

# Der Beitrag des Ingenieurs bei Entwicklung und Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen

Autor(en): **Hümbelin, Karl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **112 (1994)**

Heft 24

PDF erstellt am: **16.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78461>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Der Beitrag des Ingenieurs bei Entwicklung und Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen

**Es gibt heute viele Ingenieurdisziplinen, die in verschiedenen Bereichen der chemischen Industrie vertreten sind. Wir beschränken uns hier auf Betrachtungen, die mit der Produktion zusammenhängen. Faktoren, welche heute die Situation und die Aufgaben des Ingenieurs in der Basler Chemieindustrie beeinflussen, sind wirtschaftsgeographische, geschichtliche, umweltsituative und ökonomische. Nachfolgend soll der unternehmerische Beitrag des Ingenieurs von der Entwicklung bis zum Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen nach diesen Schwerpunkten betrachtet werden.**

## Die wirtschaftsgeographische Ausgangslage

Die Schweiz ist ein rohstoffarmes Land. Aus dieser Not hat die Schweizer Industrie eine Tugend gemacht. Die Indu-

VON KARL HÜMBELIN, BASEL

strie musste und muss sich auf die Veredelung von eingeführten Rohstoffen konzentrieren. Der Grossteil der Produkte, welche in der Schweizer Industrie früher und heute erfolgreich hergestellt werden, zeichnen sich durch eine hohe Wertschöpfung aus. Auch die chemische Industrie im Raume Basel konzentrierte sich auf «Spezialitäten». Sicher sind heute nicht mehr alle Produkte, welche einmal zum Erfolg einer Firma beigetragen haben, Produkte mit grosser Wertschöpfung.

Geblichen ist jedoch die Tatsache, dass es sich im Pharmabereich, im Feinchemikalienbereich, im Farbstoffbereich und bei vielen Agro-Erzeugnissen pro

Produkt oft um relativ kleine Tonnagen handelt. Zudem war und ist die Anzahl der hergestellten Produkte oft gross. Daraus hat sich in der Basler Chemie in vielen Produktionsbereichen die Mehrzweckanlage mit chargenweisem Betrieb ergeben. Dieser Anlagentyp hat eine grosse Flexibilität bezüglich Menge und Produktsortiment. Das Kernstück in den Syntheseanlagen ist ein Reaktor in Kübel- oder Kesselform (Bild 1). Das war von Anbeginn der Basler Chemischen so und ist es im Grundkonzept auch heute noch, womit nicht gesagt sein soll, dies sei die einzige und richtige Lösung.

## Rückschau

Man kann die Geschichte [1, 2] nicht ausser acht lassen, wenn man die Situation des Ingenieurs, seine Rolle, seinen Beitrag in der chemischen Industrie, hier vor allem in der Basler Chemie, beleuchtet. Viele Verhaltensweisen und Situationen, die früher entstanden sind, haben heute noch ihre Nachwirkung.

Leicht überarbeiteter und gekürzter Vortrag, gehalten am 19.10.1993 an der Tagung der Fachgruppe für Verfahrens- und Chemieingenieur-Technik des SIA anlässlich der ILMAC 93 in Basel. Bereits in dieser Reihe abgedruckte Referate:

– «Die unternehmerische Aufgabe des Ingenieurs und des technischen Naturwissenschaftlers», W. Regenass, SI+A 19, 5.5.1994, S. 325.

Die Basler Chemie ist seit mehr als hundert Jahren erfolgreich tätig. Tobias Studer [3] beschreibt in seinem lesenswerten Artikel den Beruf des Chemikers vom Anfang der Basler Chemie bis heute in drei wesentlichen Phasen:

- Chemiker der ersten Generation vom Anbeginn bis etwa 1940
- Die zweite Generation bis etwa zur Ölkrise 1973
- Die dritte Generation bis heute

Den Beruf des Ingenieurs und die Anlagen in der Basler Chemie kann man in denselben Zeitabschnitten betrachten.

Wenn wir in die Archive gehen und die Bilder von Anlagen der ersten Generation betrachten, die in den zwanziger Jahren entstanden sind (Bild 1), so ist daraus ersichtlich, dass keine Ingenieure im heutigen Sinne am Entwurf der Anlagen beteiligt gewesen sein können. Für solche Anlagen war keine Ingenieurwissenschaft notwendig. Die Chemiker der ersten Generation hatten Küfer, Rohrschlosser und andere Handwerker zur Verfügung, die Anlagen nach ihren Vorstellungen bauten (Bild 2). Das Anlagenkonzept und die Einheitsoperationen dürften vor allem auf den Erfahrungen im Labor aufgebaut gewesen sein, denn die Anlagen waren nichts anderes als vergrösserte Laboranlagen

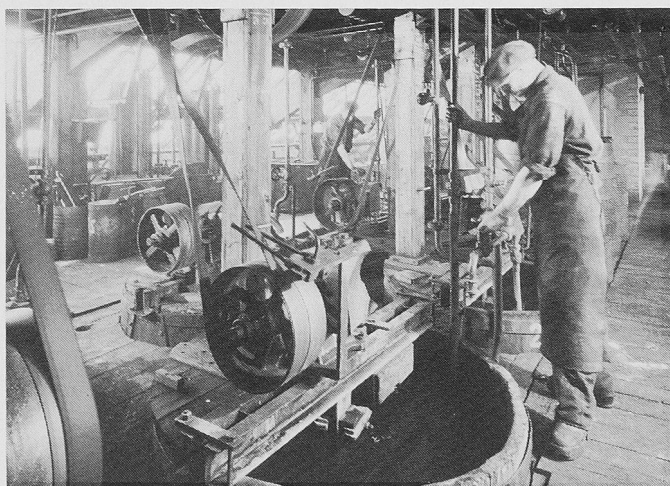


Bild 1. Farbstoffchemie, Syntheseanlage der ersten Generation

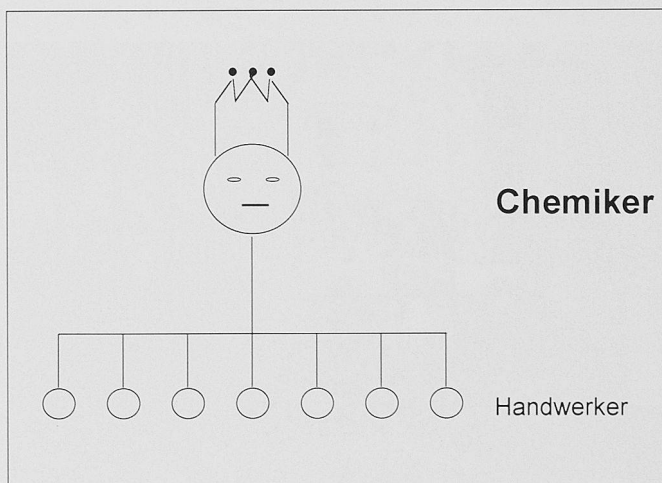


Bild 2. Projektorganisation für Anlagen der ersten Generation

| Labortechnologie          | Produktionstechnologie       |
|---------------------------|------------------------------|
| Sulfierkolben/Reagenzglas | —> offene Vorlage/Rührkessel |
| Labornutsche              | —> offene Filterpresse       |
| Mörser                    | —> offene Mahlanlage         |
| Destillationskolonne      | —> Destillationskolonne      |
| Trockenschrank            | —> Trockenschrank            |

Tabelle 1. Vergleich der Technologien der ersten Generation im Labor mit denjenigen, welche in der Produktion verwendet wurden (zu Beginn des 20. Jahrhunderts)

(Tabelle 1). Dies genügte durchaus den Anforderungen jener Zeit.

Der damalige Chemiker muss wohl eine Art Universalgenie gewesen sein: Forscher, Entwickler, Chemie-Anlagendesigner, Produktionschef, Marketingmann, mit viel Kompetenzen ausgestattet, Prestige und Privilegien [1]. Auch war er gewohnt, sein Know-how für sich zu behalten. Interdisziplinäres Arbeiten war zu jener Zeit unbekannt. Die Projektorganisation zur Entwicklung, Planung und Ausführung einer Chemieanlage dürfte recht einfach gewesen sein (Bild 2).

Im Jahre 1853 wurde die «Ecole spéciale de Lausanne», die spätere EPUL, als private Ausbildungsstätte für Ingenieure gegründet. 1855 [4] entstand in Zürich das Polytechnikum, die spätere ETH, mit sechs selbständigen Abteilungen:

- Bauschule (Architektur)
- Ingenieurschule (Strassen, Eisenbahn, Brückenbau)
- mechanisch-technische Schule (Konstruktion, Maschinenbau)
- chemisch-technische Schule
- Forstschule
- Schule der mathematischen und naturwissenschaftlichen Disziplinen (inkl. literarisch-staatswissenschaftlichen Fächern)

Die damaligen Ingenieurdisziplinen waren vor allem auf die Unterstützung

des aufstrebenden Bahn- und Verkehrswesens und der wachsenden Maschinenindustrie ausgerichtet. Den Absolventen des Polytechnikums wurde zu Beginn der Status eines Akademikers aberkannt und zudem ihre Tätigkeit möglicherweise als nicht naturwissenschaftlich abgetan. Der Weg eines «nichtchemischen» Polytechnikers von Zürich nach Basel, der traditionsbewussten Universitätsstadt, dürfte im ersten Drittel dieses Jahrhunderts recht steinig gewesen sein.

Der Stand der Technik zu jener Zeit im mechanischen Bereich war jedenfalls weiter entwickelt als der technische Stand der in den Bildern gezeigten Anlagen. Die Ansprüche an die Produktqualität, Ökologie und Sicherheit und damit an die Anlagentechnik waren offensichtlich noch niedrig, mögliche ingenieurtechnischen Anlagenverbesserungen wurden noch nicht verlangt oder waren auch nicht notwendig, um auf dem Markt erfolgreich zu sein und den gesellschaftlichen Anforderungen Genüge zu tun. Ein Ausbildungszweig Chemieingenieurtechnik oder Verfahrenstechnik am Polytechnikum oder an anderen Hochschulen war noch in weiter Ferne.

Nach dem Krieg setzte die starke Entwicklung der chemischen Industrie ein. In diesem Zeitraum wurden in der Basler Chemie auch andere Akademiker als nur Chemiker angestellt, nämlich Ärzte, Informatiker, Biochemiker, Na-

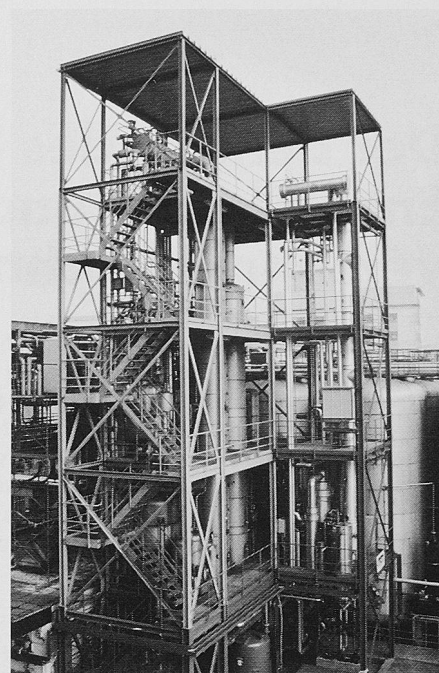


Bild 4. Nachgeschaltete Abluftreinigungsanlage für mit organischen Lösungsmitteln befrachtete Abluft, Baujahr 1991

tionalökonomien, Betriebswirtschaftler und Juristen. Es wurden auch Ingenieure, vor allem HTL und Zeichner/Konstrukteure, eingestellt. Der Einfluss der Ingenieure auf ein Anlagenkonzept dürfte noch klein gewesen sein (Bild 3). Ihr Beitrag beschränkte sich vor allem auf Auslegungsaufgaben der technischen Infrastruktur, der vornehmlich Mehrzweckanlagen wie Wärmeaustauscher, Heizungs- und Kühlanlagen, der Vakuumsysteme, Reinigungsanlagen von Staub und anorganischer Abluft und allenfalls Projektmanagement. Das Anlagenkonzept und die Auswahl der Grundoperationen, wie Rührwerke, Filtrationsapparate, Trocknungsapparate, Destillationskolonnen, wurde noch sehr stark von den

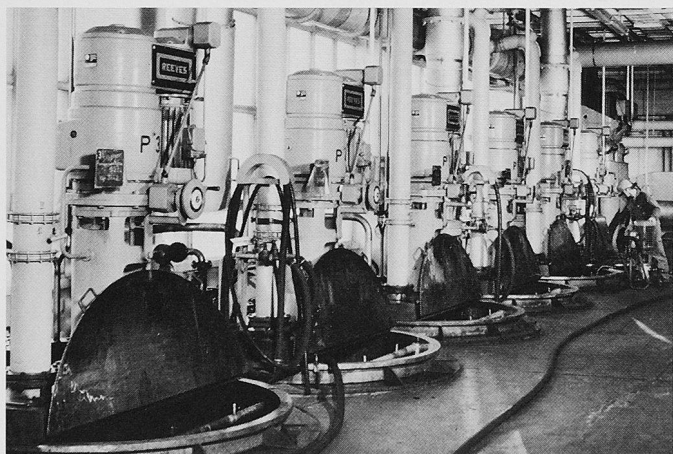


Bild 3. Farbstoffchemie, Syntheseanlage der zweiten Generation

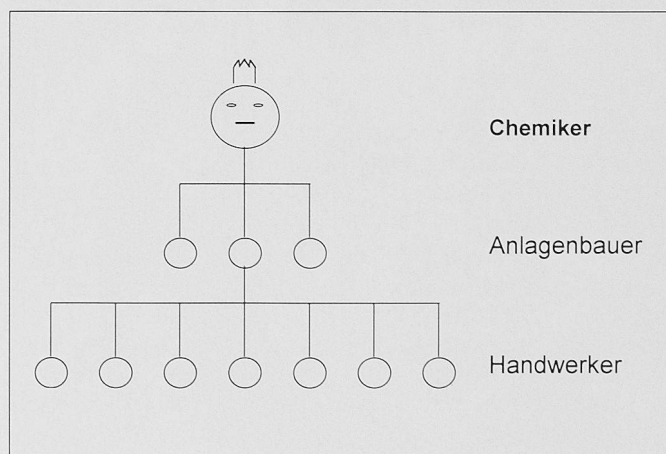


Bild 5. Projektorganisation für Anlagen der zweiten Generation

betriebs erfahrenen Chemikern bestimmt. Man dachte in dieser Periode schon an die Reinigung von umweltrelevanten anorganischen Gasen (ohne gesetzliche Zwänge). Auch die Planung der grossen Abwasserreinigungsanlagen wurde in Angriff genommen. Das Grundkonzept: die «End of Pipe»-Anlage (Bild 4).

Die Fähigkeit, das Know-how der technisch-wissenschaftlichen Auslegung der verfahrenstechnischen Grundoperationen in der Spezialitätenchemie war noch in Entwicklung. Die Projektorganisation zur Konzipierung, zur Planung und zur Ausführung einer Chemieanlage der zweiten Generation sowie die Anlage selbst waren auch relativ einfach (Bild 5).

Zur Entwicklung und Planung der chemischen Produktion der dritten Generation stiessen nun allmählich auch speziell in chemischer Prozesstechnik ausgebildete Ingenieure. Vor allem in der Schweiz entwickelte sich an den Schulen relativ spät eine Disziplin «Verfahrenstechnik». An der ETHZ wurde 1962 der Lehrstuhl für Verfahrenstechnik an der Abteilung für Maschinenbau eröffnet. (Der Vorläufer, das Institut für calorische Apparate und Kältetechnik, existierte schon seit 1952.) Die Studenten konnten sich nun, nach einem Grundstudium, in Reaktortechnik und mechanische Verfahrenstechnik vertiefen. Dieses Studium war von Anbeginn mit einer interdisziplinären Öffnung zur Chemie gedacht. Der Schwerpunkt der Ausbildung war und ist jedoch im apparate- und maschinentechnischen Bereich.

In der Chemieabteilung der ETHZ wurde 1963, in Anlehnung an die Ausbildung des Chemical Engineers in den angelsächsischen Staaten, die Möglichkeit geschaffen, als Dipl. Ingenieurchemiker abzuschliessen. 1969 wurde daraus das Curriculum des Chemieingenieurs geschaffen. Dieser Ingenieur besitzt eine ausgezeichnete Grundausbildung in Chemie, darauf aufbauend werden die Grundoperationen der technisch-chemischen Prozesse der Stoffumwandlung gelehrt. Den Ablaufmechanismen der chemischen Prozesse wird grosse Beachtung geschenkt. Auch dieses Studium umfasst eine interdisziplinäre Öffnung, jedoch zum Maschinenbau.

Enttäuschung dürfte es wohl dem jüngeren Verfahreningenieur bereitet haben, wenn er noch Anfang der achtziger Jahre als Dr. der technischen Wissenschaften, Absolvent der verfahrenstechnischen Abteilung der ETHZ, keine Stoffe und Produkte wissen durfte, welche in der Anlage produziert werden sollten, die er als Projektleiter plan-

|     |             | 1. Priorität | 2. Priorität | Beeinflussung durch    |
|-----|-------------|--------------|--------------|------------------------|
| 68% | Material    | Chemiker     | Ingenieur    | Synthese-Forschung     |
| 8%  | Löhne       | Ingenieur    | Chemiker     | Automationsgrad        |
| 8%  | Amort.      | Ingenieur    | Chemiker     | Investitionskosten     |
| 8%  | R + U       | Ingenieur    | Chemiker     | Qualität der Anlagen   |
| 8%  | Energie/Öko | Ingenieur    | Chemiker     | Qualität der Anlagen   |
|     |             | Chemiker     | Ingenieur    | Qualität des Prozesses |

Tabelle 2. Typische Herstellungsstruktur einer Spezialität

te und ausführte. In einer industriellen Organisation lösen sich die Mitarbeitergenerationen nur allmählich ab. Dem in dieser Zeitperiode in die Basler Chemie eingetretenen Autor und Ingenieur war es damals auch nicht klar, wieso in einer Projektbesprechung immer ein Ingenieur das Protokoll schreiben musste oder wieso die Sitzungen immer in Gebäuden der Chemiker abgehalten werden mussten.

Für die ältere Generation von Produktionschemikern und Anlagenbauern war ein gut geschulter Hochschulingenieur, jedoch ohne berufliche Erfahrung, zunächst wohl eher lästig und wurde als unnötiger Konkurrent empfunden. Wo er nützlich eingesetzt werden könnte, war wohl auch oft unklar. Was kann ein Verfahrens- oder Chemieingenieur denn in der Spezialitätenchemie beitragen? Auf diese Frage und auf die naturwissenschaftliche Erarbeitung und Ausführung der Anlagen der dritten Generation soll im nächsten Kapitel kurz eingegangen werden.

### Umwelt und ökonomische Faktoren

Das Thema soll zunächst anhand der Herstellungskostenstruktur eines che-

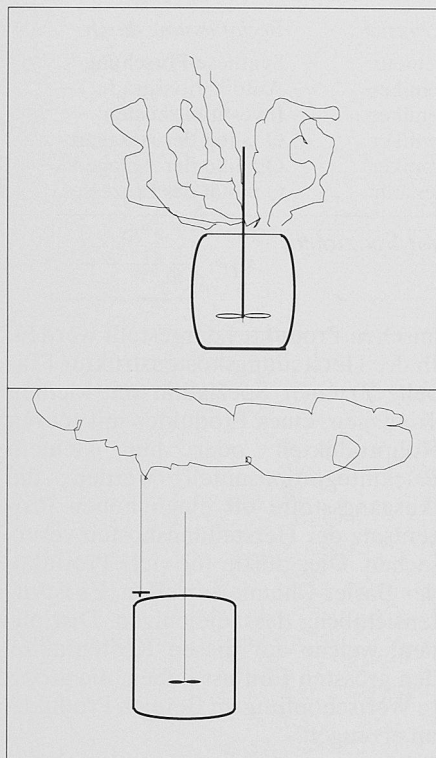
mischen Produktes dargestellt werden. In der Herstellungskostenstruktur (Tabelle 2) einer Spezialität mit kleinen Tonnagen, eines Produktes mit teuren Rohprodukten oder mit kleinem Rückintegrationsanteil werden die Ausgangsstoffe oft einen hohen Prozentsatz der Herstellungskosten verursachen. Dies dürfte für viele Produkte der Basler Chemie zutreffen. Es ist offensichtlich, dass diejenigen Disziplinen, welche auf diesen Kostenfaktor den grössten Einfluss haben, die grösste Wertschöpfung im Bereich Produktion erzeugen.

Der Syntheseforscher hat durch die Entwicklung geeigneter Synthesen mit der zugehörigen Auswahl der dafür notwendigen Ausgangsstoffe einen dominierenden Einfluss auf die Herstellungskosten. Aber auch der Chemieingenieur mit seinen Kenntnissen über reaktionskinetische Mechanismen und den daraus ableitbaren Potentialen zur Verbesserung der Selektivität der Reaktionen kann einen substantiellen Beitrag leisten. Zudem kann er durch seinen Beitrag Wesentliches leisten, um die Einheitsoperationen an der Quelle emissionsarm zu entwerfen.

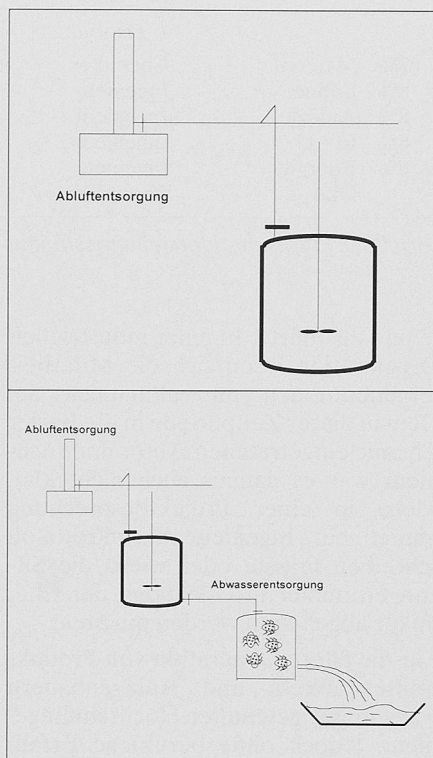
Auch die anderen Kostenkomponenten sind in prozentualen Anteilen und in ab-

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Priorität<br><b>Vermeiden<br/>(an der Quelle)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung der Selektivität der Prozesse</li> <li>• Auswahl ökologisch, sicherheitstechnisch besserer Ausgangsstoffe</li> <li>• Katalysatordesign</li> <li>• Immobilisierte Katalysatoren</li> <li>• Entwicklung geschlossener Prozesse</li> <li>• neue Reaktortechnik</li> <li>• verbesserte Verfahrenstechnik der Einheitsoperationen</li> <li>• Erhöhung des Automatisationsgrades</li> </ul> <p>Durch interdisziplinäre Syntheseforschung und Entwicklung</p> |
| 2. Priorität<br><b>Verwerten<br/>(Recycling)</b>                | Syntheseentwicklung/Rückführung von Strömen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3. Priorität<br><b>Vermindern<br/>(Inertisieren, Entsorgen)</b> | Unkostenminimierung durch geeignete Prozessführung und Anwendung der adäquaten Entsorgungsverfahrenstechnik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

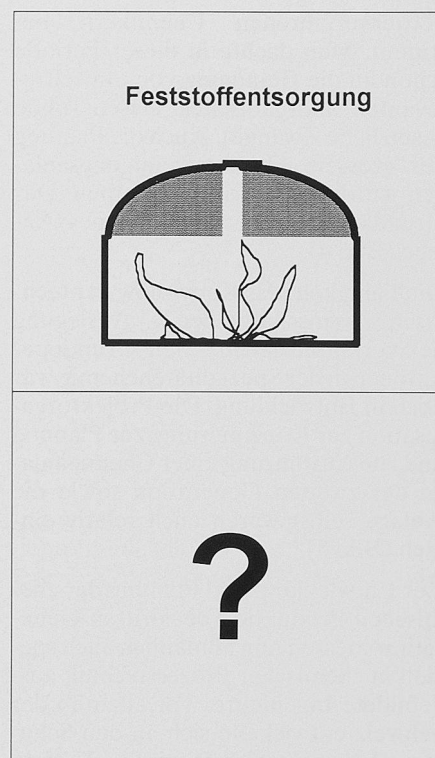
Tabelle 3. Die einzuschlagende Ökostrategie im Chemieanlagenbau, mit Skizzen von einigen dazugehörenden Tätigkeiten



Geschlossene Reaktoren



Abluft- und Abwasserreinigung



Verbesserungstechnologie

Bild 6. Die historischen Phasen der Abläufe zur Verminderung der Emissionen

soluten Zahlen nicht mehr vernachlässigbar klein und wachsen noch durch den Druck von aussen vor allem im ökologischen und sicherheitstechnischen Bereich. Zudem gibt es viele wertvolle Produkte, bei welchen Produktionskostenanteile so zusammengesetzt sind, dass sie dominierend durch ingenieurtechnische Tätigkeiten beeinflusst werden bzw. die Margen vergrössert werden könnten.

Von den sich zurzeit in rascher Veränderung befindenden externen Faktoren, wie gesellschaftliche Entwicklung, technologisches und ökonomisches Umfeld, soll hier eine Folge des wachsenden ökologischen Bewusstseins auf die Prozessentwicklung skizziert werden. Dabei sollen vor allem die Ökologie- und Sicherheitskosten hervorgehoben werden. Es liesse sich eine Ge-

schichte der verpassten Chancen schreiben. Die in der Vergangenheit und auch in der näheren Zukunft steigenden Investitionen und Betriebskosten in diesen Bereichen hängen damit zusammen, dass man sich aus Versäumnis- und Zeitgründen vor allem auf den letzten Ast der Ökologiestrategie (Tabelle 3) konzentrieren musste (Bild 6). Der letzte Streich in dieser Richtung ist die Grossofentechnologie. Es soll damit nicht gesagt werden, dass wir diese Technik nicht brauchen. Es wäre jedoch schön und richtiger, wenn wir sie auf kleinere Mengen auslegen könnten.

Durch die Konzentration der interdisziplinären Bemühungen auf die erste Priorität der Ökostrategie (Tabelle 3) kann zusätzliche Wertschöpfung geschaffen werden, und nur so kann eine nachhaltige Entwicklung erzielt wer-

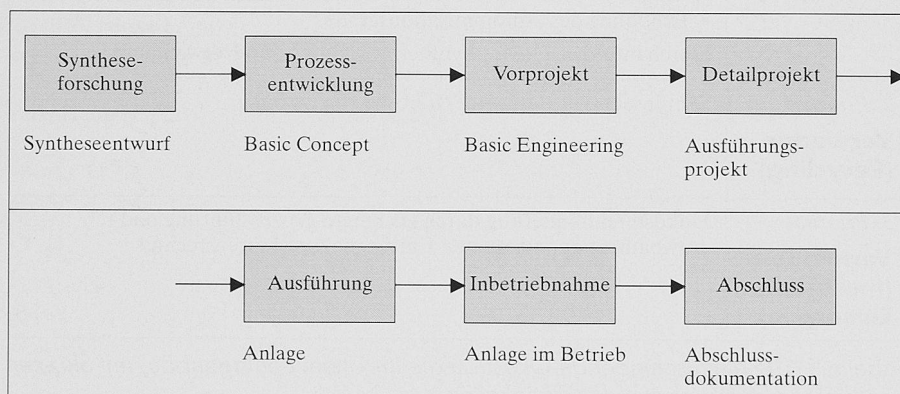
den. Das Konzentrieren auf die erste Priorität in der Ökostrategie setzt ein etwas längeres Vorausdenken, das heisst eine längerfristige Produktionsstrategie, voraus, in welcher auch versucht werden muss, die lange Lebensdauer unserer Anlagen (mehr als 30 Jahre) einzubeziehen.

### Schlussbemerkung

Neue Prozesse und Anlagentechnik, welche

- ökologischer,
- sicherer und
- ökonomischer

sind, verlangen eine entsprechende Entwicklungszeit (Bild 7). Ohne die notwendigen Ressourcen und Zeit wird



### Quellen

- [1] Sandoz, 100 Jahre für ein Leben mit Zukunft. Sandoz Bulletin 1986
- [2] Sandoz-Archiv
- [3] Tobias Studer: Das Berufsbild des Chemikers im Wandel der Zeit. Chimia 46 (1992), 433-440
- [4] ETH Zürich, Festschrift zum 125jährigen Bestehen, Verlag NZZ, 1980

Bild 7. Prozessentwicklung und Chemieanlagenbau dritte Generation

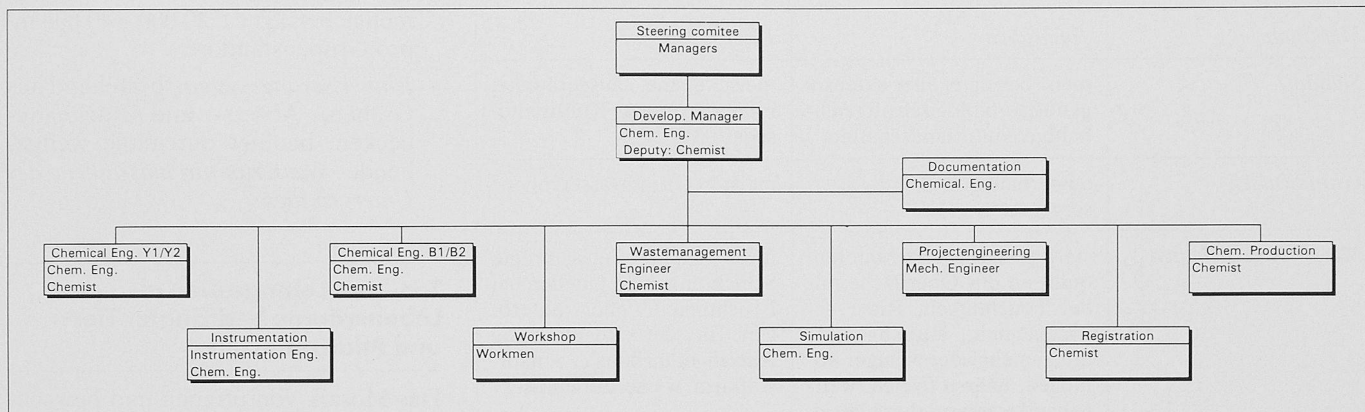


Bild 8. Prozessentwicklung dritte Generation, interdisziplinäre Organisation

man immer in die gestrigen Technologien zurückfallen. Mit den traditionellen Anlagenkonzepten sind die drei Ziele nicht zu erreichen.

Das heutige Team (Bild 8), das beim Bau von Chemieanlagen der dritten Ge-

neration für die Verfahrensentwicklung und Anlagenkonzeption verantwortlich ist, ist interdisziplinär zusammengesetzt. Professionals und keine Könige sind erforderlich! Auch der Ingenieur wird in diesem Umfeld einen unternehmerischen, wertschöpfenden Beitrag

zur anhaltenden Entwicklung der Chemie leisten.

Adresse des Verfassers: K. Hümberlin, Dipl.-Ing. ETH, Sandoz Technologie AG, Postfach, 4002 Basel

## Tongruben im Spannungsfeld zwischen Materialabbau und Artenschutz

**Ein wirtschaftlicher Rohmaterialabbau einerseits und die Erhaltung von Lebensräumen bedrängter Tier- und Pflanzenarten andererseits stellen nicht zwingend gegensätzliche Interessen dar, die sich ausschliessen. Vielmehr können in Tongruben, beeinflusst durch die Abbaudynamik, artenreiche Sukzessionsflächen gefördert werden. Umfassende Abbau- und Rekultivierungsplanungen mit integrierten Pflegekonzepten eröffnen Möglichkeiten, die Rohstoffgewinnung mit den Anliegen des Arten- und Biotopschutzes in Einklang zu bringen**

Die Tongruben der Ziegelindustrie und deren nähere Umgebung zeichnen sich aus durch eine natürliche Vielfalt an Le-

VON CHRISTOPH MEYER, FRICK,  
THOMAS MUMENTHALER,  
ZÜRICH, ANDRÉ SEIPPEL,  
BADEN

bensräumen für Pflanzen und Tiere. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass Naturschutzkreise schon sehr früh ein grosses Interesse an aufgelassenen Gruben bekundeten. In jüngster Zeit richtet sich das Augenmerk vermehrt auch auf die Abbauf Flächen. Felduntersuchungen haben nämlich ergeben, dass gerade hier wegen der geringen Abbauintensität wertvolle Pionierflächen für Fauna und Flora entstehen. Die be-

sondere Lage der Abbaustandorte, eine flächenintensive, zeitlich geraffte Abbautätigkeit und die Materialeigenschaften des Tones erfordern im Planungs- wie im Abbauprozess andere Betrachtungsweisen, als dies für den Kiesabbau bekannt ist (Tabelle 1). Im folgenden Beitrag soll gezeigt werden, wie mit der Abbau- und Rekultivierungsplanung und dem begleitenden Pflegekonzept die Abbautätigkeit in Tongruben auf sinnvolle Weise mit den Anliegen des Arten- und Biotopschutzes in Einklang gebracht werden kann.

### Wirtschaftliche Bedeutung der Tongewinnung

Ziegeleirohstoffe gehören zu den wenigen Rohmaterialien, welche in unserem

Land stets in ausreichender Menge verfügbar waren. Die heute noch vorhandenen Vorkommen sind umfangreich. In der Realität wird jedoch die Versorgungsautonomie durch gesetzliche Hürden und Nutzungskonflikte in zunehmendem Masse in Frage gestellt. Die längerfristige Sicherung der Rohstoffreserven wird damit für den einzelnen Betrieb immer mehr auch zur Existenzfrage. Hinzu kommen als weitere Besonderheiten die starke Ortsgebundenheit sowie hohe Investitionen in die Produktionsbetriebe. Dabei gilt es zu bedenken, dass Ziegeleirohstoffe keine Handelsware sind, sondern über einen aufwendigen Fabrikationsprozess zu wertvollen Produkten übergeführt werden.

### Lage und Verbreitung der Abbaustandorte

In der Schweiz werden zurzeit an über 50 Abbaustandorten jährlich ca. 1,4 Mio. m<sup>3</sup> Rohmaterial für die Ziegelindustrie gewonnen. Wichtigste Basisrohstoffe sind einerseits die Molassemergel und -sande des Tertiärs, andererseits der Opalinuston des Dogger. Weitere Materialien wie Bänderton, Löss- und Schwemmlehm finden sich in quartären Ablagerungen. Geographisch liegen die Abbaustellen vorwiegend im Mittelland sowie im Nordostjura und Randengebiet. Im Gegensatz zu den Kiesgruben befinden sich die