

Die Zukunft von Forschung und Entwicklung in der Farbenindustrie**

Hansjörg Heller*

Manch ein namhaftes Chemieunternehmen hat in neuerer Zeit seinen überkommenen Firmennamen modernisiert, zumeist gestrafft; bei solchem «face lift» verschwanden häufig äussere Merkmale der dazumal überragenden Bedeutung der Farbstoffchemie. Wird das Image der Chemie der Farben blässer, zeigt es Runzeln als Zeichen des Verwelkens nach der Blüte? Antworten auf diese Frage bot soeben das Internationale Farbensymposium^[1,2] das vom Schweizerischen Chemiker-Verband unter dem Patronat der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft und der Basler Farbenfabriken veranstaltet wurde. Im folgenden Beitrag werden historischer Hintergrund und Perspektiven der industriellen Farbenchemie beschrieben.

... die Lust, dorthin Farben zu zaubern, wo es sonst keine gibt ...

Eine Welt ohne Farben kann sich nur ein total Farbenblinder «farbig» vorstellen. Für jeden Menschen, der sich einer normalen Farbsichtigkeit erfreut, wäre eine über uns hereinbrechende schwarz-weiße Welt ein graues, langweiliges und deprimierendes Einerlei. Mit der Menschwerdung einhergegangen sind die Freude und die Lust, dorthin Farben zu zaubern, wo es sonst keine gibt. Ergriffen davon wurde einst das Höhlenmädchen, das die erste Frühlingsblume in sein Haar steckte, sowie in unseren Tagen der Sprayer von Zürich, der auch dort Farbe hinzauberte, wo keine sein darf.

Die menschliche Beschäftigung mit der Farbe entspringt der Ästhetik. Das frühe Farbiggestalten von eintönigen Flächen an Behausungen, von gräulichen bis gelblichen Geweben war eine Kunst: vom Handwerklichen bis zum Gestalterischen. Und blieb es auch bis in die jüngste Vergangenheit: Die Nuance zu treffen, Beständigkeit

– oder wie man heute sagt, die Echtheiten – zu erreichen, damit ein prächtiges Gewand auch den Kindern weitervererbt werden konnte, das war echte handwerkliche Kunst. Als solche damals dem Verstehen verschlossen, hat sie trotzdem zu verblüffenden Resultaten geführt, und es ist immer wieder höchst erstaunlich, auf welche komplexen Verfahren unsere Vorväter gekommen sind. Eine unheimliche Geduld war dazu nötig, kombiniert mit heute kaum noch vorhandener Beobachtungsfähigkeit, um Färbeprozesse zu entwickeln, wie sie beispielsweise die Küpenfarbstoffe erheischen. Die Zahl der zuverlässig auszuführenden Einzelschritte ist an sich schon beeindruckend, und wenn man die Permutationen ihrer Reihenfolge bedenkt, ist die Wahrscheinlichkeit, die einzige zum Erfolg führende Sequenz herauszuknobeln, beliebig weit entfernt von der Nullhypothese, beim Ganzen hätte der Zufall Pate gestanden. So ist diese Kunst der alten Färber eine bewundernswerte Fertigkeit, die mit deduktiv-analytischem Denken nur schwer durchdrungen werden kann. Und ich empfinde es als einen Wermutstropfen im immensen Erfolg der modernen Chemie, dass dadurch diese Künstler entthront worden sind. Schritt für Schritt haben wir das Geschäft einfacher und bequemer gemacht, für den Kunden, für den Gesellen, für den Färbereibesitzer – auf Kosten des Färbermeisters.

Dass Vereinfachung des Färbens ein vordringliches Ziel sein musste, möge ein Beispiel verdeutlichen: Im Fachorgan der Schweizerischen Vereinigung von Färbereifachleuten, und zwar in dem Sonderheft vom Oktober 1956, wurde in einem Aufsatz über natürliche Färbemittel die Herstellung von Orseille beschrieben^[3]. Um diese schon im alten Rom zur Imitation des viel wertvolleren Purpurs verwendete Färbetroge zu gewinnen, wurden eingesammelte Flechten zwei Tage lang in gefaultem Harn gerührt und sodann nach Zugabe von gelöschtem Kalk einer sechswöchigen Gärung überlassen. Erst wenn – wie es in der Beschreibung heisst, und was man füglich als ein Wunder der Chemie betrachten darf – «ein feiner Geruch nach Veilchen wahrzunehmen ist», dann war der Prozess beendet, und die produzierte Masse wurde feucht in Fässer verpackt und so gehandelt.

Die keimende Farbenindustrie hatte also einen erheblichen Innovationsbedarf vorgefunden. Ihr Wachstum vollzog sich dennoch am Anfang keineswegs überstürzt. Ein Aufsatz von Walter Jenny im schon erwähnten Sonderheft^[4] schildert diese Phase wie folgt: Kurz vor der Wende zum 19. Jahrhundert hielt die Pikrinsäure Einzug in die Seidenfärberei. Zwar war sie den Färbern schon länger bekannt und wurde von ihnen selbst in einzelnen Betrieben durch Einwirkung von konzentrierter



Hansjörg Heller: Geboren am 27. Januar 1924 in Zürich. Chemiestudium an der Philosophischen Fakultät II der Universität Zürich, Dissertation bei Prof. Gerold Schwarzenbach über Eisenkomplexe mit organischen Liganden. Anfang 1952 Eintritt in die Forschungsabteilung der B.F. Goodrich Company in Brecksville, Ohio, wo er auf dem Gebiet der Kunststoffe und synthetischen Fasern tätig war. 1955 Rückkehr in die Schweiz und Übernahme von Aufgaben in der Farbstoff-Forschung der J. R. Geigy A.G.; Beteiligung am Aufbau der Forschung auf dem Gebiet der Stabilisatoren für Kunststoffe sowie an Untersuchungen zur Dekorporierung radioaktiver Metalle. 1963 mit der Leitung der Abteilung Forschung Industrielle Chemikalien betraut, 1968 Forschungsleiter der neugegründeten IC-Sparte. In der Ciba-Geigy AG zunächst verantwortlich für die Pigment- und Additiv-Forschung der KA-Division. 1972 Wechsel in die Zentrale Funktion Forschung (Leiter der Zentralen Forschung). 1974 wurde Dr. Heller Mitglied der Konzernleitung. Seine Hobbies sind Familie und Garten, Skifahren und Mathematik.

* Korrespondenz: Dr. H. Heller
Konzernleitung, Ciba-Geigy AG
Postfach
CH-4002 Basel

** Nach einem Vortrag beim 9. Internationalen Farbensymposium in Engelberg am 26. September 1985.

Salpetersäure auf Indigo oder auf Seide hergestellt, aus Kostengründen war aber diesen Verfahren keine Verbreitung beschieden, bis dann der Lyoner Färber *Quinnon* das damals wertlose Steinkohlenteeröl als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Pikrinsäure entdeckte. Die Arbeitsvorschrift des Basler Seidenfärbers *Philipp David* von anno 1855 empfiehlt: «Man stelle auf die eine Seite einer kleinen Mauer eine Schale mit warmer Salpetersäure; auf der anderen Seite verschanze man sich und gebe über die Mauer hinüber durch einen Trichter nach und nach in kleinen Portionen Öl bei.»

Von der Färber Kunst zu künstlichen Farbstoffen

Der grosse Eklat bei der Herstellung künstlicher Farbstoffe kam im Jahre 1856. Und wie bei vielen wichtigen Entwicklungen fing's an mit einem Misserfolg, der durch gute Beobachtung, potenziert durch Serendipity, ein bisschen wohl auch durch den Beistand von Göttin Fortuna und vor allem durch technisch-fabrikatorisches Genie und Durchsehvermögen zu einem Erfolg auf einem anderen Gebiet umgemünzt wurde. Wir alle kennen den naiven Versuch des 18jährigen *William Henry Perkin* zur Synthese von Chinin, der schlussendlich zum Mauvein führte. Über schlechte Ausbeuten und die entsprechende Umweltbelastung regte sich damals noch niemand auf, sonst wäre die weitere Entwicklung im Keime erstickt worden, und wir würden heute noch Indigo mit faulem Kuhmist verküpen und kennten die Brillanz der modernen basischen Farbstoffe nicht. *Perkins* Erfindung also leitete die Ära ein, in welcher – wiederum ohne das Geschehen zu verstehen – des Färbers Palette aufs mannigfaltigste bereichert wurde: durch die synthetischen Anilinfarbstoffe.

Bereichert wurde auch – und zwar in ganz besonderem Masse – die Stadt Basel. 1856 – acht Jahre nach der Geburt der modernen Schweiz – bot Basel noch durchaus den Aspekt einer mittelalterlichen Stadt, die nie grosse territoriale Ambitionen gehegt und zudem ein Vierteljahrhundert zuvor noch ihr an sich schon kleines Hinterland verloren hatte. Die einzige Industrie innerhalb der Stadt war die Färberei. Denn die Basler Seidenbandherren lebten wohl in der Stadt, aber die Hände, die in der Textilindustrie und in der besagten Seidenbandindustrie schafften, waren just im abgetrennten Baselbiet zu Hause. Die relativ geringe Bedeutung Basels in der oberrheinischen Regio zu dieser Zeit lässt sich in Zahlen ausdrücken: 1860 beschäftigten die Färbereien Basels 337 Gesellen, während im benachbarten Mülhausen 10000 Arbeiter im Textilgewerbe ihr Auskommen fanden. 1859 beschloss der Grosse Rat von Basel, die Mauern der Stadt niederzulegen, und im selben Jahre

begann *Alexander Clavel* in Basel, einen künstlichen roten Farbstoff zu produzieren. In Anbetracht der späteren Bedeutung der Farbenindustrie erscheint es nicht uninteressant zu analysieren, wie es zu ihrer Ansiedelung gerade in Basel gekommen ist. Neben der Innovationskraft der in Basel versammelten Färber und Chemiker – die sich durchaus mit der damaligen in Frankreich und Deutschland vergleichen lässt – waren es vor allem zwei Standortvorteile – oder besser gesagt Standortgegebenheiten – welche die Verankerung der Farbstoffindustrie in Basel gefördert haben. Zum einen kannte die schweizerische Eidgenossenschaft bis 1888 überhaupt kein Patentgesetz, und chemische Stoffe sowie Verfahren blieben noch bis 1907 ausgeschlossen. Zum zweiten liegt Basel an einem Fluss mit grosser, recht konstanter Wassermenge.

Das Fehlen eines Patentgesetzes erwies sich im dritten Viertel des letzten Jahrhunderts als Segen für den Übergang eines mittelalterlichen Gewerbestandes in eine moderne Industriegesellschaft. Kurz nach *Perkin*, im Frühjahr 1859, war es dem Franzosen *Verguin* gelungen, einen roten Anilinfarbstoff herzustellen, der von der Lyoner Färberei *Renard Frères & Franc* übernommen, patentiert und unter dem Namen Fuchsin vor allem nach Deutschland verkauft wurde. Den grössten einheimischen Konkurrenten, den Färbern in Mülhausen und St. Etienne, wurde hingegen nicht geliefert, so dass diese ins Hintertreffen zu geraten drohten. Ein Mülhauser Chemiker, *Jean Gerber-Keller*, fand alsbald eine neue Methode, einen roten Anilinfarbstoff herzustellen, den er Azelain nannte. Im Oktober 1859 meldete er das Verfahren, das übrigens auf der Verwendung von Quecksilberverbindungen zur Oxidation beruhte, in Mülhausen zum Patent an. Sobald das Produkt auf dem Markt erschien, verlangten *Renard Frères & Franc* aber eine Einstellung der Fabrikation. Diesem Begehren wurde stattgegeben, denn gemäss der in Frankreich geltenden Doktrin des Stoffschutzes war ein Rot, künstlich hergestellt aus Anilin, patentrechtlich geschützt. *Gerber-Keller* verlor einen zweijährigen Patentprozess. Dies war für die französischen Färbereien besonders gravierend, da zu jener Zeit noch weitere Farbstoffe über das Fuchsin hergestellt wurden. Den Mülhausern drohte der Zusammenbruch, da sie nicht mehr mit den brillanten Modifarben beliefert wurden. In ihrer Verzweiflung suchten sie einen Ausweg in der nahen Schweiz. Dort war zwar die patentrechtliche Situation einfach; die kommerzielle Situation in Basel war allerdings nicht weniger verwickelt. Ein Immigrant aus Lyon, *Alexander Clavel*, liess sich schon im Sommer 1859 durch einen Chemiker der Firma *Renard Frères & Franc*, zu welcher er verwandtschaftliche Beziehungen hatte, eine Anilinrotfabrik einrichten. Diese Störung der lokalen Konkurrenzsituation in Basel wurde allerdings schnell behoben, einmal durch einen

früheren Mitarbeiter von *Gerber-Keller* namens *Schlumberger*, der offenbar missbräuchlich zusammen mit *Perkin* das Azelain-Verfahren in England patentiert hatte und dann in Basel zu fabrizieren begann, und zweitens durch *Gerber* selber, der zu retten versuchte, was noch zu retten war, und als Chefchemiker und Associé von *J.J. Müller-Pack* 1860 eine Farbstofffabrik einrichtete, die sich später zur Firma *J.R. Geigy A.G.* entwickelte. Auf die weiteren Komplikationen, die zur Gründung mehrerer farbstoffproduzierender Betriebe führten, wollen wir nicht eingehen, sondern nunmehr die zweite Standortgegebenheit betrachten.

Warum diese rasante Entwicklung in Basel und nicht im klassischen Textilgebiet des Glarnerlands? Allein des Rheins wegen. So wurden etwa 1863 in der Müllerschen Fabrik 200 kg Arsensäure pro Tag verarbeitet. Da die Abwässer anfänglich nicht direkt in den Rhein eingeleitet wurden, kam es zu häufigen Vergiftungsercheinungen in der Bevölkerung. Deshalb wurde *Müller* gezwungen, die Abfälle seiner Fabrik in 16 Fuhren pro Tag auf die Mittlere Brücke zu transportieren und daselbst durch das Schmutzloch in den Rhein abzulassen.

Aus allen diesen Gründen war Basel, wo – wie's in unseren Schulbüchern heisst – «der Rhein sich nach Norden wendet und unser Land verlässt», als Standort für die angehende chemische Industrie bevorzugt.

Eine makabre Anekdote, die zwar nichts mit dem Standort, wohl aber mit der Gewerbehygiene zu tun hat, möge die Skizze der damaligen Verhältnisse abrunden. Sie stammt aus einem Aufsatz von *Jaquet*^[5], dem ich mehrere Angaben meines historischen Exkurses entnommen habe. In jener Zeit also wurde die Schmelze des ungereinigten Farbsalzes Fuchsin zur Erstarrung auf Bleche gegossen und nach dem Abkühlen mit Eisenstangen aufgebrochen. Das Sanitätskollegium zu Basel bemerkte dazu: «Der hiermit beschäftigte Arbeiter schützt sich vor dem Einatmen des arsenikhaltigen Staubes durch Vorhalten eines Tuches vor Nase und Mund. Doch scheinen die Arbeiter trotz dieser Vorsicht darunter zu leiden; denn alle, welche befragt wurden, klagen über diese oder jene nachteilige Wirkung der Dämpfe und des Pulvers auf ihren Körper, bis auf einen einzigen, welcher sich seinen Mut und seine Furchtlosigkeit durch Weintrinken stets frisch zu erhalten suchte.» Missgünstige Kritiker der Basler Chemie unserer Tage scheinen bisweilen ihre Argumente aus dieser und ähnlichen alten Quellen zu beziehen.

Vom erleuchteten Probieren zur bewussten Synthese

Auf die Anilinfarbstoffe folgten alsbald die basischen Azofarbstoffe, das Bismarckbraun und das Anilingelb, beide

noch vor *Kekulé's* legendärer Eingebung im Jahre 1865, die zur Erkenntnis der Ringstruktur von Benzol führte und damit die Deduktion annähernd richtiger Formeln für aromatische Verbindungen ermöglichte. Diese Sternstunde der Chemie – auch wenn das eigentliche Begreifen des aromatischen Charakters dem nächsten Jahrhundert vorbehalten blieb – förderte den Übergang vom erleuchteten Probieren des frühen Chemikers zur bewussten Synthese. Voraussetzung war das nun möglich gewordene Strukturverständnis und somit die Klärung der Konstitution von aromatischen Syntheseprodukten und Naturstoffen.

Zum ersten Mal war die für die Forschung so eminent wichtige Neugierde zu ihrer Befriedigung nicht mehr allein auf die gelungene Ausbeutung von zufälligen Funden angewiesen, sondern konnte nunmehr auf einer systematischen Basis gestellt werden. Die Strukturen der beiden Könige der Naturfarbstoffe, des Alizarins und des

Indigos, wurden in rascher Folge enträtselt und so der Zugang zu rationalen Synthesewegen eröffnet. Dies war sicherlich die Krönung der Pionierzeit, der heroischen Sturm- und Drangperiode der synthetischen Farbstoffchemie. In dieser Zeit ereignete sich der erste tiefgreifende Wandel in der überlieferten Färberei. Der jahrtausendealten Kunst stand ein sehr beschränktes Sortiment von Naturfarbstoffen zur Verfügung, beschränkt in Nuance, in Brillanz, in Echtheit, und zudem auch noch kompliziert in der Handhabung. Handwerkliches Können und künstlerische Intuition waren die einzigen Möglichkeiten, um die eng gesteckten Grenzen etwas auszudehnen. Daher bedeuteten die ersten synthetischen Farbstoffe einen unglaublichen Fortschritt im Know-how, sie halfen vor allem, die Barrieren bezüglich der Brillanz und zum Teil auch der Nuancen zu überwinden.

In der chemie-bedingten Revolution der Färberei folgten dann zwei simultan be-

gonnene Entwicklungsschritte, die sich auch gegenseitig beeinflussten, aber zwei grundsätzlich verschiedene Ziele anstrebten. Die eine praktische und rein technische Zielsetzung war die völlig pragmatische Entwicklung von neuen Farbstoffen, die auch die Barrieren bezüglich Echtheiten und Applikationsmöglichkeiten zu überwinden erlaubten. So wurden die nach bekannten applikatorischen Gesichtspunkten gestalteten Gammen geschaffen, die bei immer besseren Echtheiten das ganze Farbspektrum abdeckten.

Das war der zweite Schritt in der Veränderung des Know-how: Keine Einzeltreffer mehr, sondern systematisch rasterfüllender Einsatz der synthetischen Farbstoffe unter kompletter Verdrängung der althergebrachten Naturfarbstoffe.

Vom Know-how zum Know-why

Der wie schon erwähnt gleichzeitig begonnene dritte Schritt, und meines Erachtens auf lange Sicht der bedeutendere, hatte eine wissenschaftliche Zielsetzung, nämlich zu verstehen: das Phänomen Farbe, das Phänomen Faseraffinität, insbesondere das Geheimnis der Substantivität, in summa die physikalischen Grundlagen der Färberei. Diese dritte Etappe zielte auf das Know-why, das heisst darauf, über Edisonan-Research hinauszuwachsen und begründete Arbeitshypothesen oder gar umfassende Theorien aufzustellen, welche dem Kenner eine erhöhte Treffererwartung ermöglichen. Im Falle der Färberei war und ist die Zielsetzung Know-why insofern anspruchsvoller als die Ergänzung Know-how durch die synthetische Chemie, indem sie die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Chemikern und Physikern voraussetzt.

Die Beschäftigung mit den grundsätzlichen Problemen des Färbens wurde denn auch zu einem wichtigen Antrieb für den Aufschwung der klassischen Physikalischen Chemie. Wie fast immer in der Chemie eilte das Können dem Wissen voraus, und der Fortschritt des Verstehens war weit weniger rasant als der Fortschritt des Könnens. Auch heute ist das Detailwissen um die thermodynamischen Gleichgewichte und die ihnen überlagerte Kinetik einer spezifischen Färbung noch recht lückenhaft. Die im Laufe der Zeit formulierten Theorien wirkten aber als starke Stimuli für den praktischen Fortschritt, selbst wenn sie sich später als unvollkommen oder sogar als falsch erwiesen.

Einen ersten Prüfstein für die Färbetheorien und einen Markstein für die Farbstoffsynthese bedeutete dann das Aufkommen der synthetischen Fasern.



Fig. 1. Einst: Fabrikationsanlagen für Azofarbstoffproduktion im Jahre 1921. Die Beschickung der Kessel und die Prozessführung waren noch weitgehend Handarbeit. Mensch und Umgebung gerieten oft in Kontakt mit Chemikalien. Sicherheitsvorkehrungen wurden durch Personenschutz und Arbeitsvorschriften getroffen. Es war üblich, dass der Meister einen Hut als Statussymbol trug!

Synthetische Farbstoffe, synthetische Fasern und was noch?

Die vierte Etappe in der Färberei begann wieder als eine Pionierzeit, in der unkonventionelle Forscher neue Wege finden mussten, bis die empirischen Problemlösungen dem spezifischen Know-why ein weiteres Mal auf die Beine geholfen hatten. Wieder bedurfte es zum Weiterkommen in der Theorie eines interdisziplinären Efforts: Die synthetische und physikalische Chemie der hochmolekularen Stoffe mussten sich mit der klassischen Kolloidchemie zusammenfinden, wobei die beteiligten Forscher sich mit einem neuen Slang verständigten, in welchem zum Beispiel T_g , d. h. die Glasstemperatur, noch der einfachste Begriff zur Beschreibung organischer Fasern sein mag.

Inspiziert durch die neuen Erkenntnisse – das Gespür für die Interaktion zwischen Farbstoff und Faser – wagten sich auch die Naturfaser-Farbstoffchemiker wieder auf Neuland und begannen, ihre Farbstoffe mit der Faser chemisch zu verbinden, was weite Horizonte in der Kombination von Nassechtheiten und einfachster Applikation eröffnete. Diese fünfte Etappe in der Entwicklung von Farbstoffen ist bisher noch nicht ganz zu Ende, und zwar hauptsächlich wegen der heutigen Auffassung von Lebensqualität. Dies betrifft nicht etwa die Ansprüche des Endkonsumenten an die Farbqualitäten des ihm zur Verfügung stehenden Materials, sondern die Auswirkungen der von der chemischen Industrie erzeugten Produkte auf die Umwelt bei ihrer Applikation – mit anderen Worten, es betrifft die Arbeitsweise der Färbereien und der pigmentverarbeitenden Industrie. Was insbesondere die Textilfärberei betrifft, ist im Prinzip heute jede Nuance in jeder angemessenen, die Lebensdauer der Handelsware meist übersteigenden Echtheit auf jeder gewünschten Faser erhältlich. Eine Beschränkung rührt nicht mehr von den Farbstoffen her, sondern einzig und allein von der Mode, die den technischen Gegebenheiten des Öfters wenig oder gar nicht Rechnung trägt. Wenn die Modeschöpfer in solchem Fall auch die Verantwortung für eventuelle Probleme auf sich nähmen und sie nicht der Chemie anhängen wollten, gäbe es für diese kaum noch Sorgen.

Unter dem Aspekt, dass die Wünsche des Endkunden jetzt weitgehend erfüllt werden können und von ihm keine dringenden Aufgaben mehr gestellt werden, ist die Farbenindustrie eine reife Industrie geworden.

Dies gilt auch unter dem Aspekt der Marktgröße. Von einer zukünftigen sprunghaften Zunahme des totalen Farbstoffbedarfs kann keine Rede sein, und bis die im Optimismus der frühen siebziger Jahre bereitgestellten Produktionskapazitäten durch ein echtes Marktwachstum wirklich ausgelastet sein werden, mögen noch Jahre vergehen, falls nichts eingemottet oder gar abgebrochen wird. Auch das ist typisch für eine reife Industrie.

Aus der Sicht von Forschung und Entwicklung sind wenige andere Bereiche der chemischen Industrie rational so erfreulich transparent geworden wie die Farbstoffbranche. Auch wenn es in jedem spezifischen Falle noch sehr viel Detailwissen zu erarbeiten gilt, sind wir heute doch fähig, die Farbe eines Produkts vorgegebener Struktur annähernd richtig vorauszusagen – aufgrund der persönlichen Erfahrung versierter Farbstoffchemiker, aber auch schon mittels quantenchemischer Rechnungen. Wir wissen sehr genau, welche Strukturen notwendig sind, damit sich ein Farbstoff für eine bestimmte Faser eignet, und wir wissen ungefähr, wie Struktur und Echtheiten korreliert sind. Dennoch brauchen wir jetzt sehr viel mehr Zeit als früher, um einen neuen Farbstoff in den Markt einführen zu können. Im gleichen Zeitabschnitt – etwa 6 bis 8 Jahre – wie er heute benötigt wird, bis ein neues Produkt registriert ist, wurde in der Gründerzeit eine ganz neue Industrie auf die Beine gestellt. Auch dies ist ein Zeichen der Reife.

Reife Industrie im Spannungsfeld zwischen Ökologie, Ökonomie und «High Tech»

Eine reife Industrie ist keine schlechte Industrie. Reif oder unreif ist in diesem Zusammenhang keine Wertung per se. Der

Unterschied ergibt sich aus der Gewichtung einzelner Faktoren, die für den Zustand einer Industrie kritisch sind. Und in diesem Sinne verlangt die Reifwerdung einer Industrie ein Umdenken aller in ihr Tätigen, von der Forschung über die Entwicklung bis zu Produktion, Marketing und Verkauf. Was während der Sturm- und Drangzeit richtig und gut war, kann im Reifezustand völlig falsch sein. Was die Pioniere kaum zu beachten hatten, wird für die Nachfolger manchmal überlebenswichtig.

Die moderne Farbenindustrie sollte nicht erhoffen, dass exogene Ereignisse – wie beispielsweise eine überraschende Einführung ganz neuer Fasern – sie in ihre lustige Lausbubenzeit zurückversetzen könnten. Zwar muss sie aufpassen, ob nicht durch das unerwartete Erscheinen prinzipiell neuartiger Möglichkeiten der Farbgebung die bewährten Farbstoffe substituiert und so der Markt angeknabbert werden könnte, wie weiland Aluminium teilweise Stahl ersetzt hat und heute selber unter den Druck von verstärkten organischen und anorganischen Kunststoffen gekommen ist. Doch erscheint diese Warnung zur Zeit rein theoretischer Natur, da keine Möglichkeit der Farbstoffsubstitution durch ein neues Prinzip bisher in Sicht ist. Das Prinzip der Farben dünner Plättchen, wie es zum Beispiel von den Pfauen für ihre prächtigen Schwanzfedern benutzt wird, ist an Voraussetzungen gebunden,

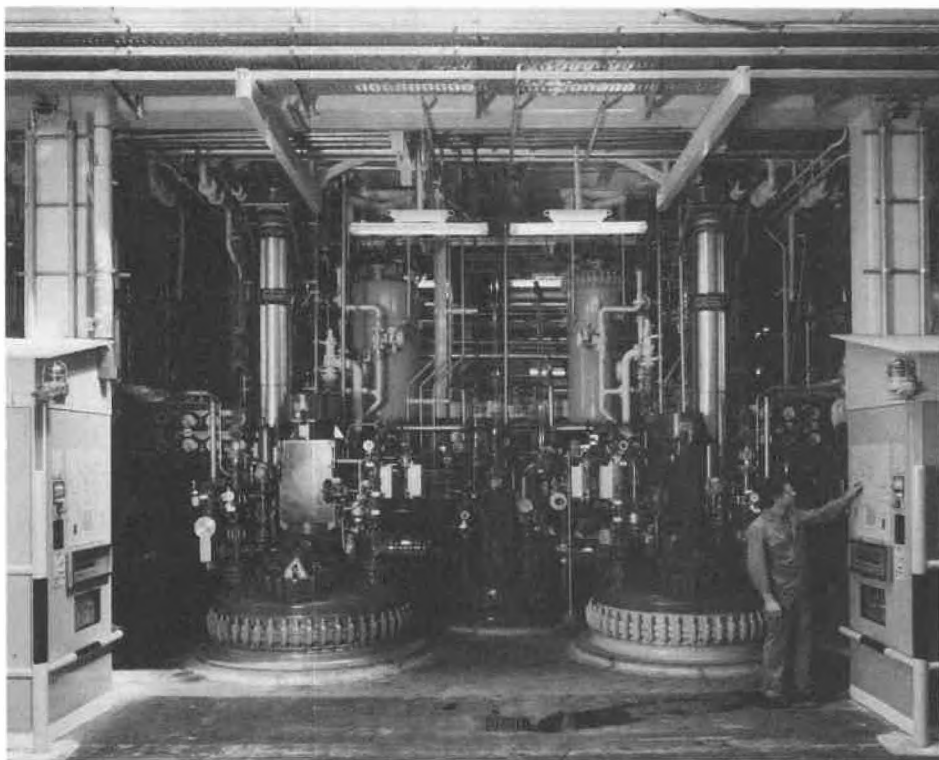


Fig. 2. Jetzt: Zahlreiche chemische Prozesse werden bei der modernen Farbstoffproduktion in Rührkesselanlagen durchgeführt. Die Beschickung und Prozessführung erfolgt durch Steuerungsaggregate. Chemische Reaktionskomponenten bewegen sich in geschlossenem System. Ein Kontakt mit Mensch und Umgebung ist schon von der Anlage her ausgeschlossen.

die in der Textil-, Leder- und Papierindustrie keineswegs gegeben sind.

Selbstverständlich gibt es in der Farbenchemie immer wieder Neues und Überraschendes. Kohlenstoff und seine Nachbarn im Periodensystem der Elemente lassen sich zusammen mit Wasserstoff zu beliebig vielen farbigen Verbindungen kombinieren, und jeder neue Verbindungstyp erweitert unsere Kenntnisse.

Natürlich gibt es in der Farbstoff- und Pigmentindustrie auch immer wieder unreife «High Tech»-Teilgebiete wie Laserfarbstoffe, flüssige Kristalle, Photoinitiatoren, Photobleichmittel, Photocytostatica, Energiespeicher, Fluoreszenzsonden, Halbleiter und sogar Supraleiter, aber es ist alles in allem doch zweckmässig anzunehmen, dass die Farbenindustrie als Ganzes eine reife Industrie ist und bleibt und wir uns darauf einzustellen haben.

Was bedeutet nun das?

In der modernen Farbenindustrie ist man sich dessen bewusst, dass ein Grossteil der direkten Kunden anspruchsvolle und sehr wählerische Leute sind, gleich ob es sich um Abnehmer für Farbstoffe in der Textil-, Leder- und Papierindustrie oder für Pigmente in der Kunststoff-, Lack- und – man darf heute wohl sagen – Druckindustrie handelt. Was diese Kunden wollen sind Produkte, die sich ohne Komplikationen und also vollkommen reproduzierbar in vorbestimmte Arbeitsabläufe einpassen, einen möglichst grossen Durchsatz pro Investitionseinheit zulassen, möglichst geringe Umweltbelastungen verursachen und ihnen eine gute Rendite ermöglichen. Die Gammen sind dementsprechend den vom Verbraucher optimierten Verarbeitungsstrassen anzupassen oder der Hersteller kann im besten Fall ein neues integrales System anbieten, das auf vorhandenem Maschinenpark fehlerfrei funktioniert.

So gilt es für Forschung und Entwicklung heute, die Möglichkeiten zur Vereinfachung oder Verbilligung der Anwendungsmethoden zu studieren, für erfolgversprechende Varianten die geeigneten Gammen zusammenzustellen, vorzugsweise durch Selektion vorhandener Produkte und wenn nötig durch Neusynthese. Als Randbedingungen sind dabei die Ökologie und die Ökonomie besonders wichtig. Somit verschiebt sich der Schwerpunkt der Bemühungen in Forschung und Entwicklung von der klassischen Synthese – sie ist zur unerlässlichen Voraussetzung geworden – in Richtung physikalisch-chemischer Aufgaben einerseits und applikationstechnischer Verfahrensverbesserungen andererseits; und beides erfordert modernste, ausgefeilte Analytik, um wirklich zum Erfolg zu kommen.

Die Zukunft: «Systemmanagement», Selektion von Stoffen und Verfahren

Es geht also nicht mehr um die Optimierung von einzelnen Produkteigenschaften wie einer spezifischen Echtheit, sondern

um die Optimierung des Ganzen, von der Auswahl günstiger Ausgangsstoffe über alle Verfahrensstufen bis zur bestmöglichen Formulierung des Produkts. Dieses «Systemmanagement» der technischen Problemlösungen, die wir unseren Kunden anbieten wollen, halte ich für eine eminent anspruchsvolle Forschungs- und Entwicklungstätigkeit. Das Aufeinanderpassen der möglichen Detaillösungen zu einem sinnvollen Ganzen, das Abwägen gegensätzlicher Anforderungen bis zur Findung des optimalen Kompromisses, ist eine intellektuelle Herausforderung, die jedem Spezialisten die Fähigkeit abverlangt, im interdisziplinären Team mitzuwirken, mit Kollegen zu kommunizieren, die eine ganz andere Sprache reden, sich anpassen und, wenn's nötig ist, sich pickelhart durchsetzen zu können. In der Farbenindustrie verlangen wir heute Forscher, für die ein grosses Spezialwissen selbstverständlich ist, das von der Photochemie über die klassische Organische Chemie bis zur Kolloid- und Grenzflächenchemie reicht; Forscher, die daneben aber noch menschliche Fähigkeiten aufweisen, die derjenige, der sich entschliesst, Naturwissenschaftler zu werden, nicht a priori zu eigen hat.

Neben dieser primär marktorientierten Tätigkeit sehen sich Forschung und Entwicklung mehr und mehr konfrontiert mit der chemiegerechten Auswahl der Produkte und der entsprechenden chemischen Verfahrensentwicklung für ihre Favoriten. Auch hierbei sind Ökologie und Ökonomie die Haupttriebfedern. Offensichtlich können wir es uns nicht mehr leisten, für Hunderte von Endprodukten Tausende von individuellen Zwischenprodukten herzustellen, zu lagern und die heute notwendigen individuellen Daten über ihr toxikologisches, ökotoxikologisches und sicherheitsbezogenes Verhalten zu erarbeiten. Es muss also Zielsetzung der Synthetiker sein, aus möglichst wenigen Zwischenprodukten die adäquaten Farbkörper hervorzuzaubern, welche in die zuvor erwähnten Gammen hineinpassen und sie mit möglichst wenigen individuellen Verbindungen vollständig füllen. Auch dies ist eine sehr anspruchsvolle Aufgabe, die neben dem reinen Synthesekönnen eine grosse kombinatorische Fähigkeit, eine reiche Erfahrung und einen immensen Überblick über die ganze Chemie voraussetzt.

Hinzu kommt die Suche nach einer ausgeklügelten chemischen Verfahrenstechnik. Selbst die modernsten Methoden wie Homogen- und Heterogenkatalyse, Phasentransferreaktionen, Membrantechnik usw. genügen oft kaum, um die ausgesuchten Produkte ohne unzumutbare Belastung von Abluft und Abwasser und möglichst ohne Bildung wertloser Nebenprodukte, mit einem Wort preisgünstig produzieren zu können. Schritt für Schritt müssen für die ausgesuchten Bausteine der angestrebten Systemlösungen integral optimierte Herstellungsverfahren erarbeitet werden.

Schlussendlich sollen die Produkte in

eine leicht zu verarbeitende physikalische Form gebracht werden, was besonders bei den wasserunlöslichen Farbstoffen und Pigmenten eine äusserst heikle Aufgabe sein kann, zu deren Entschärfung schon der Syntheseweg und die chemischen Verfahrensschritte Wesentliches beitragen können. Auch hier ist modernste Technologie notwendig, wird in der chemischen Verfahrenstechnik, der eigentlichen Produktion sowie in den Formulierungsbetrieben ein harmonisches Teamwork zwischen Synthesechemikern, Verfahrensingenieuren, Physikochemikern und sogar Physikern unverzichtbar. Zudem ist das Ausmass der durch diese Spezialisten zu erhebenden und zu verarbeitenden Daten so gewaltig, dass ein gutes Computerteam mit seinen Informatikern zum Muss für die Bewältigung solcher komplexer Aufgaben geworden ist.

Die Farbenindustrie stellt also heute an Forscher sowie Entwicklungs- und Produktionsfachleute Anforderungen, von denen die Hochschulen im allgemeinen wenig Ahnung haben, weshalb sie ihren Absolventen keine entsprechende Ausbildung mitgeben können. Dies ist eine Erfahrung, mit der wir in der Industrie leben müssen, und es möge nicht als Vorwurf an unsere Hochschulen aufgefasst werden, die spezifisch industrielle Arbeitsweisen mitnichten duplizieren sollen. Was jedoch manchmal irritiert, ist die Attitüde einiger Professoren im Elfenbeinturm, die Farbstoff- und Pigmentchemie in Unkenntnis ihrer interdisziplinären Komplexität stark zu unterschätzen. Das ist schade, denn heute und in Zukunft bieten sich den besten – gemeint ist auch: bestmotivierten – Hochschulabsolventen in den Farbstoff- und Pigmentabteilungen der Industrie sehr gute Chancen. Der Kampf um den Markt ist in einer reifen Industrie, die nicht mit dem Markt wachsen kann, härter als anderswo, und unsere Unternehmen brauchen hochqualifizierte Mitarbeiter, besonders in Forschung und Entwicklung, um gedeihlich überleben zu können.

Solange es Menschen gibt, wird es ein Bedürfnis nach Farben geben. Farbstoffe und Pigmente sind keine Modesache, auch wenn mit ihnen Mode gemacht wird. Die Umwelt hingegen wird sich immer ändern: Rohstoffquellen werden erschlossen und versiegen, Energiequellen wandeln sich, neue Maschinen aus neuen Materialien und mit ihnen neue Applikationsverfahren werden immer wieder das Alte verdrängen. Daher werden auch weiterhin Anreize für Forschung und Entwicklung kommen. Die Farbenindustrie ist eine reife Industrie, aber beileibe keine aussterbende Industrie – ich glaube fest daran, dass die menschliche Freude an Ästhetik und Farbe unsterblich ist.