

# Zum Verhältnis von Chemischer Industrie und Verfahrenstechnik

K. Wintermantel

## Einleitung

In meinem Beitrag zur Frage nach dem Verhältnis zwischen der Chemischen Industrie und der Verfahrenstechnik möchte ich in einem ersten Teil die traditionell enge Verbindung beider anhand eines kurzen Rückblicks auf die Geschichte unseres Unternehmens, der BASF, aufzeigen. Mit diesem Rückblick möchte ich zugleich 2 Thesen belegen:

1. Die Herausforderungen an die verfahrenstechnische Forschung und Ausbildung leiten sich aus den Anforderungen der Gesellschaft und des Marktes an die chemische Industrie ab. Sie bestimmen darüber, welche Produkte wie hergestellt werden.
2. Die Anforderungen an die Industrie und damit die Herausforderungen an die Verfahrenstechnik haben sich in den zurückliegenden Jahren immer wieder geändert und sie werden auch zukünftig Änderungen unterliegen.

Ich werde dann im zweiten Teil darauf zu sprechen kommen, auf welche Veränderungen sich die Verfahrenstechnik in der Chemischen Industrie heute und in naher Zukunft einstellen muß.

Abschließend werde ich einige Konsequenzen dieser Veränderungen für die universitäre Forschung und Ausbildung aufzeigen. Hierbei gehe ich von einem Rollenverständnis aus, nach dem die Technischen Universitäten in unserer Gesellschaft unter den sich ändernden Randbedingungen 4 Aufgaben gleichgewichtig zu erfüllen haben:

- für eine angemessene Ausbildung der Verfahreningenieure zu sorgen,
- durch Grundlagenforschung die erforderliche Wissensbasis auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik zu schaffen und weiterzuentwickeln,
- als ingenieurwissenschaftliche Disziplin zugleich Methoden und Werkzeuge zur Umsetzung des Grundlagenwissens zu erschließen, mit dem Ziel, technische Gesamtsysteme (Verfahren und Anlagen zur Herstellung von Produkten mit definierten Eigenschaften) vorteilhaft zu entwerfen und zu realisieren,
- das generierte Wissen der Industrie zur Verfügung zu stellen, insbesondere durch Veröffentlichung von Forschungsergebnissen, Forschungsk Kooperationen und Weiterbildung.

## Rückblick

Lassen Sie mich zunächst am Beispiel der BASF aufzeigen, wie sich die Anforderungen an die Verfahren und Anlagen und damit die verfahrenstechnischen Herausforderungen seit der Gründung der BASF im Jahre 1865 verändert haben [1]. Ich möchte diese Veränderung in Beziehung setzen zu dem Anstieg der Produkte und der produzierten Mengen, charakterisiert durch die Umsatzentwicklung unseres Unternehmens (Abbildung 1).

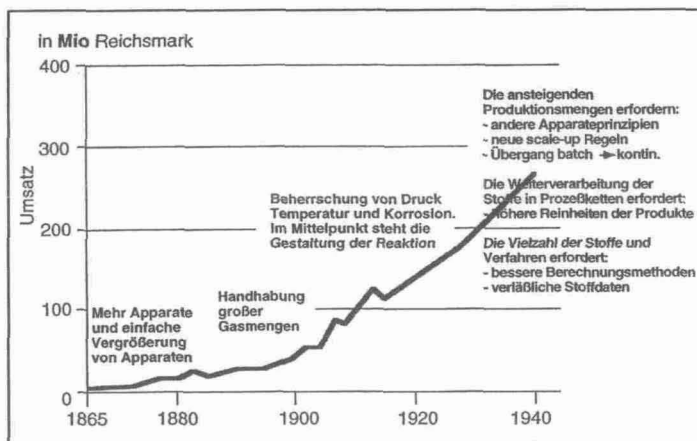


Abbildung 1: Umsatzentwicklung der BASF und verfahrenstechnische Herausforderungen

Wurde anfänglich eine Kapazitätserhöhung durch die einfache Vergrößerung der Apparate und durch das Aufstellen von Parallelapparaturen bewerkstelligt, so kam Ende des letzten Jahrhunderts die Handhabung großer Gasmengen (Kontaktschwefelsäure, Indigosynthese) als neuartige Herausforderung hinzu.

Als Meilenstein in der Geschichte des Unternehmens gilt die Entwicklung und Umsetzung der Synthese zur Herstellung von Ammoniak und dessen Folgeprodukten zu Beginn dieses Jahrhunderts. Die Realisierung weiterer Hochdrucksynthesen (Harnstoff, Methanol und synthetischer Kraftstoff) folgten. Die Beherrschung von Druck, Temperatur und Korrosion in der Reaktionsstufe war hier die entscheidende Herausforderung. Im Mittelpunkt der chemischen, technischen und verfahrenstechnischen Entwicklungsarbeiten stand also zunächst die Durchführbarkeit der Reaktionen. Aber zugleich mußte auch damals schon die "richtige Gestaltung der gesamten Prozeßkette" in den Blick genommen werden - eine Zielvorstellung, die Carl Bosch in seiner Nobelpreisrede hervorhob.

Der Bedarf an systematischen und weitgehend formalisierten Beschreibungen der einzelnen Prozeßabläufe und der Gesamtverfahren stieg dann in den Folgejahren weiter an. Die Gründe hierfür waren die steigende Zahl der verschiedenen Produkte und der ungeheure Anstieg der Produktionsmengen. Sie verlangten zudem neue verfahrenstechnische Konzepte: Der Übergang von batch-Prozessen zu kontinuierlichen Prozessen mußte geleistet werden, scale-up-Regeln mußten verbessert und neue Apparateprinzipien mußten gefunden werden. Die Entwicklung führte weg von Parallelapparaten, hin zu großen Einstranganlagen, die besonders zu Beginn des Kunststoffzeitalters in den 50er und 60er Jahren zur Herstellung der erforderlichen Monomeren gefragt waren. Eine zusätzliche Herausforderung stellte die zunehmende Weiterverarbeitung der Stoffe in Prozeßketten dar; dies erforderte höhere Reinheitsgrade der einzelnen Produktströme.

Diesen Herausforderungen mußte sich nicht nur die BASF stellen; sie wurden von der gesamten chemischen Industrie, den Hochschulen und von den neu gegründeten Fachverbänden angenommen und führten zu beachtlichen Forschungsaktivitäten. Einen wahren Aufschwung gab es dann nach dem zweiten Weltkrieg (Abbildung 2). Das verfahrenstechnische Wissensgebäude, das seit den 20er Jahren erarbeitet wurde, ist eindrucksvoll. Über 60 Grundoperationen sind soweit modellhaft erfaßt und formalisiert, daß die Prozeßgestaltung und -führung für die unterschiedlichen

Bedingungen und verschiedensten Stoffe in einigen Fällen sogar ohne weitere Experimente möglich geworden sind.

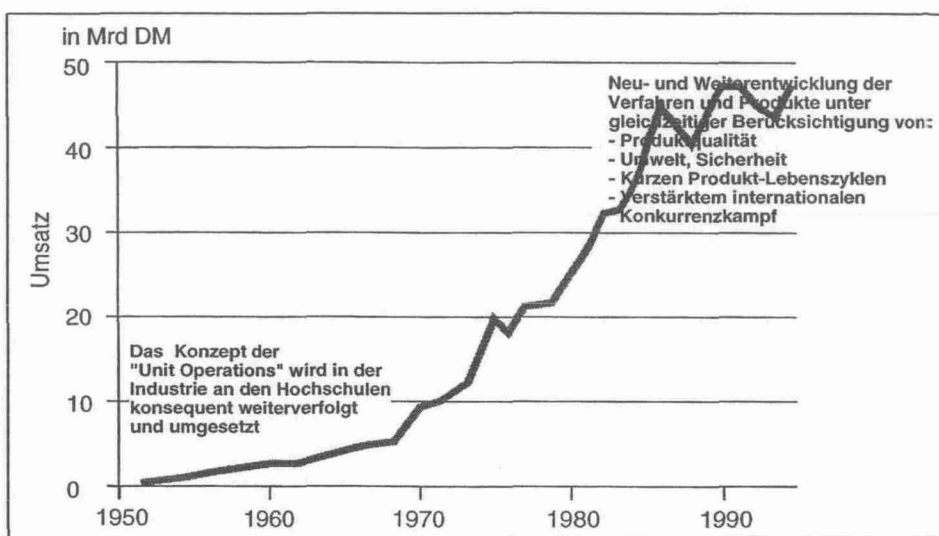


Abbildung 2: Umsatzentwicklung der BASF und verfahrenstechnische Herausforderungen

In den 70er und 80er Jahren kamen neue Herausforderungen auf uns zu. Aufgrund der Mengenexplosion rückte die Emissions- bzw. Reststoffproblematik und aufgrund der Ölkrise die ressourcenschonende Produktion in den Blickpunkt; Themen, die uns heute noch begleiten. Gleichzeitig ist die Konkurrenz in keinsten Weise geringer geworden: Gefordert werden heute immer höhere Reinheiten und Qualitäten bei gleichzeitiger Senkung der Kosten und der Entwicklungszeiten.

Diesen sich ändernden Anforderungen an unsere Produkte/Prozesse und Anlagen konnte in der Vergangenheit nicht zuletzt durch eine entsprechende Weiterentwicklung der verfahrenstechnischen Methoden und Werkzeuge erfolgreich begegnet werden. Vor allem aber war dies möglich, weil hochqualifizierte Ingenieure an den Universitäten ausgebildet wurden, die dann in der Industrie die anstehenden Problemstellungen auf wissenschaftlicher Grundlage lösen konnten.

Die Anzahl der wissenschaftlich ausgebildeten Verfahreningenieure in unserer Abteilung Verfahrenstechnik zeigt Abbildung 3. Sie läßt erkennen, daß der Bedarf an gut ausgebildeten Verfahreningenieuren mit der Umsatzentwicklung einhergeht.

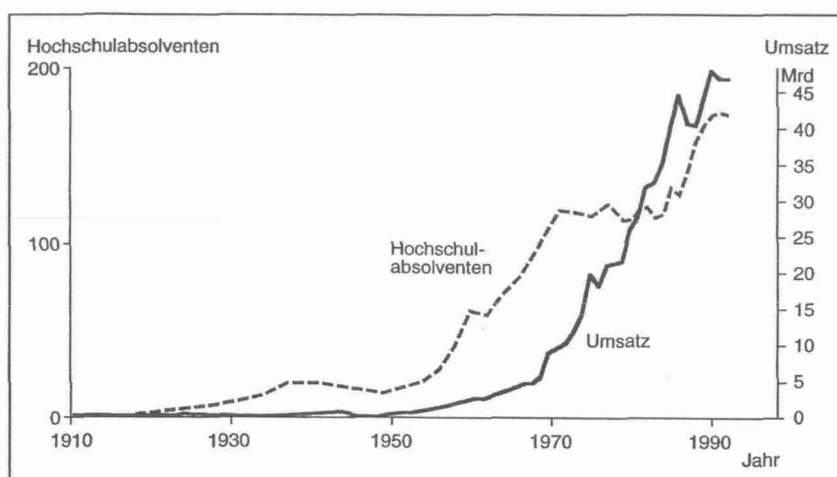


Abbildung 3: Umsatzentwicklung in der BASF Gruppe und Anzahl der Hochschulabsolventen der Abteilung Verfahrenstechnik

Die Erfolgsgeschichte der Verfahreningenieure in der BASF begann mit Wilhelm Nusselt, der als erster Ingenieur mit im engeren Sinne verfahrenstechnischen Aufgaben betraut war und diese mit wissenschaftlichen Methoden angegangen ist. Er wurde 1918 in die BASF eingestellt und hatte die Aufgabe, den Energiehaushalt des Ammoniak-Verfahrens und anderer Prozesse zu optimieren. Diese Aufgabe war mit der Leitung des neu gegründeten Technischen Laboratoriums verbunden, aus dem die heutige Abteilung Verfahrenstechnik der BASF hervorging. 1920 kehrte Nusselt an die Hochschule zurück, um Grundlagenforschung zu betreiben und sein Wissen an die Studenten weiterzugeben. Dieser Weg, Erfahrungen in der Industrie zu sammeln und mit der Anwendungsperspektive zurück an die Universitäten zu gehen, wurde seither von 17 weiteren Verfahreningenieuren unserer Einheit gegangen, deren Namen in Abbildung 4 aufgeführt sind.

Wenn Ingenieure aus der Praxis mit genauer Kenntnis der Anforderungen der Industrie an die Universitäten zurückgehen und ihre Erfahrungen in die Forschung

und Lehre hineinragen, dann scheint dies immer noch die beste Voraussetzung für die Ausbildung des Ingenieur Nachwuchses zu sein.

Prof. Dr. Alt	Universität Stuttgart
Prof. Dr. Billet	Universität Bochum
Prof. Dr. Blenke	Universität Stuttgart
Prof. Dr. Bohner	Universität Stuttgart
Prof. Dr. Bohnet	Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr. Ebert	Universität Kaiserslautern
Prof. Dr. Eigenberger	Universität Stuttgart
Prof. Dr. Hartmann	RWTH Aachen
Prof. Dr. Kraume	Technische Universität Berlin
Prof. Dr. Leuckel	Technische Universität München
Prof. Dr. Löffler	Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr. Lüder	Universität Karlsruhe
Prof. Dr. Maurer	Universität Kaiserslautern
Prof. Dr. Nußelt	Universität Karlsruhe
Prof. Dr. Piesche	Universität Stuttgart
Prof. Dr. Schecker	Universität Dortmund
Prof. Dr. Sommer	Technische Universität München
Prof. Dr. Werther	Technische Universität Hamburg-Harburg

Abbildung 4: Mitarbeiter der Verfahrenstechnischen Entwicklung BASF, die Lehrstühle der Thermodynamik oder Verfahrenstechnik übernommen haben

### Zukünftige Herausforderungen

Mit diesem Rückblick wollte ich verdeutlichen, in welchem Maße sich die Anforderungen an die Produkte und Verfahren in der Chemischen Industrie und damit die verfahrenstechnischen Problemstellungen in den zurückliegenden Jahren geändert haben. Ich wollte zugleich zeigen, in welcher Weise die anwendungsorientierten Problemstellungen aufgegriffen und das zu deren Lösung erforderliche wissenschaftliche Fundament von Industrie und Hochschule komplementär erarbeitet wurde. Eine entsprechende technologische Weiterentwicklung ist auch eines der wichtigsten Erfolgsrezepte für die Zukunft unserer Branche. Die Frage lautet dabei, vor welchen Herausforderungen wir heute und in naher Zukunft in der Chemischen Industrie stehen und wie wir darauf reagieren müssen?

Eine zentrale Veränderung vollzieht sich derzeit hinsichtlich der Produkte und ihrer Chemie. Stand bei der Herstellung der klassischen Grund- und Industriechemikalien

wie z.B. Ammoniak, Methanol, Butindiol u.a., aber auch bei der Herstellung von Monomeren wie Styrol, Caprolactam und Adipinsäure die chemische Umsetzung sowie die Vor- und Aufarbeitung der verschiedenen Produktströme im Mittelpunkt der Betrachtung, so müssen wir heute die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen auf molekularer Ebene kennen [2]. Nur so können die gewünschten Eigenschaften und Wirkungen sowie die Gewährleistung einer gleichbleibend hohen Qualität sichergestellt werden. Dies trifft jedenfalls für die Herstellung fester oder emulgierter Produkte sowie für die neuen Produktlinien wie z.B. hochspezialisierte Werkstoffe, vor allem aber für die heutigen und zukünftigen Wirk- und Effektstoffe zu.

Stichworte in diesem Zusammenhang sind Molecular Modeling und Modellierung biochemischer Prozesse bei der Suche nach neuen Wirkstoffen, Selbstorganisation und Morphologie-Design im nm-Bereich bei der Herstellung neuer Materialien, Grenzflächengestaltung bei der Herstellung von Wirkstoffen (Pharmazeutika, Pflanzenschutzmittel) und Effektstoffen (Farbpigmente). Die Vorgänge in den Grenzflächen müssen aber auch im Hinblick auf die Katalyse, also im Hinblick auf die Weiterentwicklung der klassischen Chemie, besser verstanden werden. Dies erfordert über die Kenntnis der Energie- und Stofftransportvorgänge auf makroskopischer Ebene hinaus das Verständnis der Transportvorgänge im Grenzflächenbereich, also im molekularen Bereich.

Auch die Betrachtung der molekularen Ebene ist nicht alleine eine Sache der Chemie bzw. der Physikalischen Chemie, sondern auch hier müssen stoffübergreifende Zusammenhänge mit verfahrenstechnischen Methoden beschrieben werden. Daß Problemstellungen dieser Art nur in enger Zusammenarbeit zwischen der Verfahrenstechnik, der Chemie und der Physikalischen Chemie gelöst werden können, das möchte ich anhand eines Beispiels aus der Kristallisation belegen.

Form und Größe von Kristallen können bei einem technischen Kristallisationsprozeß zunächst einmal durch die Steuerung der Temperatur und des Konzentrationsfeldes beeinflusst werden. Der Erfolg bei dieser Prozeßsteuerung ist, gerade was die Reproduzierbarkeit betrifft, nicht immer zufriedenstellend.

Schuld daran sind oft nur kleine Spuren von Fremdstoffen, die den Kristallisationsprozeß spürbar beeinflussen. In Abbildung 5 ist das Kristallisationsergebnis dargestellt, wenn aus einer mit vielen Nebenkomponenten verunreinigten Betriebslösung heraus kristallisiert wird. Aufgrund der geringen Korngröße und der Nadelform

weist dieses Produkt ungünstige Abtrenneigenschaften auf und kann wegen seiner hohen Restfeuchte nur aufwendig getrocknet werden. Aus reinem Wasser kristallisiert gewinnt man ein wesentlich größeres Produkt, das sich auch durch eine kompaktere Kristallform auszeichnet.

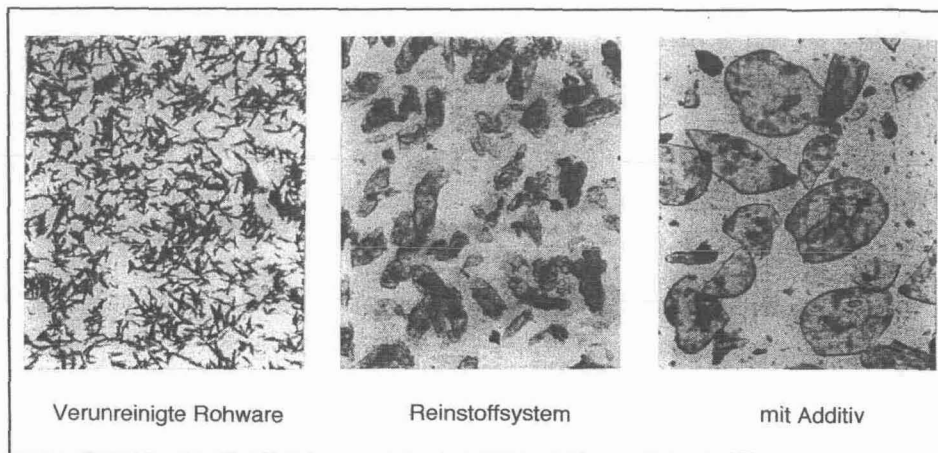


Abbildung 5: Beeinflussung der Kristallisation einer Carbonsäure

Eine erstaunliche Verbesserung ist darüber hinaus im rechten Teil der Abbildung zu erkennen: durch Zugabe einiger ppm eines anionischen Tensids verändert sich die Korngröße unter anwendungstechnischen Gesichtspunkten nochmals dramatisch. Die Wirkungsmechanismen zu verstehen, die diese Veränderungen hervorrufen, sie gezielt nutzen zu können, setzt die Aufklärung der Struktur Wirkungsbeziehungen auf molekularer Ebene voraus. Abbildung 6 erläutert, was zu tun ist.

In Computersimulationen werden aus Röntgenstrukturdaten eines Kristalles Abbilder der molekularen Struktur der wichtigsten Kristallflächen erzeugt. Ebenfalls im Rechnerexperiment werden Verunreinigungsmoleküle oder aufgrund chemischer und struktureller Überlegungen gezielt ausgewählte Moleküle mit erwarteter positiver Wirkung auf diese Flächen gesetzt und deren Adsorptionsenergie berechnet.

Die Hypothese lautet nun, daß die Wachstumsgeschwindigkeit einer Fläche mit zunehmender Adsorptionsenergie immer langsamer wird. Durch Relativvergleich von Adsorptionsenergien kann die zu erwartende veränderte Wachstumsform von Kristallen vorhergesagt werden. Dies ist ein großer Fortschritt!



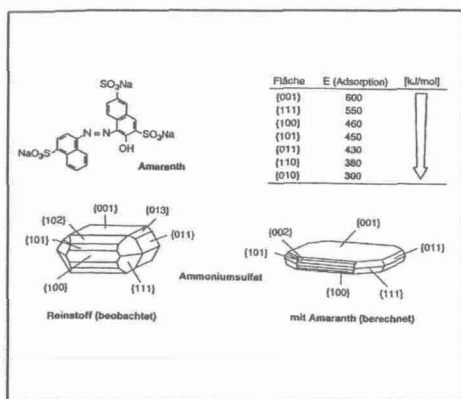


Abbildung 6:  
Vorhersage von Habitusänderungen mit  
Molecular Modeling

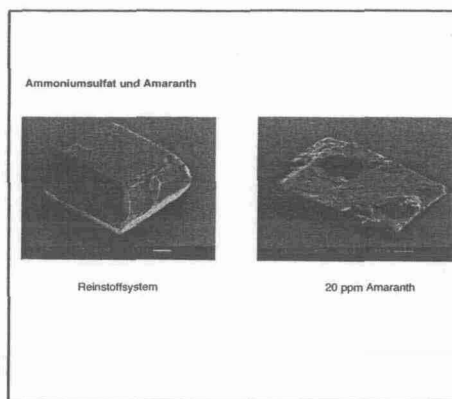


Abbildung 7:  
Kristallformänderung  
durch Additive

Abbildung 6 zeigt beispielhaft, daß auf den 001-Flächen von Ammoniumsulfat-Kristallen das Farbstoffmolekül Amaranth mit der im Vergleich zu den anderen Kristallflächen höchsten Adsorptionsenergie adsorbiert. Aus dem im Reinstoffsystem eher blockförmigen Kristall wird laut Rechnung also ein plättchenförmiger Kristall mit groß ausgebildeter 001-Fläche. Dies kann im Experiment nachvollzogen werden (s. Abbildung 7). Um jedoch nicht nur die Form der Einzelkristalle, sondern auch die Korngrößenverteilung des im technischen Prozeß zu erwartenden Partikelkollektivs vorhersagen zu können, muß zusätzlich die Wachstums- und die Keimbildungskinetik in Abhängigkeit der Additivkonzentration experimentell ermittelt werden.

Die genaue Erfassung der Vorgänge an den Grenzflächen erfordert also eine enge Kooperation der Verfahreningenieure mit den Grenzflächenchemikern. Zur Erfassung und Beschreibung der Transportvorgänge im molekularen Bereich müssen darüber hinaus ganz neue Meßprinzipien eingesetzt werden. Eine Aufgabe, die wiederum nur in enger Zusammenarbeit mit den Physikern gelöst werden kann.

Soviel zu den Veränderungen, die aus dem in der Chemie prognostizierten Trend zu einer stärkeren Nutzung molekularer Effekte für die Verfahrenstechnik folgen.

Nun zu den markt- und gesellschaftspolitischen Aspekten, aus denen sich der zweite Typ der Herausforderungen für die Verfahrenstechnik ableiten läßt (Abbildung 8).

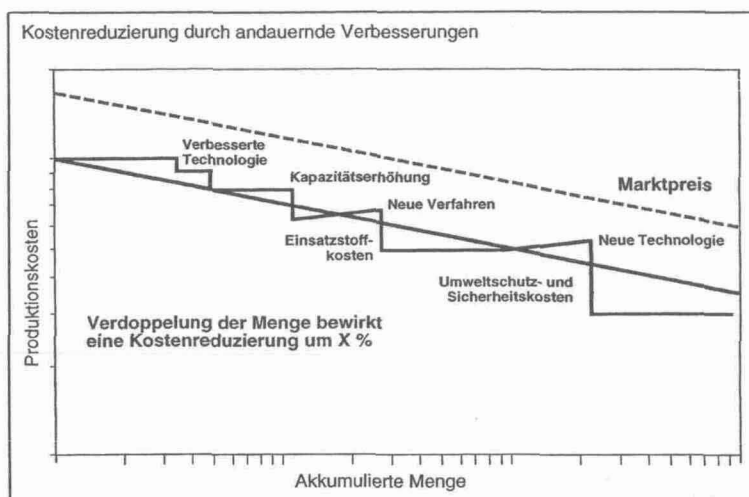


Abbildung 8: Lernkurve

Erfahrungen und hierauf aufbauende markt- und betriebswirtschaftliche Theorien sagen für viele Produkte eine Degression der Herstellkosten voraus: Eine Verdoppelung der hergestellten Menge bewirkt beispielsweise eine 5%/10% oder 20%ige Kostensenkung.

Diese Degression wird durch weiterentwickelte Technologien, Umstellung von Verfahren, größeren Produktionsanlagen oder Einsatz neuer Technologien bewirkt. In umgekehrte Richtung wirkt der überproportionale Anstieg der Einsatzstoffkosten - die üblichen Preissteigerungen sind hier "rausgerechnet", die Darstellung ist also inflationsbereinigt. Zu einem vorübergehenden Anstieg der Herstellkosten führen ebenso verschärfte Umwelt- und Sicherheitsauflagen, der dann wieder - so nehmen wir an - von einem Technologiesprung aufgefangen werden kann.

Der Vergleich der Herstellkosten mit dem bisherigen und dem erwarteten Verlauf der Marktpreise läßt erkennen, daß die Senkung der Herstellkosten zum Teil mit einer hohen Geschwindigkeit erfolgen muß, um wettbewerbsfähig zu bleiben, d.h. um zu verhindern, daß die Schere zwischen Marktpreis und Herstellkosten zugeht.

Die Herausforderungen an die Verfahrenstechnik lauten in diesem Zusammenhang:

1. Methoden und Strategien zu erarbeiten und bereit zu stellen, die einen frühzeitigen Markteinstieg mit einer kostengünstigen Herstelltechnologie bei gleichzeitig hoher Produktqualität sicherstellen (Stichworte in diesem Zusammenhang sind:

aussagefähige Laborversuche, mathematisch-physikalische Modellierung der Prozesse und Miniplanttechnologie zur Absicherung der Verfahrenskonzepte).

2. Methoden und Strategien zur Verfügung stellen, die eine Weiterentwicklung dieser Produkte und Verfahren unter Berücksichtigung der dynamischen Beziehung zwischen Erfahrungszugewinn, Technologiefortschritt und Marktpreisentwicklung quasi "on-line" ermöglichen.

Das Ziel, bei hoher Produktqualität und fortschrittlicher Herstelltechnologie zugleich mit möglichst niedrigen Herstellkosten zu starten und diese entsprechend der Lernkurve abzusenken, wird nur dann erreicht, wenn stets das Gesamtoptimum in den Blick genommen wird und nicht Einzelparameter übergewichtig fokussiert werden. Ein Abgleich über alle Leitgrößen muß vorgenommen werden (Abbildung 9). Hierzu ist es erforderlich, von den Kostenstrukturen eines jeden Einzelfalles ausgehend den Einfluß aller dort relevanten Parameter und deren Wechselwirkungen transparent zu machen.

An entsprechenden praktikablen systemtechnischen Werkzeugen fehlt es heute noch. Allenfalls die Wärmeintegrationsmethode und ihre sinngemäße Anwendung bei der Minimierung von Abwasserströmen oder die Anwendung von der Fertiigungstechnik entlehnter dynamischer Ablaufsimulatoren gehen in diese Richtung.

<u>Ziele</u>		<u>Leitgrößen</u>
Produkte herstellen:		
• in gewünschter Menge	⇒	Mengen-/Energiebilanz
• mit gleichbleibend hoher Qualität	⇒	Produktzustand
• sicher	⇒	kritische Produkt- und Anlagenzustände
• ressourcenschonend	⇒	Ausbeute, minimaler Energieeinsatz
• umweltschonend	⇒	Reststoffe
• zuverlässig	⇒	Prozeßführung, Verfügbarkeit
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
• wirtschaftlich	⇒	Kostenstrukturen

Abbildung 9: Prozeßintegration

Das folgende Beispiel soll das Potential der Analysen von Abläufen kontinuierlicher, aber insbesondere diskontinuierlicher Prozesse und deren logistische Einbindung verdeutlichen.

Bei der BASF wurde für die Produktion dreier Derivate einer Produktlinie auf der Basis einer detaillierten Ist-Aufnahme ein dynamisches Modell zur Simulation der Abläufe in Produktion, Lager und Versand unter Einbeziehung des speziellen Kundenverhaltens entwickelt. Der an sich kontinuierliche Produktionsprozeß war durch eine Vielzahl von energie- und damit kostenintensiven Wechseln im Produktmix der drei Stoffe gekennzeichnet, die durch kurzfristige Absatzschwankungen ausgelöst wurden.

Verschiedene, auf die Kunden abgestimmte Verkaufsszenarien konnten mit dem entwickelten Modell am Rechner durchgespielt und eine optimale Produktionsstrategie - mit möglichst wenigen Produktwechseln - erarbeitet werden.

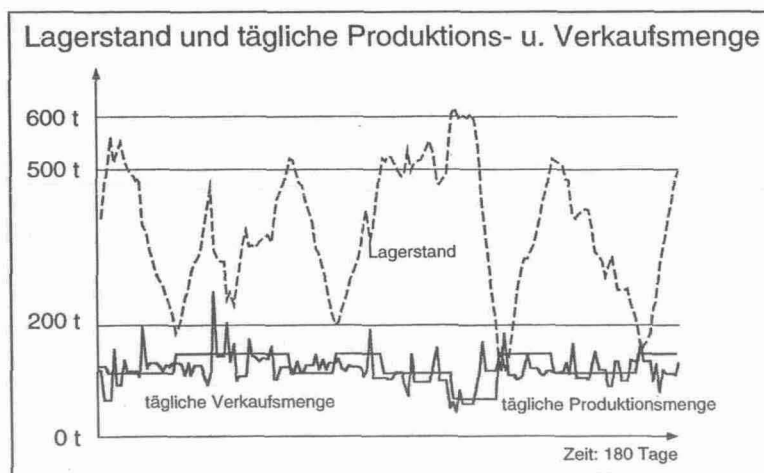


Abbildung 10: Dynamische Ablaufsimulation

Für einen der drei Stoffe ist in Abbildung 10 dargestellt wie bei Unter- bzw. Überschreitung von festgelegten Lager-Grenzwerten die Umstellung auf eine von drei Produktionsmengenstufen erfolgt, die unabhängig von kurzfristigen Absatzschwankungen ist. Damit wurde erreicht, daß der Lagerbestand (gebundenes Kapital) um 30% und die energieintensiven Produktionsumstellungen im laufenden Betrieb um 80% reduziert werden konnten. Die Reduzierung der Produktionsumstellungen ent-

spricht einer Kosteneinsparung von einer halben Million DM/Jahr und schafft zusätzlich die Möglichkeit einer Kapazitätserhöhung in der vorhandenen Anlage bzw. einer geringeren Tankkapazität für Neuanlagen.

Derartige rechnerische Simulationen erlauben es, Einzelprozesse besser und schneller in den Gesamtzusammenhang zu stellen und so den Einfluß unterschiedlicher Randbedingungen auf die Gestaltung des Prozesses und der Anlage ausreichend zu berücksichtigen.

### Konsequenz für die Universitäten

#### *Wissensbasis*

Betrachtet man die wichtigsten zukünftigen Herausforderungen an die Verfahrenstechnik, so wird deutlich, in welche Richtung die verfahrenstechnische Wissensbasis weiterentwickelt werden muß. In Abbildung 11, die die Positionierung der Verfahrenstechnik und des Chemieingenieurwesens zwischen Chemie und Maschinenbau wiedergibt [3], sind die erwarteten Trends gekennzeichnet.

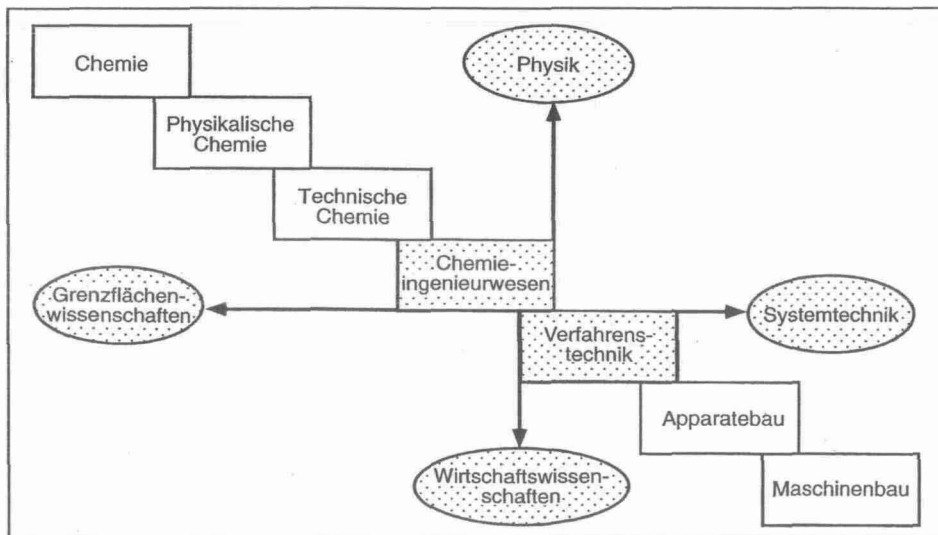


Abbildung 11: Zukünftige Orientierungen

Zusammengefaßt gilt:

In der Chemie geht der Trend hin zu molekularen Systemen. Hieraus und aus dem Bedarf, die Katalyse besser zu verstehen und disperse Systeme mit hoher Qualität reproduzierbar herzustellen, ergibt sich für die Verfahrenstechnik die Notwendigkeit, sich mit den molekularen Eigenschaften und Wechselwirkungen zu beschäftigen und die Transportvorgänge in den Grenzflächen mit verfahrenstechnischen Methoden zu beschreiben. Die verstärkte Kooperation der Verfahreningenieure mit der Chemie und der Physikalischen Chemie auf diesem Gebiet ist erforderlich. Hierzu muß zumindest von einem Teil der Verfahreningenieure ein vertieftes Wissen über die Grenzflächenchemie im Rahmen der Ausbildung erworben werden. Die erfolgreiche verfahrenstechnische Forschung auf diesem Gebiet setzt ferner die Einbeziehung neuer physikalischer Meßmethoden voraus.

Um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können, müssen unsere Verfahren und Produkte mit hoher Geschwindigkeit entwickelt und weiterentwickelt werden. Systemtechnische Ansätze, wie sie beispielsweise in der Fertigungstechnik heute nicht mehr wegzudenken sind, müssen auch in die Verfahrenstechnik einbezogen werden, wobei die Anwendung wirtschaftswissenschaftlicher Modelle (Life-Time-Betrachtungen, Zuverlässigkeitstechnik und Marketingkonzepte) auf die Gestaltung unserer Produktionsanlagen und -abläufe keine Utopie, sondern eine "Überlebensnotwendigkeit" ist.

Dies ist zunächst einmal die Sicht der Verfahrenstechnik in der Chemie. Wie Diskussionen mit Vertretern anderer Branchen - so z. B. der Lebensmittelindustrie und des Anlagenbaus - deutlich machen, werden dort ähnliche Trends gesehen.

Es bleiben noch die Fragen nach dem zukünftigen Bedarf an wissenschaftlichem Nachwuchs und nach einer optimalen Gestaltung des Wissenstransfers zwischen Hochschule und Industrie.

#### *Ausbildung*

Bezüglich des Bedarfs an Hochschulabsolventen für die Chemische Industrie möchte ich auf die jüngsten Veröffentlichungen verweisen, die für die nächsten Jahre eine Zahl von ca. 150 Verfahreningenieure pro Jahr prognostizieren [4]. Voraussetzung für diesen mittleren Bedarf ist, daß sich die Umsätze der deutschen Chemischen Industrie weiterhin positiv entwickeln (Abbildung 12).

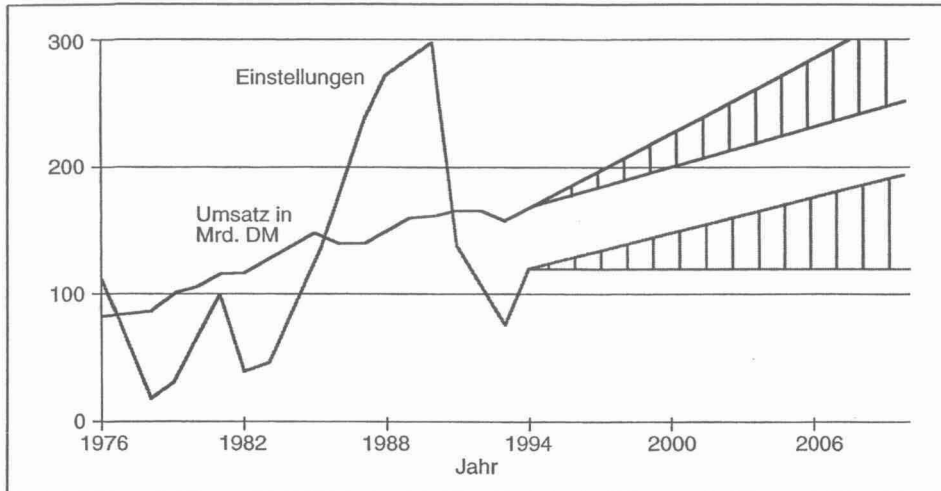


Abbildung 12: Umsatz Chemische Industrie und Einstellungen Verfahreningenieure

Mit kurzfristigen, von der jeweiligen Konkurrenzturlage abhängigen Einstellungsschwankungen muß dabei sicher auch in Zukunft gerechnet werden. Diese zum Teil extremen Schwankungen sollten jedoch nicht als Argumentationsbasis bei Kapazitätsberechnungen an den Universitäten herangezogen werden. Ferner ist zu berücksichtigen, daß der Anteil der Absolventen, der bei Auslastung der Ausbildungskapazitäten in die Chemie-Branche wechselt, nur 20% beträgt.

Über die von den Verfahreningenieuren in der industriellen Praxis wahrzunehmenden Aufgaben gibt das in Abbildung 13 - exemplarisch für unser Unternehmen - dargestellte Tätigkeitsprofil Auskunft.

Die vielfältigen Aufgaben, die ein Verfahreningenieur im Laufe seiner beruflichen Tätigkeit wahrnimmt, die schnelle Weiterentwicklung der Wissensinhalte und der Gegenstandsbereiche, auf die sie anzuwenden sind, lassen es nach wie vor ratsam erscheinen, an einer fundierten Grundlagenausbildung festzuhalten. Bezüglich der Vertiefungsfächer ist jedoch eine weitere Diversifikation und eine an dem zukünftigen Bedarf ausgerichtete Anpassung der Vertiefungsrichtungen erforderlich.

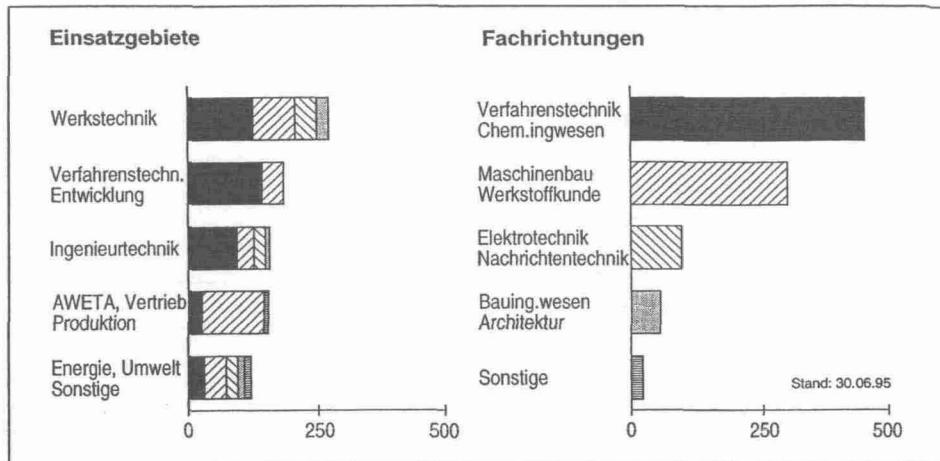


Abbildung 13: Diplom-Ingenieure (TU) in der BASF

### Wissenstransfer

Im Hinblick auf den Wissenstransfer ist meine persönliche Sicht die folgende: Forschungsk Kooperationen zwischen Hochschule und Chemischer Industrie werden in dem Maße zunehmen, wie die Hochschulen in der Lage sind, die Aufgabe zu übernehmen, neue Technologien voranzutreiben. Es ist zu wünschen, daß die Hochschulen hierfür ausgerüstet sind.

Die Frage, in welchem Umfang die Hochschule die Aufgabe der Weiterbildung übernehmen kann und will, muß in den nächsten Jahren diskutiert werden. Der Anspruch, Technologieführerschaft zu haben und zu halten, setzt ein Ausbildungskonzept voraus, das der rasanten Entwicklung des Wissens Rechnung trägt und daher "lebenslanges Lernen" einschließt.

### Literaturverzeichnis

- [1] Wintermantel, K., Beck, J.: Verfahrenstechnik in der BASF - Stationen ihrer Geschichte. Festschrift 75 Jahre Verfahrenstechnik, BASF, 1993, S. 14 - 23.



- [2] Quadbeck-Seeger, H.-J.: Chemistry for the Future - State of the Art and Perspectives. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 29 (1990), S. 1177 - 1188.
- [3] Cremer, H.: *Achema 1991*, GVC · Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen.
- [4] Frey, W.: Wandel in der Verfahrenstechnik - Anforderungen an die Ausbildung. *Chem.-Ing.-Tech.*, 67 (1995), S. 155 - 159.