommen.

Zum Eindämmen des Schadstoffauswurfs stehen zwei sich nicht ausschliessende Alternativen offen: die Brennstoff- und die Rauchgasreinigung. Intuitiv scheint die Brennstoffreinigung sinnvoller und wirtschaftlicher, einerseits wegen deren potentieller grössenabhängigen Wirtschaftlichkeit und andererseits wegen der grossen zu behandelnden Inertgasmasse bei der

* Dr. J. E. Lüthi, Gebr. Sulzer AG, CH-8401 Winterthur

Rauchgasreinigung. Die technisch-wirtschaftliche Analyse zeigt denn auch, dass die Brennstoffreinigung speziell für die leichter zu reinigenden Stoffe wie Erdgas und leichtere Erdölfractionen weit vorteilhafter ist. Jedoch ist das gesetzliche Vorgehen vielerorts punktuell, d.h. von Lokalbedingungen abhängig, und Begrenzungsmaßnahmen sind primär bei Neuinvestitionen anzuwenden, so dass die Wirtschaftlichkeit der Brennstoffreinigung nicht ohne weiteres zum Zuge kommt, und zudem entstehen die Stickstoffoxide erst in der Flammzone. Im weiteren ist die Reinigung von Erdöldestillationsrückständen und speziell von Kohle technisch anspruchsvoll und kostspielig, mit dem Resultat, dass die Rauchgasbehandlung trotzdem konkurrenzfähig ist. Dies vor allem bei grossen Installationen mit ausreichender jährlicher Betriebsstundenzahl. Brennstoffreinigung und Abgasreinigung ergänzen sich somit gegenseitig.

Die technische Entwicklung zeigt das Fortschreiten von Einzelmaßnahmen zur Gesamtsystemlösung. Das schrittweise Vorgehen der für den Umweltschutz verantwortlichen Behörden hat zu dem hier zu skizzierenden, stufenweisen Vorgehen in bezug auf einzelne Schadstoffe geführt. Sobald man sich aber medizinisch, ökologisch und politisch über die allgemein vorzunehmenden Massnahmen eindeutig geeinigt hat, scheint ein das Gesamtsystem anvisierender Weg interessanter.

Staub

Für die Staubabscheidung stehen Elektrofilter im Vordergrund. Das Elektrofilter wurde zunehmend den speziellen Staubeigenschaften angepasst, primär der Leitfähigkeit der Staubpartikel, die Abscheideflächen wurden vergrössert, der Abklopfmechanismus verbessert, die Gasströmung ausgeglichen, um den sukzessive tiefer angesetzten Reststaubgehalten nachzukommen. Die Leitfähigkeit ist temperaturabhängig, sei es wegen der Adsorption oder der Halbleitereigenschaften. Die Leitfähigkeit wird technisch gesteuert durch eine Gaskonditionierung wie z.B. mit Schwefelsäure – bei hohem Schwefelgehalt automatisch vorhanden –, durch eine Nassabscheidung, durch eine Abscheidung bei höheren Temperaturen, oder es kann die zu Beginn erwähnte neue Technik eingesetzt werden. Für die Weiterentwicklung wird angestrebt, die Reststaubmengen im Feinstaubbereich unter etwa $2\mu\text{m}$ wegen der Lungengängigkeit weiter herabzusetzen, ohne dass dadurch die Anlageinvestition und der Stromverbrauch wesentlich steigen – eine Optimierung der elektro- und aerodynamischen Vorgänge. Auch kommen heute temperaturbeständige Glasfaser-Gewebefilter bei kleineren Kesseln in Frage.

Die Schwefeloxide

Für die Abscheidung der Schwefeloxide wurden etwa fünfzig verschiedene Verfahren vorgeschlagen, es hat sich bisher hauptsächlich die basische Wäsche bewährt; sie führt zu einer Deponie von Calciumsulfitschlamm. Ein erster Fortschritt bildete die Trennung

der Rauchgaswäsche von der Kristallisation, indem durch andere Ionen die Fällung des Calciumsulfits aufgehoben und vom Wäscher in einen Kristaller mit Steuerung verlagert wird. Ein weiterer Fortschritt stellt die Oxidation des Sulfits zum Sulfat dar, da damit das zu deponierende Schlammvolumen signifikant sinkt und teilweise wieder verwertbarer Gips entsteht. Die Sulfitoxidation ist vorläufig ein noch energieaufwendiger Schritt, da dessen Katalyse zu wenig beherrscht wird. Eine Oxidation des Schwefeldioxids zu Schwefelsäure konnte grosstechnisch bisher nicht realisiert werden, da die katalytische Direktoxidation zu aufwendig oder zu wenig betriebssicher war und auch die Wiederverwendung der Säure Probleme aufwarf. Eine Reduktion des Schwefeldioxids zu Schwefel ist technisch durchführbar, bedingt aber einen sehr komplexen anlagentechnischen Aufwand. Eine Weiterentwicklung der Verfahren ist vor allem im Oxidationsschritt und in der Optimierung des Wäschers zu erwarten.

Die Stickstoffoxide

Die Stickstoffoxide erscheinen im Rauchgas teilweise als Bestandteile eines eingefrorenen Gleichgewichtes der hohen Verbrennungstemperaturen, teilweise als Produkt der Oxidation des organisch gebundenen Stickstoffes. Erste Massnahmen konzentrierten sich deshalb auf eine Reduktion der Spitzentemperaturen der Verbrennung durch Homogenisierung, Rückmischung und durch die zweistufige Verbrennung, wobei in der ersten Zone Sauerstoff im Unterschuss zugegeben wird. Ist die Emission wegen dem organischen Stickstoff immer noch zu hoch, muss zur katalytischen Reduktion, z.B. mit Ammoniak, geschritten werden. Mit solchen Verfahrensschritten liegen schon grosstechnische Erfahrungen in Japan vor.

Systemlösungen

Wege, die zu einer Gesamtsystemlösung führen können, zeigen die folgenden zwei Beispiele:

Bei genügender Nachfrage nach gereinigtem Schweröl und der Bereitschaft oder dem Zwang den Mehrpreis von ca. 10–20% zu zahlen, kann in den Raffinerien zusätzlicher Wasserstoff erzeugt und die katalytische Hochdruckentschwefelung mit den eventuell notwendigen Vorstufen der Metall- und Aromatenentfernung durchgeführt werden. Schwefel- und aschearmes Schweröl bedingt dann kraftwerkseitig nur noch eine relativ einfache Stickstoffoxidbegrenzung und Staubabscheidung.

Die Kohleverflüssigung und Reinigung nach ähnlichen Verfahren scheint wirtschaftlich vorläufig noch zu wenig konkurrenzfähig, weiter fortgeschritten ist die Kohlevergasung.

Als zweites Beispiel sei die Fliessbettverbrennung erwähnt, die vor allem geeignet scheint, Kohle mit grossem Fremdstoffanteil, die vermehrt bei dem grossmechanischen Abbau entsteht, wirtschaftlich zu verwerten.

Erstens kann im Fliessbett eine homogene, nicht zu

hohe Verbrennungstemperatur mit gleichzeitiger Wärmeabfuhr erreicht werden, was die Stickstoffoxidbildung hemmt, zweitens kann im Fließbett ein grosser Teil der Fremdstoffe als Schlacke gebunden werden, ohne dass alle Aschepartikel mit dem Gasstrom mitgehen, drittens kann dem Fließbett Dolomit beigegeben werden, der das entstandene Schwefeldioxid zum grossen Teil schon in der Verbrennungszone bindet, und schliesslich kann das Fließbett unter Druck gefahren werden, was die Möglichkeit gibt, kombinierte Gas- und Dampfturbinenprozesse einzusetzen, die den

Wirkungsgrad der Elektrizitätserzeugung signifikant erhöhen.

Solche radikale Neuentwicklungen bedingen jedoch gewaltige Investitionen und Entwicklungszeiten von mehr als 10 Jahren, bevor eine verbreitete, grosstechnische Anwendung möglich wird. Für die vorläufig zu erstellenden Kohlekraftwerke wird die vorangehend skizzierte Rauchgasbehandlung die beste Alternative sein, wenn aus Umweltschutzgründen Massnahmen zu ergreifen sind, die über eine konventionelle Anlage mit Staubabscheider und Hochkamin hinausgehen.

Neue Müllverwertungsmethode

M. de Carli*, Studio d'Ingegneria-Consulenze, Locarno

In allen Teilen der Welt besteht heutzutage in den Städten das dringende Problem der Beseitigung von Müll. Die grossen Agglomerationen der Städte sowie die ständig zunehmende Bevölkerung mit entsprechender Abfallproduktion verursachen eine Konzentration und Erhöhung der Abfallmenge mit besorgniserregenden hygienischen, ökologischen und wirtschaftlichen Folgen.

Die überwachte Deponie, von der Schwierigkeit der richtigen und logischen Lage abgesehen, bedeutet eine ernste Gefahr für eine mögliche Verschmutzung des Bodens sowie des Grundwassers. Dazu kommen Ausdünstung und mögliche Selbstentzündung, welche die Luft verschmutzen und ökologische Störungen verursachen.

Die Anwendung einer Verbrennungsanlage kann diese Probleme lösen, aber nur teilweise, da der Umfang und das Gewicht der Abfälle durch Umwandlung in Asche und Restbestände reduziert wird, diese dann aber trotzdem irgendwo abzulagern sind und trotz allem noch eine ermässigte Gefahr der Bodenverschmutzung darstellen. Zudem muss berücksichtigt werden, dass ein Teil davon durch die Verbrennung in die Atmosphäre gelangt.

Eine Verbrennungsanlage bringt sehr hohe Unterhaltskosten mit sich und zerstört die in den Abfällen enthaltenen Rohmaterialien; diese könnten jedoch teilweise in der Landwirtschaft, Industrie und Tierzucht verwendet werden, und stellen damit einen gewissen Reichtum dar.

Der Wert dieses Rohmaterials ist nicht zu unterschätzen, wenn wir berücksichtigen, dass durchschnittlich auf 100 Tonnen Abfälle entfallen: ca. 30 Tonnen Papier, 30 Tonnen grobe organische Stoffe, 5 Tonnen Eisen, 4 Tonnen Glas, 5 Tonnen Kunststoff und 15 Tonnen feine organische Stoffe.

Wird das Problem von einem ökologischen, hygienischen und ökonomischen Standpunkt aus angefasst, drängt sich die Notwendigkeit auf, ein System anzu-

wenden, welches Gesamtlösungen anbietet, und zwar solche, die weder Hygiene noch Ökologie beeinträchtigen, indem man die Rohmaterialien, die in den Abfällen enthalten sind, wiedergewinnt und sterilisiert, um mit dem Erlös der wiedergewonnenen Rohmaterialien die Unterhaltskosten zu ermässigen.

Heute existieren solche Systeme, welche auf weltweite Aufmerksamkeit stossen. Diese Wiedergewinnungssysteme, welche mit mechanisch automatisierten Mitteln funktionieren, ergeben die Wiedergewinnung von Papier in Form von Papierpaste, von groben organischen Materialien in Form von Tierfuttermitteln, von Eisen, von Kunststoff in Form von Pressballen, von Glas, welches unter Umständen nach Farbe geteilt wird, und endlich von feinen organischen Materialien in Form von Düngemitteln.

Nur ein unbedeutender Teil der Abfälle und insbesondere nur solche, die keine schädlichen Abgase produzieren, werden verbrannt, um damit den nötigen Dampf für den Betrieb der Anlage zu produzieren.

Das Wiedergewinnungsverfahren, das vom Unterzeichneten untersucht worden ist, ist in einen komplett automatischen Prozess eingegliedert, bei welchem das Bedienungspersonal nie mit der Materie in Berührung kommt, bevor diese nicht zum homogenisierten und sterilisierten Endprodukt wird. Alle Trennungs- und Reinigungsverfahren finden in einem komplett abgeschlossenen Kreislauf statt, mit absoluter Kontrolle der Ausdünstung und des Staubes.

Das Verfahren basiert im Grunde genommen auf einfachen Basisprinzipien und der Kombination von volumetrischem Umfang und dem spezifischen Gewicht, zusammen mit einem diesbezüglichen Trennungsvorgang in abgeschlossenen Luft- und Wassertanks.

Das Geheimnis des Erfolges besteht nicht in den Basisprinzipien des Trennungsvorgangs, jedoch in der lebenslangen Erfahrung um das Wissen, wie sich der Müll unter gewissen Umständen verhält und darin, wie solche Faktoren in eine vollintegrierte industrielle Produktion eingebracht werden können.

Neben den ökologischen und sozialen Vorteilen mit

* Dott. Marco de Carli, Studio d'Ingegneria-Consulenze, CH-6600 Locarno

dem vollständig integrierten Wiedergewinnungssystem sind auch die ökonomischen Aspekte für die Gesellschaft von Bedeutung wie auch die Erhaltung des Reichtums an Rohstoffen. Die wiedergewonnenen Materialien haben einen gewissen wirtschaftlichen Wert und helfen damit, die Kosten der Abfallvernich-

tung niedriger zu halten als bei jedem anderen konventionellen System. In industrialisierten Ländern mit einem hohen Prozentsatz an Papier- und Kunststoffabfällen sind die Kosten durch den Verkauf der wiedergewonnenen Materialien vollständig gedeckt.

Einsatzgrenzen halogener Kohlenwasserstoffe als Löschmittel

W. A. Lindenmann*, Brand-Verhütungs-Dienst für Industrie und Gewerbe, Zürich

Halogenierte Kohlenwasserstoffe (Halone¹) wurden schon vor dem Ersten Weltkrieg zu Löschzwecken eingesetzt und waren bekannt für ihre gute Löschwirkung auf Flammbrände². Der bekannteste Vertreter war Tetrachlorkohlenstoff, der später allerdings wegen seiner Giftigkeit per se und der Bildung noch giftigerer Spaltprodukte während dem Löschvorgang verboten wurde. Auch andere Halone waren in dieser Beziehung nicht über alle Zweifel erhaben. In den letzten Jahren kam es mit der Einführung zweier neuer Verbindungen, dem gasförmigen Bromchloridfluormethan (Halon 1211) und dem ebenfalls gasförmigen Bromtrifluormethan (Halon 1301) zu einer Renaissance dieser Löschmittel.

Verwendete Verbindungen

Eine Übersicht über die bisher für Löschzwecke verwendeten Halogene zeigt, dass es sich um gasförmige oder flüssige Methan- und Äthanderivate handelt. Praktisch alle enthalten Brom, die neueren Typen gleichzeitig auch Fluor. Jodierte Verbindungen, z. B. Methyljodid, schieden aus preislichen Gründen aus.

Tabelle 1: Kommerziell zu Löschzwecken eingesetzte Halone

Verbindung	Halon-Nummer ¹	Bemerkungen
CCl ₄	104	schon um 1900 eingesetzt
CH ₃ Br	1001	ca. 1930 eingesetzt
CH ₂ BrCl	1011	ab ca. 1940 eingesetzt
CF ₂ ClBr	1211	ab ca. 1950 eingesetzt
CF ₃ Br	1301	ab ca. 1950 eingesetzt
C ₂ F ₄ Br ₂	2402	ab ca. 1950 eingesetzt, toxische Bedenken

Wirkungsweise der Halone

Die Wirkung der herkömmlichen Löschmittel beruht entweder darauf, dass sie dem Brandherd Energie ent-

ziehen oder den Kontakt zwischen Brennstoff und Sauerstoff verhindern. Bei den Halonen findet hingegen ein Eingriff in die Verbrennungsreaktion statt, d. h. die in der Verbrennungszone vorhandenen Radikale werden abgesättigt, die Kettenreaktion unterbrochen. Dies bedeutet, dass die Halone zuerst aufgespalten werden müssen. Diese Aufspaltung führt aber nachgewiesenermassen zu toxischen und korrosiven Folgeprodukten. Die Spaltung wird durch die in der Flamme herrschenden Temperaturen bewirkt, aber auch heisse Metalloberflächen und Glutbrände² fördern die Bildung dieser unerwünschten Produkte.

Preis-/Leistungsvergleich

Um einen Kubikmeter Raumvolumen zu schützen bzw. einen Kubikmeter Flammvolumen auszulöschen, muss rund ½ kg Halon eingesetzt werden. Ein Preis-/Leistungsvergleich mit Kohlensäure z. B. würde einen Faktor fünf zugunsten der letzteren ergeben. Dieses Verhältnis verbessert sich etwas, wenn die Gesamtkosten des Löschsystems berücksichtigt werden (kleinere Drucke erforderlich für Halone).

Evaluierung der Halone

Aufgrund ihres Preises sind Halone als Löschmittel besonders dort angezeigt, wo es um den Schutz wertvoller Einrichtungen (Elektronik) und/oder den Schutz des Menschen geht. Sehen wir von der Anwendung in Handfeuerlöschern ab (in der Schweiz nur bis 2 Liter Inhalt zugelassen), so müssen bei Löschanlagen – die heute mehrere Tonnen Halone enthalten können – vorweg die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

- Art des zu erwartenden Brandes (Brandstoff/zeitlicher Ablauf),
- Gefährdung menschlichen Lebens durch den Brand, das Löschmittel oder Zersetzungsprodukte,
- Korrosion an zu schützenden Gütern,
- Möglichkeit und Kosten von Fehlauflösungen,
- Alternative Schutzkonzepte.

Die Auslegung der Anlage sollte nach anerkannten Grundsätzen erfolgen, z. B. dem National Fire Protection Association Standard (USA).

Abklärung noch hängiger Fragen

Die heute zur Verfügung stehenden Unterlagen erlauben es nicht, in allen Fällen eine optimale Lösung zu treffen. In der Schweiz wurde deshalb eine Interessen-

* Dr. W. A. Lindenmann, Brand-Verhütungs-Dienst für Industrie und Gewerbe, Nüscherstrasse 45, CH-8001 Zürich

¹ Begriff «Halone» durch U.S. Army Corps of Engineers eingeführt.

1. Ziffer: Anzahl Kohlenstoffatome

2. Ziffer: Anzahl Fluoratome

3. Ziffer: Anzahl Chloratome

4. Ziffer: Anzahl Bromatome

5. Ziffer: Anzahl Jodatome

² In der Praxis werden unterschieden: Flammbrände (Flüssigkeiten, Wachse, Thermoplasten, Gase), Glutbrände (im allgemeinen feste nichtschmelzbare Stoffe) und Brände von Metallen.

gemeinschaft ins Leben gerufen, die den Zweck hat, die fehlenden Grundlagen zu beschaffen. Insbesondere sollen in der Schweiz Antworten auf folgende Fragen gefunden werden:

- Wie empfindlich reagieren verschiedene Güter auf die bei bestimmten Bränden im Zusammenwirken mit Halonen entstehenden Spaltprodukte?
- Wie weit darf sich ein bestimmter Brand entwickeln, damit noch eine erfolgversprechende Löschung mit Halonen ohne Sekundärschäden gewährleistet ist?

- Welche Anforderungen sind an ein kombiniertes Brandmelde/Löschsystem zu stellen, damit die erforderliche Löschmittelkonzentration im richtigen Zeitpunkt erreicht wird?

Im Ausland werden gegenwärtig Arbeiten ausgeführt, um die löschwirksamen Konzentrationen genauer zu bestimmen und solche, die den Schutz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen mittels Halonen näher untersuchen sollen.

Charakteristika und Problematik des Geschäfts mit chemischen Zwischenprodukten

P. Walther *, Lonza AG, Basel

Wir betrachten chemische Zwischenprodukte als Substanzen, welche von der spezialisierten chemischen Industrie chemisch weiterverarbeitet werden. Deshalb kann der Abnehmer die wirtschaftliche Situation des Produzenten abschätzen und ist zudem auf dessen anwendungstechnische Hilfe nicht angewiesen. Damit fehlt dem Lieferanten auch ein wichtiges Instrument zur Beschaffung von Informationen, die er als Entscheidungsgrundlage für seine eigene weitere Entwicklungstätigkeit benötigt. Meistens verfügt er auch über die Spezialisten nicht, die in all den Sektoren zu Hause sind, in welche seine Zwischenprodukte eingehen. Informationen auf anderen Wegen zu erhalten ist schwierig. So besteht die Gefahr, dass die Entwicklung von Zwischenprodukten derjenigen von Wirksubstanzen zeitlich nicht zu folgen vermag. Deshalb muss der Produzent von Zwischenprodukten einerseits versu-

chen, mit Schwergewicht zu arbeiten und andererseits doch genügend «Eisen im Feuer» zu haben, um das Risiko erträglich zu halten. Um so mehr, als dass er den Markt bzw. Bedarf seiner Erzeugnisse kaum beeinflussen kann.

Erfolgschancen hat er nur dann, wenn er:

- sich in unit processes spezialisiert und dort Pionierarbeit leistet,
- sich spezielles Know-how im Umgang mit heiklen Substanzen und Reaktionen aneignet,
- sich nicht mit «Feld-, Wald- und Wiesenreaktionen» allein beschäftigt,
- internationale Bedeutung erlangt und international wettbewerbsfähig ist,
- sich auf eine breite, leistungsfähige Infrastruktur im weitesten Sinne stützen kann.

Der Produzent von chemischen Zwischenprodukten muss also nicht auf Anwendungsgebiete, sondern auf Technologie spezialisiert sein!

* Dr. P. Walther, Leiter der Sparte Organische Chemie, Lonza AG, Postfach, CH-4002 Basel

Post-College Education for the Petroleum Processing and Chemical Industries in the Arab World

M. Sallaly *, Cairo University, Egypt

Introduction

The last few years have witnessed the transfer of the world petroleum gravity-centre to the Middle East. "There is a new King" in the world of oil, says the Editor of Hydrocarbon Processing in its July 1976 issue; "the King reigns in the Middle East ... and will reign for many years to come. Long live the King!"

The above statement is a most realistic one if we consider that the OAPEC (Organization of Arab Petroleum Exporting Countries) members possess about 60% of the proven world oil reserves, contribute with a share of approximately 40% to the world oil

production (excluding the socialist block) and benefit from the advantage of a considerable yearly cash inflow (57.7 Billion U. S. Dollars) and impressive, rapidly growing financial reserves (35 Billion U. S. Dollars)*. Contrasting with this unchallenged leading position with respect to natural petroleum resources, the oil processing industry is still modest with its tiny 3% share of the World refining capacity. This unbalanced situation will no doubt lead to an ever increasing investment in new, rapidly growing processing facilities. Requirements for such an expansion are purchase of hardware, import of technology and build up of the

* Prof. Dr. Mohy Sallaly, Faculty of Engineering, Cairo University, Cairo, Egypt

* Status in 1975.

operating personnel. As far as our needs for specialized graduates, technicians and skilled labour for the oil processing industry are concerned, a balanced and well thought plan on the Arab World scale must be conceived and implemented.

Human capital growth and conservation through education and training is a most challenging and important task that must, inevitably, be included in any integral economic growth plan. We have, however, experienced that some employers in the petroleum and chemical industries underestimate the profitability of human capital growth by means of continuing investment in on-the-job training, refreshing courses and knowledge updating sessions attendance of their personnel. Yet, it has been proven that expenses incurred by industry for training and education of employees, especially those showing outstanding talents, capabilities and potentialities is more than rewarding, as it compensates for the natural depreciation of their knowledge capital and for the finite length of their working life.

We shall try, in the following, to give and explain our views on educational and training systems, pointing out the basic guidelines which should be taken into consideration for our future trends in college and post college personnel formation.

Complementarity of College and Industry in the field of education

The best utilization by Industry of human capital can be attained:

1. Through providing adequate knowledge and ascertaining sound proficiency of employees joining the working team.
2. Through maintaining, actualizing and increasing the acquired knowledge account during the entire activity period.

For graduate level staff members, the first goal is our colleges' concern, while the second one has to be secured by the systematic organization of on-the-job training and continuing education programmes. Let us confine and limit our thoughts to the specialized field of chemical engineering in which we are particularly interested and try to give an outline of the complementary tasks of College and Industry as far as education is concerned.

The dilemma of college curricula requirements

As planners and executors of college education in the field of chemical engineering, we are facing the most difficult task of squeezing the teaching of the entire scope of knowledge needed by a graduate chemical engineer, to comply with future professional requirements, into the limited time available, i.e. four years and thirty hours per week, disregarding the preparatory year as a complement to secondary education. Indeed we feel, as teachers, that the students' time schedule is heavily overloaded with lecture and exercise sessions to cover all subjects we think are essential for an adequate graduate profile. Topics deemed needed for a chemical engineering college formation cover *applied physics and mathematics, chemistry, technology, economics and social sciences*. The challenging demand of a complete well balanced curriculum, taking into consideration the limited time factor, can only be resolved through a deliberate well thought choice of what must be necessarily included into and what can be left out from the college curriculum.

From the educational point of view, we know that math, physics and chemistry can only be learned with adequate proficiency during the teens and twens of any student's age. We all, however, learn to optimize and weigh viabilities with age, whereby aptitudes to handle and deal with people are much more of a talent than an acquired attitude.

It is therefore a sound and well founded decision to concentrate in chemical engineering course curricula on *mathematics, physics, chemistry and technology* leaving for employers the task of complementing their employees' profile in the fields of *economics and social sciences*.

Essence and goals of C.E. (Continuing Education) and O.J.T. (on-the-job training)

We have established that a graduate chemical engineer who is stepping out of college to step into his professional activity is still in need to complement his academic profile and get acquainted with economic ways of thought as well as with the art to deal with people. Furthermore we must be aware of his initial knowledge potential suffering depreciation over the activity period of his entire career because of two factors:

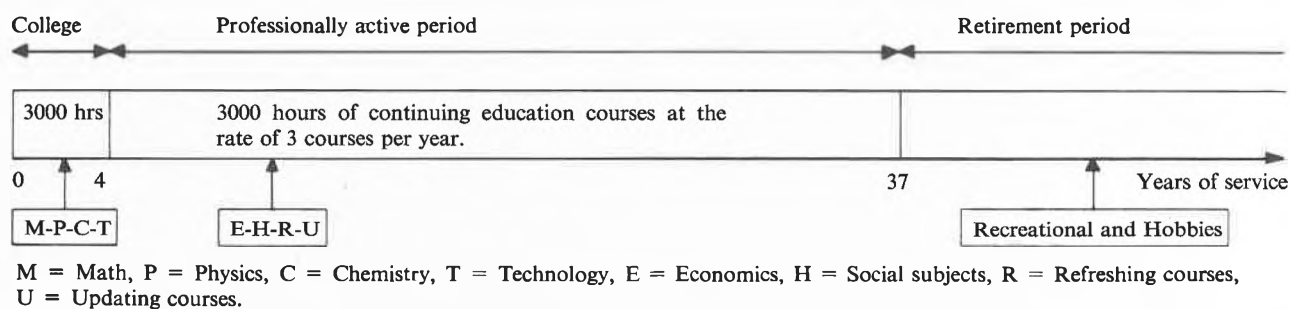


Fig. 1: Lifetime ideal educational plan for the chemical engineer.

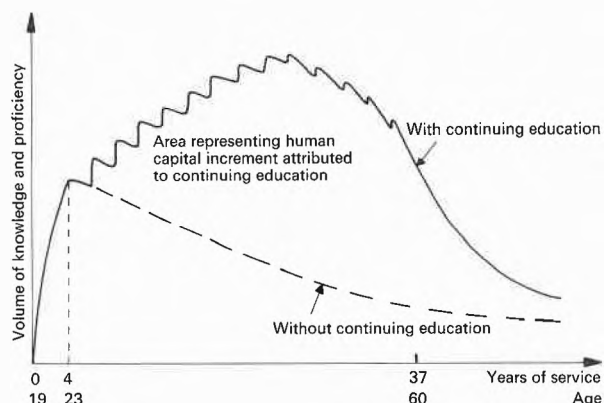


Fig. 2: Knowledge and proficiency variation with age.

a) the first being the progressive outdateding and obsolescence of theories and techniques,
 b) the second being the metabolic ageing and decay with time of thinking ability and brain activity centres. Employers should and even must, in an effort to take maximum advantage of their human assets, provide remedies to both processes.

Institutions concerned with post university chemical engineering education have tailored three types of courses to help out employers in general and industry in particular solve their educational and training problems:

1. New to the graduate unknown topics covering *economics* and *social sciences* often labelled under the unique heading of *management sciences*.
2. Refreshing or reminder courses, taking over previously learned but partly forgotten basic scientific subjects and methods.
3. New developments of old techniques, new processes replacing obsolete ones, modern theories, methods and ways of thought, in brief latest landmarks of progressing sciences and technology.

It is worthwhile mentioning that college and continuing education are equivalent volume- and timewise.

Other knowledge feeding streams; components of the learning process beyond college education

We admitted that, following college education, any growth of professional knowledge inventory and proficiency in any of the fields of science and technology is only possible if the human brain is fed with the corresponding type and quantity of information, at the appropriate rate and according to a mode adapted to his perception and learning abilities. O. J. T. and C. E. belong to the most important knowledge feeding processes and are inflow streams whose momentum is generated with the aid of instructors, whereas self-education, practicing one's profession and teaching are inflow streams whose momentum is auto-generated by the learning person itself.

Balance of knowledge in a human brain

For any college graduate in general and for a chemical

engineer in particular, knowledge and proficiency can, over his active life period, increase as a result of mentioned ingoing feed streams and suffer depletion as a result of ageing and obsolescence. The net available knowledge inventory at any precise moment of his life is the resultant of a balance between ingoing and outgoing streams, taking into consideration any sources (creation) and sinks (forgetfulness) inherent to the brain's nature and activity.

Conclusion

Despite the several boosting educational inputs which a college graduate receives to compensate knowledge depletion during his career, a gradual decline of his brain capabilities is usually observed. We happen to know, however, outstanding personalities who maintain a remarkable proficiency, an amazing clarity of thought and an outstanding consultancy status in the field of their brilliant career.

We may, therefore, point out a last note of optimism and state that conservation of our faculties as thinkers throughout the years which follow the usual age of maximum proficiency (mid forties), can hopefully become reality; following factors contribute significantly to the prevention of the normally observed proficiency decline with age:

1. An impressive and outstanding initial physical and mental potential.
2. A favourable climate and environment both physical and psychological.
3. The concentration of efforts on a specialized domain and avoidance of potential scattering.
4. A true motivation.

A mixture of gifts, character features, circumstances and destiny elements are thus the most relevant factors for an outstanding performance of few ageing graduates who continue to offer their most valuable contribution to the progress of science and technology and exhibit proficient brain activities throughout the late autumn days of their lives.

The thoughts and ideas given above reflect an engineering point of view on human brain skill variation with age. We admit, however, that individuals' behaviour and response to the educational and environmental stimuli is most difficult to equate. A better understanding of such a complex subject can be sought in the complementary opinion of those who deal with the physical and psychological aspects of man, i. e. those pertaining to the medical profession.

References

- 1 J. Villermaux et P. Le Goff: La formation des ingénieurs de génie chimique. L'Ingénieur des Industries Chimiques (Nancy), January 1972.
- 2 P. Le Goff: La Science des Procédés de Transformation de la Matière. Annales des Mines, May 1976.
- 3 A. Bondi: Risks and Rewards of Engineering Careers. Chem. Eng. Progr., May 1976.
- 4 P. Le Goff: A mathematical model of scientific knowledge. To be published.

Der Schweizerische Chemiker-Verband, die Redaktion und der Verlag der CHIMIA/Chemie-Report schliessen sich den Glückwünschen der Doktoranden und Freunden von Herrn Prof. Dr. A. Guyer herzlich an.

Einweihung des Seenforschungslaboratoriums der EAWAG/ETH in Kastanienbaum

Am 2. Juni 1977 wurde im Beisein zahlreicher Vertreter aus eidgenössischen, kantonalen und kommunalen Behörden das neue Seenforschungslaboratorium der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) offiziell seiner Bestimmung übergeben. Das bereits am 15. Oktober 1976 in Betrieb genommene Gebäude umfasst in seiner vorläufig 1. Bauetappe die Laboratorien und notwendigen Büros der Gruppe für multidisziplinäre limnologische Forschung, der fischereiwissenschaftlichen und der limnologischen Abteilung, dazu die Laborleitung, das Sekretariat und die Sammlung sowie eine Bibliothek und eine Cafeteria (beide als Provisorien), ferner Spezialräume wie Brut- und Aufzuchtanlage, Klima- und Kühlräume, technisches Labor und Werkstatt. In dem rückwärtigen unterirdischen Gebäudeteil sind alle dazu notwendigen Installationsräume untergebracht. Im weitem sind noch verschiedene Aussenanlagen wie Rundtröge, Aufzuchtgräben u. a. für die Fischereiabteilung erstellt worden. Das für das Laboratorium wichtigste Medium Seewasser wird durch eine ca. 600 m lange Kunststoffleitung aus ca. 40 m Tiefe mit Pumpen angesaugt. Das dazu nötige Seewasserpumpwerk wurde zusammen mit einer ARA-Pumpstation der Gemeinde Horw in einem unterirdischen Gebäude erstellt.



Seenforschungslaboratorium der EAWAG/ETH 1977 mit Neubau (links) «Hydrobiologischem Laboratorium» (Mitte) und «Seeheim» (rechts).

Wie der Direktor der EAWAG, Prof. Dr. *Werner Stumm*, in seiner Begrüssungsansprache betonte, steht die Forschung und Lehre über das Verhalten von Seen-Ökosystemen, insbesondere die Erfassung deren physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse im Vordergrund. Daneben obliegt dem Laboratorium die Durchführung fischereiwissenschaftlicher Arbeiten (Physiologie der Fische, Fischkrankheiten, Populationsdynamik, fische-reiche Nutzung und Bewirtschaftung der Seen). Die in Kastanienbaum erarbeiteten Daten sollen Bund und Kantonen bei der Planung von Gewässerschutzmassnahmen und bei der Erstellung

von Gesetzen und Verordnungen die nötigen Entscheidungsalternativen vermitteln.

Als Vertreter des Kantons Luzern sprach Dr. *Anton Muheim*, der in einem kurzen Rückblick die Entstehung des Seenforschungslaboratoriums aufzeichnete. Bereits im Jahre 1916 wurde auf Initiative des Naturkundeforschers an der Kantonsschule Luzern, Dr. *Hans Bachmann*, das Laboratorium für hydrobiologische Studien errichtet, welches 1960 schenkungsweise an die ETH überging.

Als Vertreter des Bundes umriss Bundesrat *Hans Hürlimann* in seiner Ansprache die nationale Bedeutung des Gewässerschutzes und stellte fest, dass mit der Forschung nach neuen technischen Errungenschaften die Leistung zum Schutze unserer Umwelt Hand in Hand gehen müsse. mü

Schweizerische Gesellschaft für Chemische Industrie 97. Generalversammlung vom 24. Juni 1977 in Luzern

Unter der Leitung ihres Präsidenten Dr. Alfred Hartmann, Vizepräsident und Delegierter des Verwaltungsrates der F. Hoffmann-La Roche & Co., Aktiengesellschaft, Basel, wurden an der Generalversammlung vom 24. Juni die üblichen Geschäfte erledigt.

Der Präsident umschrieb in seiner Ansprache die Bedingungen, die es der schweizerischen Wirtschaft und somit auch der chemischen Industrie ermöglichen sollen, sich im internationalen Konkurrenzkampf zu behaupten. Wir zitieren einige besonders gewichtige Sätze des Industriellen:

«Gute Überlebenschancen besitzt nur derjenige, der innovationsfreudig genug und bereit ist, sich auf die veränderte Wirtschaftslage umzustellen. Dabei geht es zunächst um die Förderung von Forschung und Entwicklung, die die Voraussetzung für jeden technologischen Fortschritt bilden. Sie verbessern die Aussichten für einen möglichst hohen Innovationsgrad und damit auch für einen grösseren Ertrag. Die Schweizer Industrie besitzt eine hohe Wertschöpfungsquote. Diese beruht aber grundsätzlich auf zwei Faktoren: Investitionskapital und Wissen. Diese beiden Faktoren besitzen wir glücklicherweise in unserem Land und vor allem auch in unserer chemischen Industrie in relativ hohem Masse.»

«Als eigentlichen Motor der konjunkturellen Entwicklung haben sich immer wieder die Kapitalbildung und die hohen Investitionen der Industrie erwiesen. Es liegt somit im ureigensten Interesse unserer Volkswirtschaft und aller ihrer Glieder, wenn der private Unternehmer Erträge erwirtschaften kann, um forschen, entwickeln und investieren zu können. Davon lebt nicht nur das Unternehmen selbst, sondern die ganze Volkswirtschaft, vorab seine Arbeitnehmer in Form gesicherter Arbeitsplätze und besserer Sozialleistungen.»

Über staatliche Hilfsmassnahmen zur Überwindung der Rezession äusserte sich Dr. Hartmann:

«Einem strategischen Grundsatz entsprechend sollte der Staat seine Aufgaben vermehrt darauf konzentrieren, die im Gang befindlichen Strukturänderungen und damit zukunftsorientierte Industrien zu fördern. Dies soll aber nicht durch finanzielle Beihilfen geschehen, sondern durch die Schaffung von Rahmenbedingungen, die wegen unserer schlechteren Standortbedingungen mindestens ebenso gut sind wie diejenigen des Auslandes. Macht man die Spiesse gleich lang wie diejenigen unserer ausländischen Konkurrenz, dann wird sich unsere Industrie, nicht zuletzt die chemische, durchaus zu behaupten wissen. Mehr brauchen und wollen wir nicht.»

In kompetenten Ausführungen äusserte sich *Pierre-Bernard Cousté*, Vice-Präsident du Parlement Européen, über das Thema *Les codes de conduire en élaboration pour les sociétés multinationales*.

Leider können wir auf die Ausführungen nicht näher eintreten, verweisen aber Interessenten auf Betrachtungen über das Referat in der NZZ.