

## Otto Bayer

1902 – 1982

Als Professor Otto Bayer Ende April 1967 nach 40jähriger Tätigkeit in der Industrie aus dem aktiven Dienst ausschied, sagte er in seiner Abschiedsrede: „Daß dieser Tag einst kommen würde, wußte ich sehr genau, aber ich habe nie daran geglaubt.“

Dieser Ausspruch kennzeichnet einen Menschen, den die Chemie ein Leben lang in so hohem Maße fasziniert hat, daß er sich nicht vorstellen konnte, einmal nicht mehr aktiv an ihren Fortschritten mitzuwirken. Otto Bayer schied aus dem aktiven Dienst als Forschungsleiter aus, aber die Chemie verlor für ihn nichts von ihrer Faszination. Nach seinem Tode fanden sich auf seinem Schreibtisch handschriftliche Notizen, die er sich wohl für seinen 80. Geburtstag gemacht hatte, und da schreibt er: „Obwohl ich in meinem Leben hart gearbeitet habe, ist das von mir nie so empfunden worden, denn mein Beruf war immer mein Hobby. Wenn ich des Morgens in das Laboratorium ging, dann tat ich das meist mit dem Gefühl des Spielers, heute den Tip für einen großen Treffer zu haben.“

Otto Bayer wurde am 4. November 1902 in Frankfurt am Main geboren. Seine Eltern entstammten alteingesessenen schwäbischen Bauernfamilien, und so verwundert es nicht, daß er selbst viele typisch schwäbische Wesenszüge aufwies.

Schon als Schüler haben ihn die Naturwissenschaften – allen voran die Chemie – in ungewöhnlicher Weise in ihren Bann gezogen. Bereits als Zwölfjähriger richtete er sich in der Mansarde seines Elternhauses ein Laboratorium ein. Bei seinem Experimentieren wäre es allerdings einmal fast zur Sprengung des Hauses gekommen. Doch seine Eltern ließen ihn trotzdem gewähren; wahrscheinlich erkannten sie, daß sich hier Begabungen Bahn brachen, die zu unterdrücken zwecklos war.

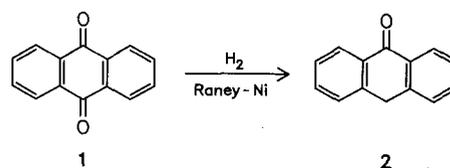
Schon lange vor dem Abitur stand sein Berufsziel fest: Er wollte Chemiker werden. Die durch die galoppierende Inflation bedingten schwierigen wirtschaftlichen Verhältnisse zwangen ihn, an der Alma mater seiner Heimatstadt Frankfurt zu studieren. Obwohl er als Korpsstudent ein fröhliches Studentenleben führte, absolvierte er sein Studium mit glänzenden Noten in der auch für damalige Verhältnisse ungewöhnlich kurzen Zeit von 3 1/2 Jahren. Als Doktorvater hatte er sich den Direktor des Chemischen Instituts, Julius von Braun, ausgesucht, der die Organische Chemie seiner Zeit umfassend beherrschte und der auf vielen, weit auseinanderliegenden Gebieten tätig war. Daß er an seine Doktoranden sehr hohe Anforderungen stellte, war ein zusätzlicher Anreiz für Otto Bayer, bei ihm zu promovieren.

Nach der Promotion war er noch 2 1/2 Jahre bei Julius von Braun als Privatassistent tätig. Ein Dutzend Publikationen aus dieser Zeit zeigt, daß der junge Wissenschaftler in sehr unterschiedlichen Forschungsthemen des von Braunschens Arbeitskreises mit großem experimentellem Geschick interessante Ergebnisse erarbeitete.

Auffallend ist der Methodenreichtum in der Synthese und Isolierung von Substanzen. Besonders deutlich zeigt dies die

Darstellung der Talose aus Galaktose<sup>1)</sup> unter Einsatz enzymatischer Abtrennungsmethoden und Ausarbeitung spezifischer Fällungsreaktionen sowie einer subtilen Spaltung des gewonnenen Hydrazons.

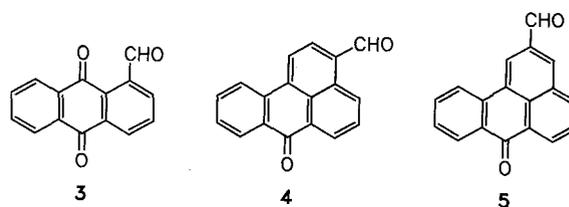
Das große Interesse an der präparativen Chemie kommt auch in den Publikationen zur katalytischen Hydrierung sehr verschiedenartiger aromatischer Verbindungen immer wieder zum Ausdruck<sup>2-4)</sup>. Typisch hierfür ist die intensive Untersuchung der hydrierenden Spaltung von Xanthon<sup>5)</sup> mit vielen experimentellen Varianten und einer detaillierten Beschreibung der Produkte. Schon damals zeigte er großes Interesse an der Anthrachinon-Chemie. Erwähnt sei die katalytische Hydrierung von Anthrachinon (1) zu Anthron (2)<sup>6)</sup>.



Nach seiner Tätigkeit als Privatassistent entschied sich Otto Bayer – 24jährig – aber doch für eine Tätigkeit in der Industrie. Er tat dies in der – wie wir heute feststellen können – richtigen Erkenntnis, daß die angewandte Forschung seinen Neigungen und Begabungen am meisten entsprach.

So trat er am 1. Mai 1927 in das Wissenschaftliche Laboratorium des damaligen I. G. Werkes Mainkur, vormals Leopold Cassella & Co., ein. Hier hatte er das Glück, im Arbeitskreis von Georg Kalischer, den er später in einem Nachruf würdigte<sup>\*)</sup>, in die Farbstoffchemie eingeführt zu werden. Bearbeitet wurde das damals in Blüte stehende Gebiet der Schwefel- und Küpenfarbstoffe.

Da die Farbstoff-Forschung vornehmlich eine Chemie neuer Zwischenprodukte ist, beschäftigte sich Otto Bayer mit der Herstellung des Anthrachinon-1-aldehyds (3)<sup>7)</sup> durch Oxidation des 1-Methylanthrachinons mit Braunstein und der Benzanthronaldehyde 4 und 5<sup>8,9)</sup> durch Oxidation entsprechender Methyl- oder Methylene-Verbindungen mit Nitrobenzol/schwachem Alkali oder Luft.



Anthrachinonaldehyde sind wertvolle Zwischenprodukte für Küpenfarbstoffe: So erhält man z. B. durch Kondensa-

<sup>\*)</sup> Nachruf auf Georg Kalischer, Otto Bayer, *Chem. Ber.* **89** (1956) XLIII.

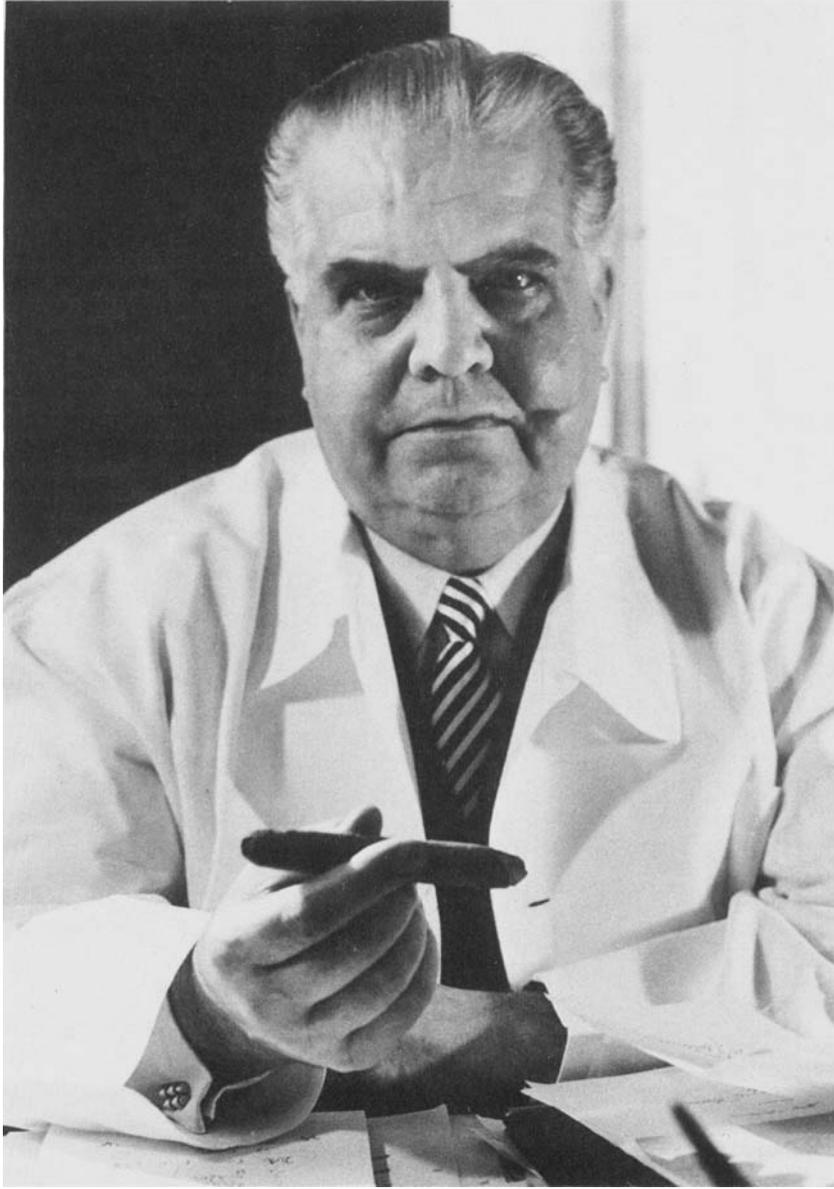
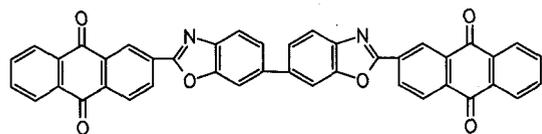


Foto: Fritz Eschen, Berlin

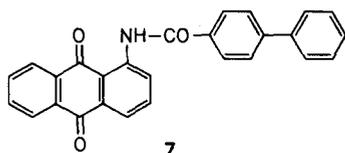
W. J. Wegner

tion mit 3,3'-Dihydroxybenzidinen und nachfolgende oxidierende Cyclisierung mit Nitrobenzol Küpenfarbstoffe des Typs **6**<sup>10</sup>.

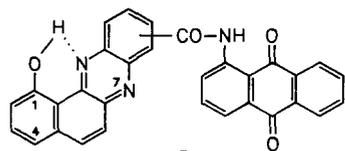


**6** (Orange)

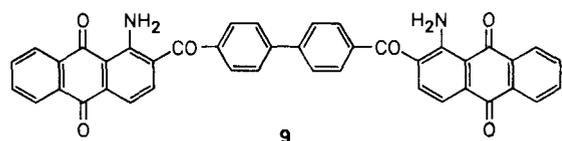
Zu allen Zeiten der INDANTHREN® Forschung wurde Küpenfarbstoffen vom Typ der (Acylamino)anthrachinone ein besonderes Interesse entgegengebracht. Auch auf diesem Arbeitsfeld entwickelte Otto Bayer ein Handelsprodukt, das durch Acylierung von 1-Aminoanthrachinon mit 4-Biphenylcarbonsäurechlorid leicht zugängliche Anthrasolgelb V (**7**)<sup>11</sup>. Durch Kondensation von 1-Hydroxybenzo[*a*]phenazincarbonsäurechloriden mit Aminoanthrachinonen erhielt er Küpenfarbstoffe wie **8**, die sich durch eine besonders hohe Lichtechtheit auszeichneten<sup>12</sup>.



**7**



**8**



**9**

Die Stabilität der  $\alpha$ -Amino-Gruppe in Aminoanthrachinonen wird durch folgende, von Otto Bayer gefundene Reaktion erhellt: Durch Friedel-Crafts-Kondensation von 1-Aminoanthrachinon-2-carbonsäurechlorid mit Biphenyl in einer Aluminiumchlorid/Natriumchlorid-Schmelze bei 110°C erhält man den blaustichig roten Küpenfarbstoff **9** ohne Nebenprodukte<sup>13</sup>.

Neben der Farbstoffchemie bearbeitete Otto Bayer auch das Gebiet der Textilhilfsmittel. Schon kurze Zeit nach seinem Eintritt in das I. G. Werk Mainkur konnte er sein erstes Patent über ein „Verfahren zur Herstellung von Effektfäden aus baumwollenen oder anderen pflanzlichen Fasern“ anmelden<sup>14</sup>. Durch Einwirkung von aromatischen Sulfonsäurehalogeniden mit basischen Gruppen, wie z. B. *p*-(Dimethylamino)benzolsulfonsäurechlorid, auf alkalisch vorbehandelte Fasern erhält man wärmebeständige Fäden, die von substantiven Farbstoffen nicht mehr angefärbt werden und dadurch in Mischgeweben besondere färberische Effekte ergeben.

Eine weitere Patentanmeldung<sup>15</sup> auf dem Gebiet der Textilhilfsmittel befaßt sich mit der Baumwollausrüstung und beschreibt ein „Netzmittel für Mercerisierlaugen“ auf Basis von Alkalidithiocarbamaten. Die erhaltenen Produkte zeigen gegenüber roher Baumwolle in Natronlauge ein hervorragendes Netz- und Schrumpfverhalten.

Seine Erfolge brachten Otto Bayer auch bald in engeren Kontakt zu dem Chemiker und Firmenmitinhaber Arthur von Weinberg\*, von dem er später sagte, daß dieser ihm viele nützliche und kluge Lebensweisheiten mit auf den Weg gegeben habe. Es seien allerdings harte Lehrjahre gewesen, die man heute keinem jungen Chemiker mehr zumuten dürfe. Wahrscheinlich habe man testen wollen, zu welchem Engagement und zu welchen Leistungen er bereit und fähig sei.

Der „Test“ fiel offenbar positiv aus, denn 1934 wurde dem noch nicht Zweiunddreißigjährigen die Leitung des wissenschaftlichen Hauptlaboratoriums des I. G. Werkes Leverkusen übertragen. Sicherlich haben diejenigen, die ihn damals in so ungewöhnlich jungen Jahren mit dieser verantwortungsvollen Aufgabe betrauten, große Hoffnungen in ihn gesetzt, aber sie haben wohl schwerlich ahnen können, welche bahnbrechenden Erfolge ihm zusammen mit seinen Mitarbeitern gelingen würden.

Waren zu Beginn von Otto Bayers Tätigkeit in Leverkusen skeptische Stimmen zu hören, die Zweifel hatten, ob ein so junger Chef ein Forschungslaboratorium mit ca. 50 Chemikern würde leiten können, so verstummten diese bald. Sein profundes Wissen, seine schöpferische Phantasie und Kombinationsgabe, die Intensität, mit der er die Probleme anpackte, und nicht zuletzt seine Fähigkeit, die eigene Faszination als Forscher auf seine Mitarbeiter zu übertragen, verliehen ihm bald eine ungewöhnliche Autorität. Seine Mitarbeiter empfanden es als eine Ehre, in seinem Arbeitskreis tätig zu sein.

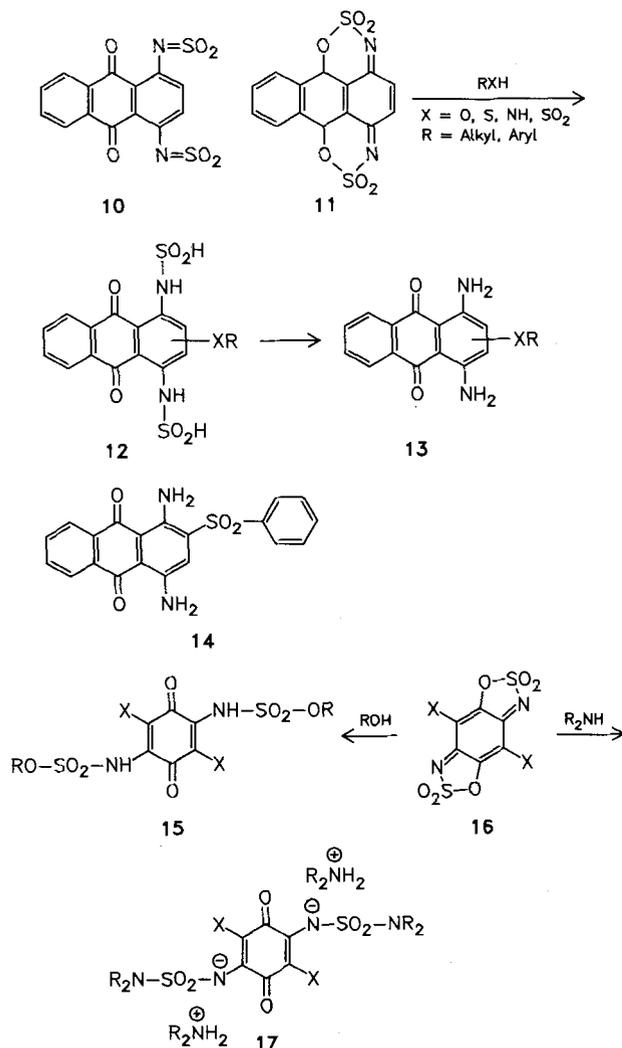
Allerdings war es – das sei nicht verschwiegen – nicht immer leicht, sich neben oder unter ihm zu behaupten und abweichende Ansichten erfolgreich zu vertreten. Dazu bedurfte es schon eines großen Maßes an Standvermögen und Überzeugungskraft. Aber er schätzte kritische Menschen sehr, auch wenn er das nicht immer gleich erkennen ließ. Schmeichler, die ihm nach dem Munde redeten, durchschaute er schnell, und sie verloren seine Wertschätzung.

Anlässlich der schon erwähnten Abschiedsrede sagte er: „Als besonders beglückend habe ich es stets empfunden, daß so viele hervorragende Köpfe vorbehaltlos mit mir zusammengearbeitet haben und daß mit diesen das fachliche Gespräch bis heute in sehr kritischen Thesen und Antithesen geführt worden ist.“

Als Otto Bayer die Leitung des wissenschaftlichen Hauptlaboratoriums (WHL) übernahm, waren die Hauptarbeitsgebiete organische Farbstoffe für die verschiedenen Anwendungsgebiete, Textilhilfsmittel, organische Zwischenprodukte und die dazugehörige Grundlagenforschung, Arbeitsgebiete also, die ihm von Mainkur her vertraut waren. Aufgrund seiner dort gewonnenen Erfahrungen fand er bald,

\* Nachruf: H. Ritter und W. Zerweck, *Chem. Ber.* **89** (1956) XIX.

daß bei der Umsetzung von 1,4-Diaminoanthrachinon mit Schwefeltrioxid (65proz. Oleum) nicht das bis dahin angenommene Sulfonimid (10), sondern der cyclische Sulfimidester (11) entsteht.



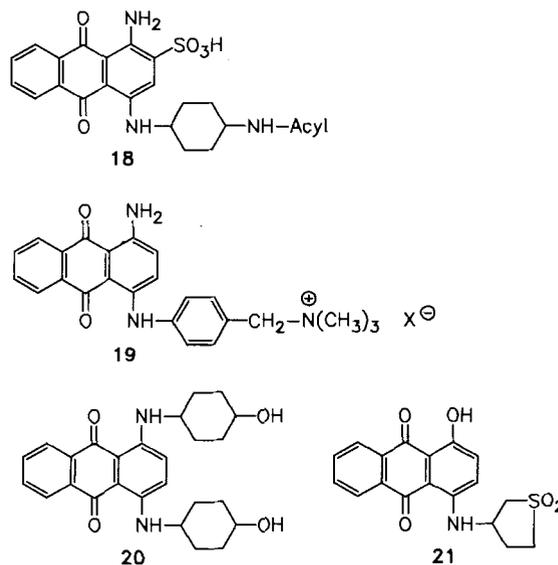
X = Halogen, R = Alkyl

Die Kenntnis der 1,4-chinoiden Struktur ermöglichte die Planung und Synthese einer Vielzahl von Additionsreaktionen zu Addukten vom Typ 12. Verseifung führte zu einer Reihe neuer Farbstoffe 13 für die verschiedensten Anwendungsgebiete<sup>16-18</sup>. Ein Beispiel aus späteren Entwicklungsjahren ist das für Polyesterfasern geeignete RESOLIN® Blau C-3RLS (14).

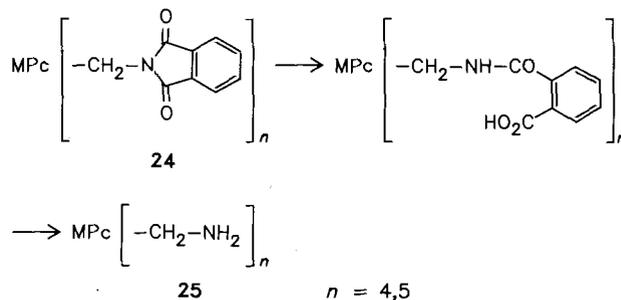
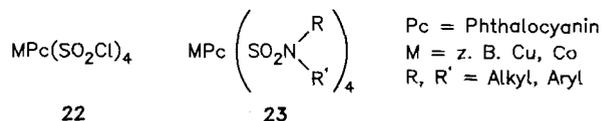
Die Übertragung der gefundenen Reaktion mit Oleum auf das 2,5-Diamino-3,6-dihalogen-1,4-benzochinon lieferte in hohen Ausbeuten den cyclischen Sulfimidester (16)<sup>19</sup>, der – anders als Verbindung 11 – interessante Ringöffnungsreaktionen eingeht: Mit Alkoholen erhält man Ester der 2,5-Diamino-3,6-dihalogenbenzochinon-*N*<sup>2</sup>,*N*<sup>5</sup>-disulfonsäuren (15)<sup>20</sup>, mit Aminen die Aminalsalze entsprechender Amide (17)<sup>21,22</sup>.

Otto Bayer entwickelte mit seinen Mitarbeitern Farbstoffe für unterschiedliche Anwendungen. Immer wieder ge-

lang es, Ergebnisse verschiedener Gebiete miteinander zu verknüpfen. So wurden z. B. durch Vernetzung von Polyaminoanthraquinonen mit Polyisocyanaten in organischen Lösemitteln völlig unlösliche Pigmente erhalten<sup>23</sup>. Große technische Bedeutung erlangten anionische Farbstoffe wie 18 für Wolle und Polyamid<sup>24</sup>, kationische Farbstoffe wie 19 für Polyacrylnitrilfasern<sup>25</sup> oder auch Dispersionsfarbstoffe wie 20 für Polyamid<sup>26</sup> oder wie 21 für Polyesterfasern<sup>27</sup>.

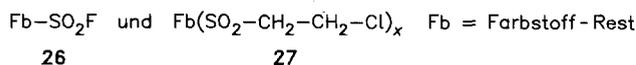


Eine besondere Beachtung hat Otto Bayer immer der interessanten Chemie des Phthalocyanins geschenkt. So geht die technisch einfache Herstellung von Metall-phthalocyanin-sulfochloriden wie 22<sup>28</sup> und der technisch wertvollen Amide wie 23<sup>29</sup> auf ihn zurück.



Bei der Umsetzung von Phthalocyaninen mit *N*-(Chlor-methyl)phthalimid in Gegenwart von Aluminiumchlorid entstehen (Phthalimidomethyl)phthalocyanine (24), die bei der Verseifung über die intermediären Phthalimidsäuren (Aminomethyl)phthalocyanine (25) liefern<sup>30</sup>. Solche Farbstoffe sind leicht wasserlöslich und ergeben auf natürlichen Fasern klare grünstichige Blau- oder Grüntöne mit hohen Echtheiten.

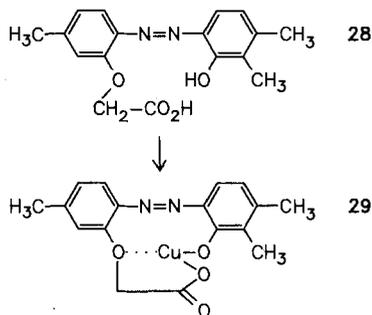
Seinen Mitarbeitern gelang auch die Darstellung des bekannten PHTALOGEN® Brillantblau<sup>31)</sup>. Die Bedeutung der technisch heute so wichtigen Reaktivfarbstoffe wurde von Otto Bayer frühzeitig erkannt. So wurde die Entwicklung des für die Bayer AG bedeutsamen LEVAFIX® E Reaktivfarbstoff-Sortiments von ihm intensiv gefördert. Seine Arbeiten über naßechte Wollfarbstoffe zeichneten schon 1935 und 1940 das Prinzip der Reaktivfarbstoffe vor: Wollfarbstoffe mit Sulfonsäurefluorid-Gruppen (26)<sup>32)</sup> oder  $\beta$ -Chlorethylsulfon-Gruppen (27)<sup>33,34)</sup> besitzen gegenüber konventionellen Säurefarbstoffen überlegene Naßechtheiten, was wenigstens z. T. auf chemische Reaktionen mit funktionellen Gruppen der Wolle zurückzuführen sein dürfte.



Obwohl Reaktionen mit der Faser am Beispiel von langkettigen Isocyanaten als Hydrophobiermittel schon 1936 eingehend diskutiert wurden<sup>35)</sup>, griff Otto Bayer diesen Gedanken bei seinen Arbeiten über die Verbesserung der Naß- und Lichtechtheiten von substantiven Baumwollfärbungen nicht wieder auf. Hier erwiesen sich zwei andere Wege als außerordentlich erfolgreich, bei denen löslichmachende Gruppierungen an Farbstoffen durch Nachbehandlung auf der Faser blockiert wurden:

a) Die für die Wasserlöslichkeit von substantiven Azofarbstoffen verantwortlichen Sulfonsäure-Gruppen wurden auf der Faser mit speziellen makromolekularen Stickstoffbasen in unlösliche Salze umgewandelt<sup>36,37)</sup>.

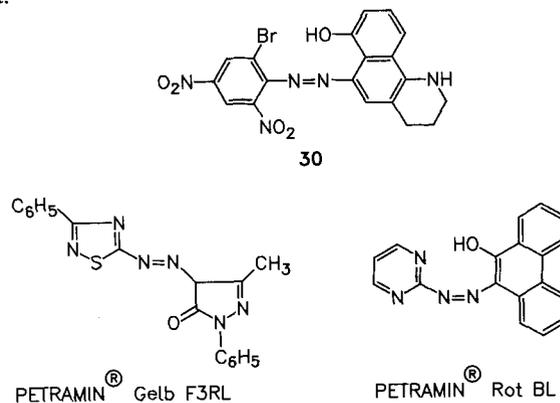
b) Bestimmte löslichmachende Gruppierungen wurden durch Umsetzen mit Kupfersalzen, d. h. durch Komplexierung auf der Faser, blockiert<sup>38-40)</sup>. Hierbei konnten häufig Licht- und Naßechtheiten verbessert werden, z. B. im Fall 28  $\rightarrow$  29.



Zur Optimierung beider Verfahren – Behandeln mit makromolekularen Kationen bzw. Nachmetallisierung – gab Otto Bayer so wesentliche Anregungen, daß diese Methoden der Naßechtheitsverbesserung auch im Zeitalter der Reaktivfarbstoffe überleben konnten.

Die Herstellung der ersten Synthesefaser, der „Kunstseide“ aus Cellulosetriacetat, konfrontierte die Farbstoffchemiker mit der Aufgabe, für dieses Substrat neue Farbstoffe zu entwickeln. Hieran hat sich die Arbeitsgruppe um Otto Bayer ebenfalls lebhaft beteiligt. Als Beispiel aus diesen Arbeiten<sup>41-43)</sup> sei ein blauer Monoazofarbstoff (30) genannt.

Bemühungen, die Acetatseide durch Einbau von Amino-Gruppen zu „animalisieren“<sup>44)</sup>, d. h. Wolle ähnlich zu machen und sie nach einem Ionenmechanismus mit sauren Farbstoffen zu färben, haben sich nicht durchsetzen können. Dagegen war einer weiteren Idee – der Entwicklung des Sortiments der PETRAMIN® Farbstoffe – Erfolg beschieden. Von seinen Mitarbeitern wurden diese Farbstoffe zum Färben von nickelmodifizierten Polypropylen-Fasern entwickelt<sup>45,46)</sup>. PETRAMIN® Farbstoffe sind in der Lage, mit dem in der Faser vorhandenen Nickel Komplexe zu bilden und dadurch fest auf der Faser zu haften. Beispiele für diese Farbstoffe sind PETRAMIN® Gelb und PETRAMIN® Rot.



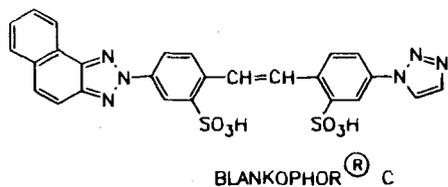
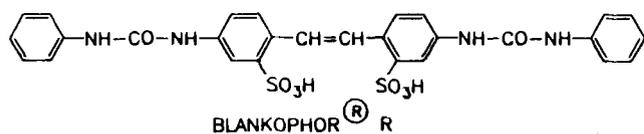
Erhebliche Fortschritte gelangen Otto Bayer bei der Kombination von Kunststoffchemie und Farbenchemie, dem sogenannten Pigmentdruckverfahren. Die Auswahl spezieller Filmbildner und geeigneter Vernetzer ermöglicht es, organische und anorganische Pigmente so auf Gewebe „aufzukleben“, daß die textilen Eigenschaften dadurch nur geringfügig beeinträchtigt werden. Als Filmbildner dienen z. B. basisch substituierte Acrylsäure-Derivate, die in Form ihrer Salze wasserlöslich sind und mit Triacrylformal vernetzt werden<sup>47)</sup>, oder man verwendet selbstvernetzende Latices, z. B. auf Basis von (Methoxymethyl)acrylsäureamid<sup>48)</sup>.

Diese Verfahren haben eine große Verbreitung gefunden, zu der auch wirtschaftliche und ökologische Aspekte sowie die zunehmende Bedeutung von Fasermischungen beigetragen haben.

Otto Bayer hat als erster die wirtschaftliche Bedeutung der optischen Aufheller voll erkannt. Nach der Entdeckung der optischen Bleiche durch Wendt schlug er vor, 4,4'-Diamino-2,2'-stilbendisulfonsäure mit Isocyanaten, insbesondere mit Phenylisocyanat, zu acylieren<sup>49)</sup>. Der resultierende Harnstoff, BLANKOPHOR® R, war 15 Jahre lang ein wichtiger Baumwollweißtöner.

Neben speziellen acylierten Derivaten der 4,4'-Diamino-2,2'-stilbendisulfonsäure<sup>50-52)</sup> regte Otto Bayer auch Arbeiten über chloritbeständige Baumwollweißtöner an. Auf seinen Vorschlag<sup>53)</sup> geht die Synthese von 4-[Naphtho[1,2-d]-1,2,3-triazol-2-yl]-4'-(1,2,3-triazol-1-yl)-2,2'-stilbendisulfonsäure-Derivaten zurück, die u. a. zum BLANKOPHOR® C führte.

Schon während seiner Zeit im I. G. Werk Mainkur beschäftigte sich Otto Bayer mit der Entwicklung von Textil-



hilfsmitteln. Ab 1936 erschienen viele Patente mit seinem Namen, die sich mit der Verbesserung der Naßechtheit von Färbungen<sup>40)</sup> und mit Verfahren zum Wasserabstoßendmachen von Textilien befassen.

Nachdem zunächst hauptsächlich basische Zirconiumsalze als Hydrophobiermittel eingesetzt wurden, fließen in diese Arbeiten nun immer stärker auch Erkenntnisse ein, die aus seiner Beschäftigung mit der Isocyanatchemie resultieren<sup>35,54–56)</sup>. So wird Ende 1936 ein „Verfahren zum Wasserabstoßendmachen von Textilgut“ angemeldet, wobei z. B. Kaschmirwollgewebe zuerst mit Octadecylamin und anschließend mit Stearylisocyanat behandelt wird. Auch Baumwoll- und Kunstseidengewebe lassen sich so waschrecht hydrophobieren.

Einige Jahre später werden für diesen Zweck Hydrogensulfid-Addukte von bi- und höherfunktionellen Isocyanaten mit langkettigen Polyaminen angemeldet<sup>57)</sup>, die in Gegenwart von Paraffinwachsen angewandt und beim Erhitzen zu hochmolekularen Polyharnstoffen vernetzt werden.

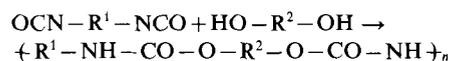
Obwohl Otto Bayers große Liebe zeitlebens der Farbstoff- und Textilhilfsmittel-Chemie galt – ca. 140 Patente und zahlreiche Publikationen zeugen von seinem Ideenreichtum –, arbeitete er sich rasch auch in alle anderen Forschungsbereiche des Leverkusener Werkes ein, so daß er bald auch den auf gänzlich anderen Gebieten tätigen Chemikern wertvolle Anregungen geben konnte. Aber er erkannte auch, daß darüber hinaus neue Arbeitsgebiete in Angriff genommen werden mußten.

Lange bekannt und inzwischen auch technisch auf breiter Basis durchgeführt wurde Mitte der dreißiger Jahre die Polymerisation und Copolymerisation von Vinylverbindungen und Dienen zu Synthese-Kautschuken und wichtigen Kunststoffen wie Polystyrol und Polyvinylchlorid. Zudem war gerade Carothers in den USA die aufsehenerregende Polykondensation von Adipinsäuren und Hexamethylen-diamin zu Nylon 66 gelungen. In der Erkenntnis, daß den Kunststoffen die Zukunft gehörte, ging Otto Bayer der Frage nach, ob und wie man auf einem völlig neuen Weg in diesen Bereich vorstoßen konnte.

Nur ein kreativer Vollblut-Chemiker mit großem Weitblick und außergewöhnlichem Mut konnte in dieser Situation ein so völlig neuartiges Verfahren zur Herstellung von Hochpolymeren vorschlagen, das Diisocyanat-Polyadditionsverfahren<sup>58)</sup>. Mit diesem Verfahren hat Otto Bayer eine Pioniertat vollbracht, die ihm Weltgeltung brachte, und

einen heute kaum mehr zu übersehenden Industriezweig begründet: die Chemie und Technologie der Diisocyanate und ihrer polymeren Polyadditionsprodukte, der sogenannten Polyurethane (PUR).

Seine Arbeitshypothese war wissenschaftlich gesehen einfach: Da Isocyanate mit Alkoholen quantitativ in exothermer Reaktion Urethane bilden – eine übliche Labormethode zur Charakterisierung von Alkoholen –, sollten Diisocyanate mit Dialkoholen in einer Polyadditionsreaktion neuartige langkettige Makromoleküle liefern, die Polyurethane. Entsprechend waren aus Diisocyanaten und Polyaminen Polyharnstoffe zu erwarten. Vielleicht ergaben beide Polyadditionen brauchbare Kunststoffe. Im Gegensatz zur Polykondensation von Carothers hatten diese Polyadditionsreaktionen den Vorteil, daß sie exotherm und ohne Abspaltung von Nebenprodukten verlaufen würden.



Nun war aber Otto Bayer nicht nur Wissenschaftler, sondern verantwortlich für die Forschung eines Weltunternehmens. Unter diesem Aspekt war sein Vorhaben mehr als kühn. Auch wenn sein Konzept stimmte und nach diesem Prinzip neuartige Kunststoffe darstellbar waren, bestanden große Schwierigkeiten, diese Verbindungen großtechnisch zu produzieren. Für die Herstellung der Isocyanate war es nötig, eine Azid- oder eine Phosgen-Produktion mit den bei dieser Chemie zunächst unübersehbaren Problemen aufzubauen. Selbst wenn mit entsprechendem technischem Aufwand die Schwierigkeiten zu meistern wären, würden diese Isocyanate sehr teuer. Kunststoffeigenschaften, die einen vorhersehbaren Preis des Diisocyanats zwischen 50 und 100 Mark pro kg rechtfertigen würden, waren gar nicht vorstellbar. Zudem mußten diese Kunststoffe mit PVC oder Polyamid, mit PLEXIGLAS<sup>®</sup> oder BUNA<sup>®</sup> konkurrieren. Das Ganze schien von vornherein zwar wissenschaftlich hochinteressant, aber technisch wenig aussichtsreich.

Es ist aus heutiger Sicht kaum nachvollziehbar, was dieses Konzept 1937 chemisch, technisch und wirtschaftlich bedeutete und welche Erwartungen, aber auch Herausforderung, es beinhaltete. Eine auf der Basis des Wissens von 1937 durchgeführte – heute übliche – Projektanalyse hätte Otto Bayers Idee klar ins wirtschaftliche Aus befördert.

Über anderthalb Jahrzehnte hielt Bayer unbeirrt an seiner „Polyurethanchemie“ fest, trotz aller Unkenrufe, trotz mitleidigen Lächelns der Fachleute, trotz technischer und wirtschaftlicher Fehlschläge; er trieb sie mit der ganzen Autorität seiner Persönlichkeit und Kompetenz voran und beschäftigte immer mehr Mitarbeiter damit. Diese innovative Schubkraft und Unerschütterlichkeit und die Fähigkeit, immer wieder seine Mitarbeiter zu motivieren, ist wohl ebenso bewundernswert wie die zugrundeliegende Idee selbst.

Er war fest davon überzeugt, daß sein Konzept breit genug angelegt war, um dem Überraschenden und Unvorhersehbaren genügend Spielraum zu geben. Das Feld war riesig, mit Sicherheit barg es gewinnträchtige Möglichkeiten, man mußte sie nur mit Fleiß, Geschick und Fingerspitzengefühl finden. Otto Bayer behielt recht. In seinem Todesjahr 1982

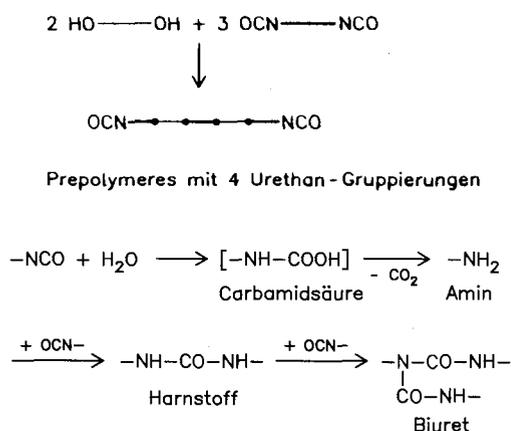
betrug die Weltproduktion an Polyurethanen 3 Mio. t im Gesamtwert von ca. 12 Mrd. DM.

Es ist nicht möglich, die Geschichte dieser Entwicklung auf knappem Raum darzustellen; auch eine Systematik der Polyurethanchemie<sup>59,60</sup> würde den vorgegebenen Rahmen sprengen. Statt dessen soll schlaglichtartig an wenigen Beispielen die Entwicklungsdynamik aufgezeigt werden.

Die Anfänge waren dornenvoll. Zwar stellte sich der wissenschaftliche Erfolg rasch ein, die Polyaddition gelang: aus 1,6-Hexamethyldiisocyanat (HDI) und einfachen linearen Dialkoholen konnten Fasern und thermoplastisches Kunststoff-Halbzug hergestellt werden<sup>59</sup>, aber das Vorbild und wichtigste Konkurrenzmaterial – Polyamid – blieb sowohl in der Thermostabilität als auch in der Wirtschaftlichkeit unerreicht. Erst als anstelle von niedermolekularen Dialkoholen hydroxylgruppenhaltige Polyester aus Dicarbonsäuren und Di- bzw. Triolen eingesetzt wurden, gelang der Durchbruch. Nun ließen sich z. B. Lackpolyester auf bisher nicht erreichte hohe Molekulargewichte bringen; es gelang sogar, sie auf dem zu beschichtenden Substrat zu vernetzen<sup>59–63</sup>.

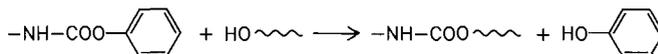
Nach diesem Prinzip hergestellte Lacke erwiesen sich rasch als allen bisherigen Produkten überlegen. Haftfestigkeit, Elastizität, Glanz, Wasserfestigkeit und Wärmebeständigkeit waren drastisch verbessert. Die hervorragenden Produkteigenschaften rechtfertigten den Versuch zur Überwindung der technischen Schwierigkeiten: Es mußten aus dem flüssigen, die Schleimhäute reizenden Toluyldiisocyanat mit Di- und Trialkoholen zunächst praktikable, feste, physiologisch inerte Lackisocyanate hergestellt werden. Da bei der Vermischung mit Hydroxy-Endgruppen sofort Polyaddition einsetzt, konnten sie nur als Zweikomponentenlacke mit begrenzter Reaktionszeit verarbeitet werden. Damit begann eine für die PUR-Chemie überaus fruchtbare Entwicklung zu immer höherwertigeren licht- und wetterstabilen DD-Lack<sup>®</sup> Typen, die heute weltweit z. B. für Eisenbahn- und Flugzeuglackierungen eingesetzt werden und nun auch in die Automobilbranche eindringen<sup>64,65</sup>.

Die Polyadditions-Chemie ermöglichte aber auch eine zweite Applikationsform: feuchtigkeitshärtende Einkomponentenlacke. Erstmals war es möglich, in Abhängigkeit von der Stöchiometrie der Reaktanden sogenannte Prepolymere, d. h. nahezu beliebige Zwischenstufen der Polyaddition, herzustellen:



Diese werden dann in einem zweiten Reaktionsschritt bei Raumtemperatur, z. B. mit Luftfeuchtigkeit, zu einem Polyharnstoff-Urethan ausgehärtet.

Eine dritte Möglichkeit lag im Einsatz sogenannter „verkappter“ Polyisocyanate, z. B. in Form der Polyphenylurethane, die mit Polyolen lagerstabil mischbar waren, oberhalb ca. 150°C jedoch unter Phenolabspaltung rasch aushärteten. Damit wurden Drahtlacke auf Isocyanatbasis zugänglich<sup>59,60,63,66,67</sup>.



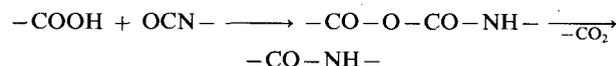
Für den Erfolg der Polyurethane auf dem Lacksektor waren die unübertroffenen Eigenschaften der Endprodukte ausschlaggebend. Das auf dem Substrat durchzuführende Polyadditionsverfahren aus zwei Komponenten wurde jedoch zunächst lange Zeit als Nachteil angesehen, der in Kauf genommen werden mußte.

Auch auf dem Kunststoffgebiet paßte das neue, im Labor sich als so elegant erweisende Verfahren nicht in die bestehenden Verarbeitungsverfahren wie Spritzguß, Kautschuk-Technologie und Duroplast-Herstellung. Ein besonderer Vorteil des Polyadditionsverfahrens war nicht zu erkennen. Zwar ließen sich Mischungen aus Diisocyanaten und Polyester-Vorkondensaten mit endständigen OH-Gruppen im Knetzer oder auf der Mischwalze verarbeiten und anschließend formgebend verpressen, aber die Einsatzmöglichkeiten als „elastisches Bakelit“ waren begrenzt, besonders in Anbetracht der hohen Materialkosten<sup>59,68,69</sup>. Produkte auf Basis flüssiger Polyester ließen sich formgebend gießen, doch entstanden stets unbrauchbare Produkte voller Blasen.

Ausgerechnet dieser Nachteil ließ sich aber durch das breit variierbare Polyadditionsverfahren in einen so durchschlagenden Vorzug verwandeln, daß von da an der technische Siegeszug der Polyurethane einsetzte und sich bis heute auf immer anspruchsvollerem Niveau fortsetzt.

Die lästigen Blasen bestanden aus Kohlendioxid, das durch zwei Nebenreaktionen entstanden war:

- 1) durch Reaktion der Isocyanat-Gruppe mit Spuren von Wasser (s. o.),
- 2) durch Umsetzung der Isocyanat-Gruppen mit freien Carboxyl-Gruppen, die in herkömmlichen Polyesterpolyolen fast immer enthalten waren.



Diese Reaktionen bauen ebenfalls Polymere auf. Es lag daher nahe, sie durch richtige Dosierung der Komponenten gezielt zur Herstellung von Polyurethan-Schaumstoffen einzusetzen. Unter Zusatz oberflächenaktiver Schaumstabilisatoren, Katalysatoren und nach Ausarbeitung einer genauen Abstimmung zwischen Treib- und Vernetzungsreaktion war ein konkurrenzlos elegantes Verfahren zur Herstellung eines in seinen Eigenschaften breit variierbaren Kunststoffschaums geboren. Der höhere Preis des Stoffge-

misches gegenüber einer Gummimischung oder einem Kautschuklatex wurde durch das einfache Verfahren und die besseren Produkteigenschaften mehr als wettgemacht: Man brauchte nur das flüssige Diisocyanat mit dem flüssigen Polyol-Wasser-Additiv-Gemisch bei Raumtemperatur intensiv zu vermischen – und wenige Sekunden später entstand in spontaner exothermer Reaktion ein vernetzter, mechanisch hochwertiger Polyester-Urethan-Harnstoff-Schaum des gewünschten Raumgewichts<sup>59,70–72</sup>.

Die wirtschaftlichen Chancen, mit diesem völlig neuartigen Produkt in den Matratzen- und Polstermarkt und mit geschlossenzelligen harten Schaumstoffen in den Sektor der Kühlmöbel und der Wärmedämmung einzudringen, waren so gut, daß es sich nun lohnte, eine auf das Diisocyanat-Polyadditionsverfahren abgestimmte Zweikomponenten-Maschinenteknologie zur Förderung, Dosierung und Vermischung zu entwickeln<sup>61</sup>. Erst mit der Kombination von neuer Chemie mit darauf abgestimmter Maschinen- und Verfahrenstechnik konnte aus dem teuren exotischen Spezialpolymer „Polyurethan“ eine großtechnische, umfangreiche Produktfamilie werden.

So charakterisiert der Begriff „Polyurethan“ weniger ein bestimmtes Eigenschaftsbild, als ein Bau-, Struktur- und Verfahrensprinzip zum Aufbau von Makromolekülen der verschiedensten Art.

In diesem Sinne ist die Gruppe der Polyurethane umfassender als die der Vinylpolymerisate. Aufbaumethodik, Möglichkeiten der Eigenschaftssteuerung, Variabilität der Baukomponenten und insbesondere die gezielt durchführbare Vorbestimmung der Natur der Endgruppen des Makromoleküls und der Funktionalität durch das Prinzip der Isocyanat-Polyaddition übertreffen die Möglichkeiten der Polymerisation von Vinylmonomeren und Dienen erheblich.

Die Schaumstoffe waren das erste, unerwartete Ergebnis aus den Versuchen, PUR-Gießharz herzustellen, ein zweites war die Entwicklung neuartiger Elastomere, die zu einer neuen physikalisch-chemischen Elastomeren-Theorie führten<sup>73</sup>.

Nach bis dahin anerkannter Auffassung waren Elastomere („Gummi“) auf der molekularen Ebene durch ein weitmaschiges, amorphes, homöopolares Netzwerk charakterisiert. Elastomeres und thermoplastisches Verhalten schlossen sich danach wechselseitig aus.

Für die allerersten PUR-Elastomeren aus verzweigten Polyester- und Diisocyanaten traf diese Theorie zu<sup>74,75</sup>; überraschenderweise wurden aber ungleich bessere Produkte erhalten, wenn ausschließlich bifunktionelle Bausteine – Polyesterdiol, 1,4-Butandiol oder Wasser und Diisocyanat – eingesetzt wurden. Diese neuen PUR-Elastomeren waren als „VULKOLLAN®“ in Herstellung und Eigenschaften ungewöhnlich: Sie wurden unmittelbar aus den Ausgangskomponenten durch Gießen in Formen hergestellt und zeichneten sich durch hohe Zugfestigkeit, hohe Moduli und einen bis dahin noch nie beobachteten hohen Widerstand gegen Weiterreißen und gegen Abrieb aus. Auch waren sie ungewöhnlich beständig gegen Ozon, Sauerstoff, Benzin, Öle und Lösemittel<sup>76–84</sup>.

Noch gelang – wenn auch mit Mühe – die Einordnung in das bestehende Elastomeren-Paradigma: die als Zwischenstufe auftretenden NCO-Prepolymeren (Molekulargewicht ca. 3000) konnten gebildete Polymerketten über Allophanat- oder (durch Wasser-Spuren bedingte) Biuret-Brücken (siehe oben) vernetzen; auch war anteilig Trimerisation der Isocyanate nicht auszuschließen.

Schließlich aber stand zweifelsfrei fest: es gab auch chemisch unvernetzte, streng linear aufgebaute thermoplastische PUR-Elastomere, z. B. eine mit Diaminen anstelle von Glykolen hergestellte, aus DMF-Lösung versponnene PUR-Elastomere. Sie war eine späte Krönung der zunächst so enttäuschenden PUR-Faserforschung<sup>85–87</sup>. Die alte Vorstellung, daß Elastomere als molekulares Netzwerk vorliegen, war also entthront und die bis dahin gültige Elastomeren-Theorie bedurfte einer Korrektur. Die neue Theorie zeigt die Sonderstellung der Polyurethane und erklärt ihre außergewöhnlichen Eigenschaften.

Die meisten modernen PUR sind aus mindestens drei Komponenten aufgebaut: dem oligomeren Polyether- oder Polyesterglykol A), dem kurzkettigen Glykol oder Diamin B) und dem Diisocyanat C).

A) Polyesterpolyole werden hergestellt aus Diolen wie Ethylenglykol, 1,2-Propandiol, 1,4-Butandiol, Diethylenglykol oder Triolen wie Glycerin, Trimethylolpropan, Hexantriol und Dicarbonsäuren wie Bernsteinsäure, Adipinsäure, Phthalsäure oder Lactonen wie Caprolacton. Polyetherpolyole werden erhalten aus Startern wie Ethylenglykol, 1,2-Propandiol, Pentaerythrit, Sorbit, Zucker, Wasser, Ethylen-diamin und Oxiranen wie Ethylenoxid, Propylenoxid.

B) Als Dirole werden eingesetzt Ethylenglykol, 1,2-Propandiol, 1,4-Butandiol, Neopentylglykol, 1,6-Hexandiol; als Diamine bevorzugt man Isophorondiamin, Diethyltoluylendiamin oder 3,5-Diamino-4-chlorbenzoesäure-isobutylester.

C) Die verwendeten Diisocyanate sind 1,6-Diisocyanatohexan, Isophorondiisocyanat, Diisocyanatotoluol, 4,4'-Diisocyanatodiphenylmethan, 1,5-Diisocyanatonaphthalin, u. a.

Damit ist ein segmentierter Aufbau der Polymerketten vorgegeben. Flexible sogenannte „Weichsegmente“ aus A) wechseln mit parakristallinen „Hartsegmenten“ aus B) und C) ab.

Entscheidend ist nun, daß es aufgrund der „Unverträglichkeit“ dieser beiden Segmentarten infolge ganz unterschiedlicher Polarität und Kristallinität zur „Segregation“ (Entmischung) und damit zur Domänenbildung von Hartsegment-Inseln in einer Weichsegment-Matrix kommt. Nach diesem bei PUR erstmalig realisierten Prinzip sind in der Folge auch andere Segment-Polymere aufgebaut worden<sup>78–91</sup>.

PUR-Elastomere konnten nunmehr nicht nur gegossen, sondern auch in Spritzgußmaschinen verarbeitet und aus Lösung für Beschichtungen und Verklebungen eingesetzt werden.

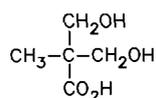
Das neue Elastomerenprinzip ließ sich aber auch mit der Schaumstofftechnologie kombinieren und nimmt als RIM- („reaction injection moulding“-)Technologie zur Zeit weltweit einen rasanten Aufschwung. Dabei werden die flüssigen

Ausgangskomponenten maschinell exakt dosiert, vermischt und in geschlossene Formen eingespritzt, worin sie in kürzester Zeit aushärten und entformbar sind. Die eigentliche chemische Reaktion, Aufbau der niedermolekularen Ausgangsverbindung zum Polymeren, wird also nicht in der chemischen Fabrik, sondern unmittelbar beim Verarbeiter, z. B. der Automobilindustrie, vorgenommen und führt direkt zum fertigen Formteil, z. B. einem Lenkrad oder einem Karosserieteil<sup>92,93</sup>.

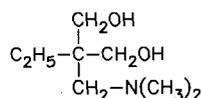
Das RIM-Verfahren erlaubt Reaktionszeiten in der Größenordnung weniger Sekunden. Daher können Diamine, deren Umsetzung mit Diisocyanaten im Laboratorium ohne Verdünnungsmittel nicht beherrschbar ist, als Reaktionspartner eingesetzt werden. Die gebildeten Poly-Harnstoffe sind steifer und thermostabiler als entsprechende Polyurethane, vor allem aber lassen sie sich rascher entformen; dies ist ein eindrucksvolles Beispiel, wie die Einführung und Entwicklung einer neuen Technologie rückwirkend die Erweiterung der chemischen Basis erlaubt. Die Synthese von Polyethern und Polyestern mit endständigen Amino-Gruppen wurde nun attraktiv.

Polyurethane werden auch in vielfältiger Form zum Schutz und zur Gestaltung von Oberflächen eingesetzt, sei es als reaktive Zweikomponentensysteme, als ausreagierte oder durch Luftfeuchtigkeit bzw. Hitze härtende Einkomponentensysteme. Lacke für die verschiedensten Zwecke wurden im Laufe der Zeit durch Textilbeschichtungsmittel und Lederappreturen ergänzt. Für das Auftragen in niedrigviskoser Form wurden lange Zeit große Mengen an Lösemitteln benötigt. Noch in seinen letzten Dienstjahren regte Otto Bayer die Entwicklung wäßriger Polyurethansysteme durch den Einbau ionischer Gruppen an. Aus diesem Impuls erwachsen die PUR-Ionomeren und eine neue Klasse wäßriger Dispersionen, die ohne Emulgatoren und ohne Scherkräfte hergestellt werden konnten<sup>93-106</sup>.

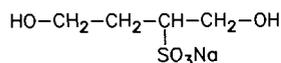
Bei den *Ionomer-Bausteinen* handelt es sich z. B. um die Verbindungen 31 – 34.



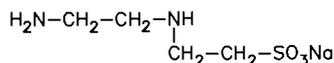
31



32



33



34

Wäßrige Polyurethansysteme verdrängen heute im Verein mit Pulvern und „high-solids“-Produkten zunehmend die alten, Lösemittel enthaltenden Produkte. Darüber hinaus ermöglicht die wäßrige Form neue Einsatzmöglichkeiten: Antifilzausrüstung von Wolle, Leimungs- und Beschichtungsmittel für Papier, Glasfaserausrüstung, Weichmacher für Photogelatine, dünnwandige Materialien durch Tauchkoagulation, Gerbstoffe und Färbereihilfsmittel.

Die Herstellung von Polyurethanen als wäßriges Zweiphasensystem eröffnet dem Polymer-Chemiker breite Mög-

lichkeiten. Zu der großen chemischen Variabilität hinsichtlich der Grundbausteine kommt nun die Wahlmöglichkeit zwischen anionischen, kationischen, zwitterionischen und nichtionisch-hydrophilen einbaufähigen Komponenten. Im Gegensatz zu echten Lösungen, deren Molekulargewicht nach oben aus Viskositätsgründen begrenzt ist, können nun auch extrem hochmolekulare, verzweigte, ja sogar völlig vernetzte Polyurethane aufgebaut und aus dem wäßrigen Medium appliziert werden.

Die Chemie der Isocyanate und Polyurethane befruchtete im Laufe ihrer Entwicklung immer stärker auch andere Gebiete der Chemie. So fungieren z. B. die heterofunktionellen Bausteine der Polyurethanchemie als Bindeglieder zu anderen Polymersequenzen. Nahezu alle Polymertypen lassen sich mit Isocyanaten oder Oligo- und Polyurethan-Sequenzen modifizieren.

Die Chemie und Technologie der Polyurethane ist von Otto Bayer und seinen Mitarbeitern, die keine ausgebildeten Polymerfachleute, sondern organisch-präparative Chemiker waren, mit der Unvoreingenommenheit und dem Elan der Außenseiter konzipiert und etabliert worden. Sie enthält sich nach 50 Jahren dem Fachmann als ein überaus komplexes Gebiet, das sich nur durch Zusammenschau von präparativ-organischer und Polymerchemie, Reaktionskinetik, Grenzflächen-Physikochemie, Festkörperphysik und Verfahrenstechnologie dem Verständnis erschließt und damit weitere Entwicklungsperspektiven gewinnt.

Die Komplexität der Zusammenhänge sei, ohne ins Detail zu gehen, an einem Beispiel verdeutlicht: Die NCO-Gruppe reagiert sehr leicht mit Wasser. Zunächst war dies eine unerwünschte Nebenreaktion, die durch sorgfältigen Ausschluß von Feuchtigkeit unterbunden wurde, bis man lernte, diese einfache Reaktion vielfältig zu nutzen. Je nach Molekulargewicht und Hydrophilie des Diisocyanats oder des NCO-Endgruppen aufweisenden Prepolymeren, der Wassermenge und der Art der Vermischung konnte man verschiedene Zwischen- und Endprodukte herstellen: Biurettriisocyanate, homogene Einkomponenten-Beschichtungen, hochwertige Elastomere, Zweikomponenten-Weichschäume, Einkomponenten-Hartschaumstoffe, Mikroporös-Beschichtungen, wäßrige PUR-Harnstoff-Dispersionen und -Sole, Pulver und wäßrige Lösungen oder Gele.

Bemerkenswert ist die Entwicklungsgeschichte dieses riesigen Polymergebiets auch deshalb, weil sie gerade umgekehrt gelaufen ist, als das üblicherweise erwartet wurde. Sie begann und entwickelte sich über vier Jahrzehnte nahezu ausschließlich empirisch in der Industrie; erst im letzten Jahrzehnt machte die wissenschaftliche Durchdringung Fortschritte, und nun wird sie auch von den Hochschulen und Forschungsinstituten aufgegriffen.

Die Entwicklung der Polyurethanchemie, die Otto Bayer in seinem Vortrag „Die Odyssee einer Erfindung“ anschaulich schildert, war gekennzeichnet durch immer neue Schwierigkeiten und Rückschläge. Von den orientierenden Laboratoriumsversuchen bis zum Verkauf der ersten Produkte vergingen – mitbedingt auch durch den Krieg – über 1 1/2 Jahrzehnte. Immer wieder sah es so aus, als sei die wissenschaftlich zweifellos interessante Idee technisch

nicht zu realisieren. Während viele andere resigniert hätten, setzten diese Schwierigkeiten bei Otto Bayer ungeahnte Energien frei; er sah sie als Herausforderung an, sich zu bewähren. Und so gelang es ihm gerade in solchen Situationen meisterhaft, nicht nur sich selbst, sondern auch seine Mitarbeiter immer aufs neue dafür zu begeistern.

Er selbst schreibt zu dieser Zeit: „Die Phantasie hat uns beflügelt, und anschauliche, zwar nicht immer richtige, jedoch erfolgreiche Arbeitshypothesen haben uns weitergeholfen. Unerwartete Beobachtungen, die wir mit kriminalistischem Spürsinn verfolgten, die hohe Experimentierkunst und die Begeisterungsfähigkeit der Mitarbeiter waren ebenfalls von entscheidender Bedeutung für den Gesamterfolg. Viel Glück gehörte natürlich auch dazu.“

Mit welchem Weitblick Otto Bayer schon sehr früh die Breite der Anwendung und die Bedeutung der Polyurethanchemie gesehen hat, geht aus Vorträgen hervor, die er in der Pionierzeit der PUR-Chemie 1941 und 1943 auf den Sitzungen des Technischen Ausschusses der I. G. in Frankfurt gehalten hat. Die ganze Palette der Anwendungsbeispiele für die Polyurethane war damals schon im Visier: Schaumstoffe, Fasern, Borsten, Kunstleder, Folien, Lacke, Klebstoffe, Elastomere, Reifen, etc. Was die Mengen angeht, meinte Otto Bayer damals, „würde zumindest die Größenordnung und Bedeutung von BUNA® erreicht.“ Die heutige Wirklichkeit übertrifft die kühnsten Träume und Prognosen<sup>64,107,108</sup>.

In allen Bereichen, von der Synthese und der technischen Produktion der Isocyanate und der vielen anderen Grundbausteine, der Katalyse, der Verfahrenstechnik und Maschinenentwicklung bis hin zur Anwendung der Endprodukte und der Erschließung immer neuer Einsatzgebiete<sup>109–120</sup>, viele von Otto Bayer selbst vorgezeichnet, haben inzwischen Generationen von Chemikern und Ingenieuren an der Realisierung dieses Potentials gearbeitet und durch eine Fülle von Innovationen die Werkstofftechnik revolutioniert.

Initiiert durch die Isocyanatchemie erlebte auch die Chemie der Kohlensäure-Derivate<sup>121–136</sup> zunächst innerhalb, später aber auch außerhalb der Bayer AG eine wahre Renaissance, die mit dazu beigetragen hat, daß Kohlensäure-Derivate in der Folgezeit auf vielen Gebieten der angewandten Chemie eine beachtliche Bedeutung erlangt haben; z. B. Polycarbonate<sup>137</sup> als hochwertige thermoplastische Kunststoffe.

Das Wissenschaftliche Hauptlaboratorium wurde unter Otto Bayers Leitung zu einer Forschungsstätte, in der nach und nach alle Bereiche der organisch-technischen Chemie bearbeitet wurden. Es fällt schwer, alle Produkte und Verfahren zu nennen, deren Entwicklung er initiiert oder durch seine Ideen gefördert hat. Selbst die Pharmaforschung, die Otto Bayer weniger vorangetrieben hat als andere Gebiete, konnte in seiner Ära und mit seiner Unterstützung bemerkenswerte Erfolge erzielen, wie die Erfindung des Tuberkulosemittels NEOTEBEN®.

Besonderen Anteil hatte Otto Bayer an den ersten Forschungsarbeiten auf dem Naturstoffgebiet – Vitamin A und

Insektenlockstoffe –, die von ihm selbst angeregt und mit großem Interesse verfolgt wurden.

Ein Bindeglied zwischen dem Otto Bayer besonders naheliegenden Gebiet der Textilfarbstoffe und dem der insektiziden Wirkstoffe bilden Schutzmittel für Wolle gegen Moten- und Käferfraß. Unter dem Warenzeichen EULAN® waren hierfür geeignete Präparate bereits vor dem Eintritt Otto Bayers in das Wissenschaftliche Hauptlaboratorium entwickelt worden. Aus den Folgearbeiten resultierten verbesserte Präparate auf Sulfonsäureanilid-Basis<sup>138,139</sup>, von denen EULAN® U 33 (Chlormethansulfonamid von Polychlor-diphenylamin)<sup>140</sup> auch heute noch als Standardsubstanz verwendet wird.

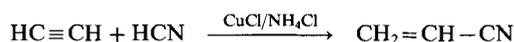
Während diese Stoffklasse keine für die Insektenbekämpfung in der Landwirtschaft brauchbaren Wirkstoffe ergab, waren parallel laufende Entwicklungen in der Schweiz mit dem Auffinden des auch landwirtschaftlich einsetzbaren DDT erfolgreicher.

Dagegen stieß Otto Bayer eine andere zu hochwirksamen Insektiziden führende, in ihrer wahren Konsequenz anfangs nicht erkennbare Entwicklung an: die der insektiziden Phosphorsäureester. Auf der Suche nach neuen Verwendungsmöglichkeiten für die seinerzeit preiswert zugänglich gewordene Flußsäure beauftragte er G. Schrader mit der Synthese von Säurefluoriden. Das Methansulfonsäurefluorid erwies sich als wirksames Insektizid<sup>141</sup>. Dem Einsatz in der Landwirtschaft stand jedoch seine hohe Flüchtigkeit im Wege. Erst viele Jahre später konnte es in geeignete Anwendungsformen zur Bekämpfung von Ektoparasiten an Haus- und Nutztieren übergeführt werden. Auch (Dialkylamido)phosphorsäuredifluoride wurden als insektizid wirksam erkannt<sup>142</sup>. Im Dezember 1936 hatte man mit Phosphorsäureester-amid-cyaniden die ersten breit wirksamen Präparate in der Hand. Eine Verwendung in der Landwirtschaft kam wegen der hohen Warmblüttoxizität aber nicht in Frage. G. Schrader konnte dann mit Folgearbeiten in einem Speziallaboratorium in Elberfeld den insektiziden Phosphorverbindungen anwendungstechnisch und wirtschaftlich zum weltweiten Durchbruch verhelfen.

Regen Anteil nahm Otto Bayer auch an den Arbeiten des Wissenschaftlichen Hauptlaboratoriums an Fungiziden und Herbiziden für die Landwirtschaft, und vielfach war es seinem persönlichen Einsatz zu verdanken, daß die Produktion der neuen Präparate aufgenommen werden konnte.

Farbstoffe und Wirkstoffe stehen oft am Ende einer langen Zwischenprodukt-Entwicklung. Es ist Otto Bayers Verdienst, den Boden der präparativen organischen Chemie im WHL Leverkusen ganz besonders gepflegt zu haben. Er empfand es immer als äußerst positiv, wenn er durch neue Zwischenprodukte Denkanstöße für Weiterentwicklungen in oft ganz unerwartete Richtungen erhielt.

Von großer wirtschaftlicher Bedeutung war die Direktsynthese des Acrylnitrils aus Acetylen und Blausäure<sup>143</sup>.



Die Acrylnitril-Direktsynthese, die erstmalig 1942 im Werk Leverkusen großtechnisch anliefe, führte zu einer ganz

wesentlichen Verbilligung des Acrylnitrils, das von da an in breitem Umfang für technische Polymersynthesen herangezogen werden konnte. Dadurch wurde die preiswerte technische Herstellung des ölfesten Acrylnitril-Butadien-Kautschuks PERBUNAN® und später der Polyacrylnitril-Faser DRALON® erst ermöglicht.

Aber nicht nur Acrylnitril und seine Copolymerisate wurden von Otto Bayer mit Erfolg bearbeitet und zur technischen Anwendung geführt, sondern auch viele andere Vinylpolymerisate. So beschreiben die Patentschriften Polymerisate und Mischpolymerisate aus Polyvinylfluorid und Acrylsäureestern<sup>144</sup>, modifizierte Polyacrylate<sup>145,146</sup> für die verschiedensten Anwendungen, z. B. Textilveredlung, Imprägnierung und Lackbildung.

Durch Nachvernetzen von Ethylen-Vinylacetat-Mischpolymeren (LEVAPREN® Typen) mit mehrbasischen Carbonsäuren wurden Produkte erhalten, die weitgehend die Eigenschaften von vulkanisiertem Kautschuk zeigen, jedoch eine verbesserte Ozon- und Alterungsbeständigkeit aufweisen<sup>147</sup>.

Otto Bayer war ein ungewöhnlich kreativer Wissenschaftler; über 400 deutsche Patente tragen seinen Namen. Unterstützt wurde seine Produktivität durch ein geradezu unglaubliches Gedächtnis für chemische Fakten, das jeden verblüffte, der sich mit ihm über chemische Probleme unterhielt. In seinem Vortrag über die Rolle des Zufalls in der organischen Chemie beschreibt er den Typ des großen Entdeckers wie folgt: „Ein großer Entdecker wird immer eine Persönlichkeit sein, bei der sich Intuition, die Fähigkeit zu beobachten, kindliche Neugierde und Spieltrieb, Kombinationsgabe und Phantasie, Zähigkeit und Optimismus, Fachwissen und Intelligenz glücklich vereinen und der, wie Fierz-David\*) einmal scherzhaft bemerkte, neben dem Genius von Emil Fischer auch noch den Spürsinn eines Sherlock Holmes besitzt.“ Und im Hinblick auf den organisch-präparativen Chemiker fährt er fort: „Die mächtigsten Antriebskräfte in der organischen Chemie sind auch heute noch das Experiment und die Phantasie. Das wird noch lange so bleiben, besonders wenn die organische Chemie ihr höchstes Ziel anstrebt – die Enträtselung der belebten Welt. Infolgedessen wird in der organischen Chemie das intuitiv-künstlerische und nicht das deduktiv-rechnerische Prinzip zu neuen Ufern führen.“

Jeder, der Otto Bayer kannte, wird sofort bemerken, daß er in diesen beiden Zitaten – vielleicht unbewußt – sich selbst und seine Forschungsmethode charakterisiert. Jede Theorie, und war sie noch so fundiert, war ihm nur so viel wert, wie sie als Arbeitshypothese zu leisten vermochte. Diese Einstellung führte dazu, daß er in späteren Jahren in einem Brief an Lord Todd schrieb: „Auch in der organischen Chemie haben sich die Verhältnisse grundlegend verändert. Es wird zwar exakter gemessen und begründeter diskutiert als früher, aber das schöpferische Element, das doch unserer Wissenschaft den großen Reiz gab, wird bald gänzlich durch den Computer ersetzt werden. Die Romantik ist endgültig

dahin. Ich weiß nicht, ob ich unter den heutigen Umständen noch einmal organische Chemie studieren würde.“

Otto Bayer hat immer wieder betont, daß es nicht genüge, daß ein Forschungsleiter ein hervorragender Chemiker sei, er müsse auch ein guter Psychologe sein. Er selbst besaß beide Qualitäten in besonders hohem Maß. So verstand er es, durch Mißerfolge frustrierte Mitarbeiter wieder seelisch aufzurichten und sie durch seinen Optimismus mitzureißen. Er konnte loben, aber auch tadeln und Kritik üben, wenn etwas nicht seine Billigung fand.

Otto Bayer fühlte sich als Vater des WHL. Er hat sich persönlich um in Not geratene Angehörige des WHL gekümmert und spontan und schnell geholfen: Sei es, daß ein Botenjunge einer kinderreichen Familie zu Weihnachten neu eingekleidet wurde, sei es, daß er einem durch Krankheit in Bedrängnis geratenen Laboranten aus finanziellen Schwierigkeiten half.

Rührend hat er sich besonders in den letzten Jahren auch um seine alten Freunde und Bekannten bemüht, die ja meist älter als er waren, da er aufgrund seiner steilen Karriere relativ jung zu großem Einfluß gekommen war. Großzügige Spenden an die SOS-Kinderdörfer runden dieses Bild der Hilfsbereitschaft ab.

Seine engeren Freunde und Mitarbeiter haben die Fürsorglichkeit und Güte Otto Bayers gekannt. Außenstehende haben davon kaum etwas erfahren. Vielleicht waren sein scharfer Witz und seine oftmals schonungslose Offenheit manchmal eine Abwehrreaktion, um seine Gefühle nach außen nicht zu deutlich werden zu lassen. Seinen Freunden konnte er sie aber nicht verbergen.

1951 wurde Otto Bayer Mitglied des Vorstands der neugegründeten Farbenfabriken Bayer AG. Seit dieser Zeit ging sein Wirken weit über den Rahmen des Wissenschaftlichen Hauptlaboratoriums hinaus. Durch seine unternehmerischen Mitentscheidungen im Vorstand und später durch seine Tätigkeit als Aufsichtsratsvorsitzender hat er die Geschichte der Bayer AG über mehrere Jahrzehnte hinweg wesentlich mitgestaltet. Problemen und Aufgaben wich er nie aus, sondern packte sie mit Energie und Tatkraft an. Hatte er eine Konzeption als richtig erkannt, so setzte er seine ganze Überzeugungskraft und Energie dafür ein, daß sie verwirklicht wurde. Entscheidungen – auch schwierige – wurden nicht hinausgeschoben, sondern nach sorgfältigem Prüfen aller Umstände mit großem Verantwortungsbewußtsein getroffen. Dabei war ihm sehr wohl bewußt, daß jeder, der Entscheidungen zu treffen hat, zwangsläufig auch Fehlentscheidungen trifft. Von einer überzogenen Demokratisierung hielt er nichts; er wußte, daß man jedes demokratische System so überstrapazieren kann, daß sich letztlich keiner mehr verantwortlich fühlt. Er war eine starke Persönlichkeit, die ihrer Umgebung ihren Stempel aufdrückte.

Aufgrund seines Weitblicks und seines Gespürs für wirtschaftliche Zusammenhänge hat ihn eine Reihe von Firmen in ihren Aufsichtsrat berufen.

Das Wirken Otto Bayers beschränkte sich aber nicht nur auf den industriellen Raum. Ein ganz besonderes Anliegen war ihm immer die Förderung der Forschung an unseren

\*) Ein ehemaliger Mitarbeiter.

Hochschulen. In den schweren Nachkriegsjahren, als die deutsche Wissenschaft hart getroffen war, hat er sich mit größter Energie für die Belebung einer konstruktiven Forschungspolitik in unserem Lande eingesetzt. Charakteristisch dafür ist ein Grundsatzreferat zur Situation der Chemie an den Hochschulen, das Otto Bayer am 24. Februar 1950 vor der „Arbeitsgemeinschaft Chemische Industrie“ in Anwesenheit von Bundespräsident Theodor Heuss und viel politischer Prominenz hielt. Dieses Referat kommt einem Aufruf gleich und ist in wesentlichen Teilen auch heute noch von hoher Aktualität. Einige Zitate aus diesem Aufruf machen das sehr deutlich:

„Forschung ist die beste und höchstverzinsliche Kapitalanlage eines Volkes und die wichtigste Sicherung seiner Zukunft. Wir sind ein rohstoffarmes Land und zugleich ein hochindustrialisiertes Land. Wenn Deutschland buchstäblich nicht verhungern will, dann müssen wir exportieren. Wirtschaftlich durchsetzen werden wir uns jedoch auf die Dauer nicht mit Massengütern oder einem Preisdumping auf niedrigster Grundlage. Der einzige befriedigende Weg, der uns bleibt, ist: Neues zu erdenken und zu erfinden, um auf diese Weise die großen schöpferischen Kräfte, die in unserem Volk ruhen, wirtschaftlich zu realisieren. Wie kein anderer hat der deutsche Chemieexport die große Chance, nicht Rohstoff-, sondern Intelligenz-intensiv sein zu können. Forschungsergebnisse und ihre industrielle Auswertung sind daher eine wichtige deutsche Lebensgrundlage. Was heute an Forschungsausgaben in kurzsichtiger Weise eingespart wird, muß im Laufe kommender Jahre mit Sicherheit ver Hundertfacht an Arbeitslosenunterstützung und dem Absinken unseres Lebensstandards bezahlt werden.“

Ein Lebenspraktiker wie Otto Bayer nannte auch ohne Umschweife den Weg: nicht mit warmen Worten oder Deklamation wird Forschung gefördert, sondern mit Geld. Aus dem gleichen Vortrag dazu noch ein Zitat:

„Zum Forschen gehört eben Geld und immer wieder Geld. Große Forschungsprojekte von überragender volkswirtschaftlicher Bedeutung können entweder nur vom Staat oder von großen Konzernen erfolgreich durchgeführt werden, Voraussetzung bleibt jedoch immer, daß dies in einer freien und unbürokratischen Atmosphäre geschieht.“

Ein bleibendes Denkmal für die Förderung der Hochschulforschung setzte sich Otto Bayer mit seiner Initiative zur Schaffung des „Fonds der Chemischen Industrie“, dessen Kuratoriums-Vorsitzender er dann 14 Jahre lang war. Mitgliedsfirmen des Verbandes der Chemischen Industrie verpflichteten sich – anonym und ohne jede Projektbindung –, regelmäßig einen bestimmten Betrag an diesen Fonds zu zahlen. Von 1950 bis 1985 sind auf diese Weise 228,6 Millionen DM eingegangen, die der Förderung der Forschung und des Nachwuchses an unseren Hochschulen und der chemischen Literatur zugute gekommen sind.

Der Synergismus zwischen Grundlagenforschung und industrieller Auswertung, besonders auf dem Gebiet der Chemie, war für Otto Bayer eine feste Überzeugung, wie auch der bis heute im Fonds gewahrte Grundsatz, so unbürokratisch wie möglich zu helfen. „Wer schnell hilft, hilft doppelt.“ Das von ihm geschaffene Dozentenstipendium des Fonds

wurde zu einer hochgeschätzten Auszeichnung unter jung Habilitierten und verfehlte seine Wirkung nicht.

Vor allem in den 50er und 60er Jahren hat diese Hilfe der chemischen Industrie für die Hochschulen mit dazu beigetragen, daß manche hochqualifizierte Forscher den Verlockungen aus den USA widerstanden haben, so daß es nach Emigration und Krieg nicht zu einem weiteren großen Verlust an Wissenschaftlern in Deutschland gekommen ist. Heute ist der Fonds, bei den drastisch gekürzten Etats, für die Hochschulchemie eine wichtige und oft unersetzliche Hilfe, um Forschungsvorhaben zu finanzieren.

Nachdem Otto Bayer 1944 zum Honorarprofessor für Technische Organische Chemie an der Universität Köln ernannt worden war, hielt er dort fast zwei Jahrzehnte lang Vorlesungen über spezielle Kapitel der Organischen Chemie. Es war ihm ein großes Anliegen, den Nachwuchs mit neuen technischen Prozessen vertraut zu machen und ihm zugleich einen Einblick in die Probleme der industriellen Chemie zu geben. Durch zahlreiche Vorträge an den Hochschulen und seine Mitarbeit in vielen Gremien hat er stets einen engen Kontakt zu den Hochschulen gehalten. Mit vielen Hochschullehrern verbanden ihn engere freundschaftliche Beziehungen. Besonders geschätzt, ja verehrt, hat er Hans Meerwein, dessen Kryptoionen-Theorie für ihn der Beginn der modernen organischen Chemie war. Daß Hans Meerwein dafür nicht mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde, enttäuschte ihn sehr. Am Neujahrstag waren über viele Jahre Hans Meerwein und Burckhardt Helferich seine Gäste beim Sektfrühstück im Kasino der Bayer AG, wovon alle Beteiligten gern zu erzählen wußten.

Auch für die deutsche chemische Literatur hat sich Otto Bayer zeitlebens engagiert. Nach dem Kriege setzte er sich für die Fortführung großer wissenschaftlicher Werke – unter anderem des Gmelin – ein. Auch an der Gründung der großen chemischen Zentralbibliothek – der Adolf-von-Baeyer-Bibliothek – hat er mitgewirkt. Ihm war es auch zu danken, daß ab Januar 1950 wieder ein von Ost und West gemeinsam herausgegebenes Chemisches Zentralblatt erschien. Als die Ostredaktion dann zum Ende des Jahres 1969 die Mitarbeit aufkündigte, entstand auf seine Initiative als Fortsetzung des Fortschrittsberichts der Farbenfabriken Bayer der Chemische Informationsdienst.

Otto Bayer war auch wesentlich an der Gründung der „Studiengesellschaft zur Förderung der Chemischen Dokumentation mbH“ beteiligt, aus der dann die „Internationale Dokumentationsgesellschaft für Chemie mbH“ hervorging, die heute als Gemeinschaftsunternehmen in- und ausländischer Chemiefirmen die Basis für unser modernes Chemie-Informations- und Dokumentationssystem darstellt.

Ganz besonders verdient hat er sich um die Neuauflage des Houben-Weyl gemacht. Ohne seine intensive und beständige Arbeit als Mitherausgeber wäre dieses Werk nie zustande gekommen. Zwei Bände – den Aldehyd-Band und den Anthrachinon-Band – hat er selbst verfaßt: Den einen in seiner Zeit als Forschungsleiter und Vorstandsmitglied Anfang der 50er Jahre in Nacharbeit, den anderen in der Mitte seines achten Lebensjahrzehnts, als schwere

Krankheiten ihm zwar physisch sehr hart zusetzten, sein Lebens- und Arbeitswille aber ungebrochen blieb.

In Anbetracht seiner großen Verdienste um die chemische Wissenschaft sind ihm in ungewöhnlichem Maße Ehrungen zuteil geworden:

- 4 Universitäten und 2 Technische Hochschulen verliehen ihm die Ehrendoktorwürde.
- Viele hochangesehene wissenschaftliche Gremien im In- und Ausland beriefen ihn als Mitglied,
  - die Gesellschaft Deutscher Chemiker, deren Mitbegründer er 1950 war, zum Ehrenmitglied;
  - der Deutsche Forschungsrat,
  - die Akademie der Wissenschaften und der Literatur zu Mainz,
  - die Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften zu Düsseldorf,
  - The Chemist's Club in New York,
  - die Max-Planck-Gesellschaft, der er 10 Jahre als Senator angehörte.

Groß ist die Zahl der ihm verliehenen Medaillen und Preise; genannt seien:

- die Adolf-von-Baeyer-Denk Münze der Gesellschaft Deutscher Chemiker,
- die Gauss-Weber-Medaille der Universität Göttingen,
- der Siemens-Ring der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring,
- der Hermann-Staudinger-Preis der Gesellschaft Deutscher Chemiker,
- die Carl-Dietrich-Harries-Plakette der Deutschen Kautschuk-Gesellschaft,
- die Charles-Goodyear-Medal der American Chemical Society.

Otto Bayer war eine Persönlichkeit, die viele ungewöhnliche Eigenschaften in sich vereinigte. Ungewöhnlich waren seine Vitalität und Schaffenskraft; Kranksein kannte er nicht, die Begriffe Ruhe und Erholung waren ihm fremd. Betrachtet man sein Lebenswerk, so muß man sich wundern, daß ein einzelner das alles schaffen konnte. Zweifellos kam vieles zusammen: eine robuste Natur, Selbstdisziplin und ein eiserner Wille, seine Kräfte immer auf das Wesentliche zu konzentrieren. Als er im letzten Lebensjahrzehnt von Krankheiten heimgesucht wurde, traten gerade die zuletzt genannten Eigenschaften überdeutlich hervor: Nach jeder schweren Erkrankung zwang er sich rigoros zur Arbeit. Ein unbändiger Lebenswille trieb ihn an und verbot ihm jede Resignation.

Obwohl er ein immenses Arbeitspensum bewältigte, war er kein trockener Gelehrtertyp. Wenn Goethe von Faust sagt: „Ihm hat das Schicksal einen Geist gegeben, der unbeständig immer vorwärts drängt und dessen übereiltes Streben der Erde Freuden überspringt“, so gilt für Otto Bayer nur die erste Hälfte dieser Zeilen. Stets hat er sich an den schönen Dingen des Lebens gefreut: Er liebte das Ästhetisch-Schöne in der bildenden Kunst, war ein Freund froher Feste, hatte Sinn für alles Originelle, genoß geistvoll-witzige Unterhaltung. Sein Ausspruch: „Lieber einen Freund verschmerzt, als ein Bonmot verschluckt“, war zweifellos eine

Übertreibung, aber sie kennzeichnet seinen Sinn für geistvoll-originelle Formulierungen. Berühmt war seine Schlagfertigkeit. In dem vom Verlag Chemie herausgegebenen Bändchen „Chemische Anekdoten“ ist ein Beispiel angeführt. „In seiner Notwohnung, die er nach Kriegsende beziehen mußte, weil sein Haus von der Besatzungstruppe besetzt war, empfängt Otto Bayer einen englischen Kontroll-offizier. An der Wand hängt ein Ölbild von Birdell, dem englischen Romantiker, den Bayer sehr schätzt. Der Engländer sieht das Bild, erkennt es und fragt in barschem Ton: ‚Woher haben Sie das Bild?‘ Bayer antwortet liebenswürdig lächelnd: ‚Ich muß gestehen, Herr Major, als die deutschen Truppen 1940 England besetzt hatten, haben sie es mitgebracht!‘ “

Diese Begebenheit zeigt zugleich einen weiteren ausgeprägten Wesenszug: seine Zivilcourage, die er vor allem in der Zeit des Nationalsozialismus bewies. Seinen – wie es damals hieß – nichtarischen Lehrmeistern Julius von Braun, Georg Kalischer und Arthur von Weinberg war er bis zu ihrem Tode treu verbunden, ohne daß er allerdings ihr Schicksal entscheidend hätte verbessern können. Weniger prominente Personen hat er dagegen zu schützen vermocht, indem er sie unter falschen Angaben in sein Laboratorium aufnahm. Gegen Kriegsende hat er durch mutige Interventionen viele seiner Mitarbeiter vor dem Zugriff des Volkssturms bewahrt und so vielleicht manchem das Leben gerettet.

Otto Bayer war kein Mensch, der übereilt Freundschaften schloß; wen er aber schätzen gelernt hatte, dem blieb er zeitlebens verbunden. Er wußte um den Wert freundschaftlicher Bindungen, um die gegenseitige Beziehung zwischen Geben und Nehmen. In seiner Abschiedsrede sagte er:

„Mein Dank gilt vielen. Ich bin in meinem Leben einer ungewöhnlich großen Zahl von Menschen begegnet, von denen ich viel lernen konnte, die mir Vorbild waren, die mich gefördert haben, mit denen ich freundschaftlich und erfolgreich zusammenarbeiten durfte und die mir Freund geworden sind.“

Sein ganz besonderer Dank galt aber immer seiner Frau Lonny, die sein Leben über 50 Jahre bis zu seinem Tode begleitete und sich in allen Lebenssituationen ganz auf ihn einstellte. Bei seinem übersprudelnden Geist und seiner oft schwer zu bremsenden Impulsivität war sie der ruhende Pol. Er sagte einmal von ihr, sie habe es stets verstanden, ihn an der langen Leine auf dem rechten Weg zu führen. Er war sich auch bewußt, daß sie in dieser Ehe um seiner Arbeit willen auf vieles verzichten mußte, da sein ganzes Interesse und seine ganze Schaffenskraft der Chemie galten. Anlässlich seines 60. Geburtstages nannte er sie liebevoll „die große Dulderin“, die immer bereit gewesen sei, sich mit ihrer Nebenbuhlerin, der Chemie, zu arrangieren.

In diesem Rückblick auf den Menschen, Wissenschaftler und Unternehmer Otto Bayer haben wir ihn häufig im Zitat selbst zu uns sprechen lassen. Mit diesen authentischen Aussagen werden uns sein Wesen, seine Tatkraft und sein Lebenswerk in lebendige Erinnerung gebracht.

Otto Bayer verstarb am 1. August 1982 im Alter von 79 Jahren.

An diesem Nachruf haben viele Autoren mitgearbeitet, die Prof. Bayer gut kannten.

Darunter sind zu nennen:

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. *Karl Heinz Büchel*

Dr. *Hanna Söll*

Prof. Dr. *Dieter Arlt*

Dr. *Johannes Blahak*

Dr. *Dieter Dieterich*

Dr. *Ernst Roos*

Dr. *Klaus Sasse*

Dr. *Carl-Wolfgang Schellhammer*

Prof. Dr. *Karl Heinz Schündehütte*

Dr. *Kuno Wagner*

## Literatur

- 1) J. v. Braun, O. B., *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **58** (1925) 2215.
- 2) J. v. Braun, O. B., *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **58** (1925) 2667.
- 3) J. v. Braun, O. B., L. F. Fieser, *Liebigs Ann. Chem.* **459** (1927) 287.
- 4) J. v. Braun, O. B., *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **59** (1926) 920.
- 5) J. v. Braun, O. B., *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **59** (1926) 2317.
- 6) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. J. v. Braun, O. B.), D.R.P. 511576 (4. März 1925) [*Chem. Zentralbl.* **1931** II, 2515].
- 7) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. O. B.), D.R.P. 539100 (5. Juni 1930) [*Chem. Zentralbl.* **1932** II, 3628].
- 8) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. O. B., F. Kačer), D.R.P. 576176 (29. Okt. 1930) [*Chem. Zentralbl.* **1933** II, 614].
- 9) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. O. B.), D.R.P. 581239 (16. April 1932) [*Chem. Zentralbl.* **1933** II, 1778].
- 10) Leopold Cassella & Co. G.m.b.H. (Erf. G. Kalischer, O. B.), D.R.P. 524362 (2. Juni 1929) [*Chem. Zentralbl.* **1931** II, 2223 R].
- 11) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. O. B.), D.R.P. 565426 (8. Nov. 1930) [*Chem. Zentralbl.* **1933** I, 4504\*].
- 12) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. H. Hoyer, O. B.), D.R.P. 696638 (21. März 1937) [*Chem. Abstr.* **35** (1941) P 6121<sup>9</sup>].
- 13) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. O. B.), D.R.P. 546229 (23. Juli 1930) [*Chem. Zentralbl.* **1932** II, 130].
- 14) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. G. Kalischer, O. B.), D.R.P. 496321 (6. Sept. 1927) [*Chem. Zentralbl.* **1930** II, 473 R].
- 15) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. F. Münz, O. B.), D.R.P. 597646 (15. Juni 1932) [*Chem. Zentralbl.* **1934** II, 4495\*].
- 16) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H.-W. Schwechten, O. B.), D.B.P. 931830 (20. Juli 1951) [*Chem. Abstr.* **52** (1958) P 1259c].
- 17) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H.-W. Schwechten, O. B.), D.B.P. 964058 (4. Aug. 1953) [*Chem. Abstr.* **53** (1959) P 16095f].
- 18) H.-W. Schwechten, R. Neeff, O. B., *Chem. Ber.* **90** (1957) 1129.
- 19) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. R. Neeff, O. B.), D.B.P. 1032253 (7. April 1956) [*Chem. Abstr.* **54** (1960) P 19717i].
- 20) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. R. Neeff, O. B.), D.B.P. 1061792 (3. April 1957) [*Chem. Abstr.* **55** (1961) P 14385f].
- 21) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. R. Neeff, O. B.), D.B.P. 1083832 (3. April 1957) [*Chem. Abstr.* **55** (1961) P 16485d].
- 22) R. Neeff, O. B., *Chem. Ber.* **90** (1957) 1137.
- 23) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. J. Singer, O. B., H.-W. Schwechten), D.B.P. 911531 (2. Aug. 1951) [*Chem. Abstr.* **51** (1957) P 1620e].
- 24) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. J. Singer, O. B., H.-W. Schwechten), D.B.P. 933353 (19. April 1952) [*Chem. Abstr.* **50** (1956) P 2983c].
- 25) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H.-W. Schwechten, J. Singer, O. B.), D.B.P. 963502 (29. Mai 1955) [*Chem. Abstr.* **53** (1959) P 11854g].
- 26) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. J. Singer, O. B.), D.B.P. 1018570 (27. Nov. 1952) [*Chem. Abstr.* **54** (1960) P 9306c].
- 27) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. R. Neeff, O. B.), D.B.P. 1100208 (11. Okt. 1958) [*Chem. Abstr.* **56** (1962) P 13056e].
- 28) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. F. Nadler, H. Hoyer, O. B.), D.B.P. 891121 (9. Juni 1937) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 11552].
- 29) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. F. Nadler, H. Hoyer, O. B.), D.R.P. 696591 (15. Okt. 1937) [*Chem. Abstr.* **35** (1941) P 6121<sup>4</sup>].
- 30) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. G. Rösch, O. B.), D.B.P. 852588 (16. Nov. 1950) [*Chem. Abstr.* **51** (1957) P 10078e].
- 31) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. G. Rösch, W. Wolf, H. Vollmann), D.B.P. 879100 (24. Aug. 1950) ≡ Oesterr. Pat. 175869 (17. Aug. 1950) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 7521].
- 32) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. H. Schweitzer, O. B., G. Schrader), D.R.P. 653025 (30. Juni 1935) [*Chem. Abstr.* **32** (1938) P 1943<sup>6</sup>].
- 33) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. H. Schweitzer, O. B.), D.R.P. 743766 (19. April 1940) [*Chem. Zentralbl.* **1944** II, 1345\*].
- 34) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Schweitzer, O. B.), D.B.P. 859185 (5. Febr. 1942) [*Chem. Abstr.* **47** (1953) P 4093c].
- 35) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. A. Doser, O. B.), D.R.P. 752516 (19. Dez. 1936) [*Chem. Zentralbl.* **1953**, 1743].
- 36) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. O. B., F. Münz, K. Keller), D.R.P. 633691 (25. März 1933) [*Chem. Abstr.* **31** (1937) P 551<sup>6</sup>].
- 37) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. O. B., F. Münz, K. Keller), D.R.P. 648002 (19. März 1933) [*Chem. Abstr.* **31** (1937) P 7262<sup>5</sup>].
- 38) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. nicht genannt), D.R.P. 656379 (28. Juni 1934) [*Chem. Abstr.* **32** (1938) P 3624<sup>8</sup>].
- 39) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. C. Taube, O. B.), D.R.P. 684524 (22. Febr. 1936) [*Chem. Abstr.* **34** (1940) P 3925].
- 40) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. S. Petersen, O. B., C. Taube), D.R.P. 657117 (31. Mai 1936) [*Chem. Abstr.* **32** (1938) 3982<sup>1</sup>].
- 41) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. J. H. Helberger, O. B.), D.R.P. 642558 (24. Nov. 1934) [*Chem. Abstr.* **31** (1937) P 6019<sup>9</sup>].
- 42) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. O. B., R. Metzger), D.R.P. 636326 (29. Dez. 1934) [*Chem. Abstr.* **31** (1937) P 886<sup>6</sup>].
- 43) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. H. Kleiner, O. B., W. Kunze), D.R.P. 696100 (23. März 1935) [*Chem. Abstr.* **35** (1941) P 6118<sup>7</sup>].
- 44) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. W. Tischbein, O. B., J. Nelles, F. Ruf), D.R.P. 714789 (21. Mai 1937) [*Chem. Abstr.* **38** (1944) P 1889<sup>7</sup>].
- 45) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Wunderlich, M. Schwarz), US-Pat. 3321266 (9. Jan. 1964) ≡ Niederl. Pat. 6400137 (13. Juli 1964) [*Chem. Abstr.* **62** (1965) 1787c].
- 46) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Wunderlich, G. Wolfrum), US-Pat. 3423392 (27. Juli 1965) ≡ Franz. Pat. 1442867 (3. Aug. 1965) [*Chem. Abstr.* **66** (1967) 76919q].
- 47) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Kleiner, O. B., L. Löchner, B. Becht), D.B.P. 843401 (15. Dez. 1948) [*Chem. Zentralbl.* **1953**, 610].
- 48) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. W. Graulich, W. Lehmann, O. B., W. Kass, W. Berlenbach), D.B.P. 1045973 (30. April 1955) [*Chem. Abstr.* **54** (1960) P 23353d].
- 49) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. S. Petersen, O. B., B. Wendt), D.R.P. 746569 (24. Nov. 1940) [*Sammlg. Deutsch. Reichspat.* **II/1** (1939) 700].
- 50) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. A. Mitrowsky, O. B.), D.B.P. 937822 (28. Mai 1952) [*Chem. Abstr.* **53** (1959) P 4759g].
- 51) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. A. Mitrowsky, S. Petersen, O. B.), D.B.P. 964315 (15. März 1952) [*Chem. Abstr.* **53** (1959) P 10785d].
- 52) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Gold, O. B.), D.A.S. 1008248 (15. Juni 1955) [*Chem. Abstr.* **54** (1960) P 3983c].
- 53) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. A. Wagner, O. B., C. Süling, H. Groene), D.A.S. 1102407 (30. Sept. 1959) [*Chem. Abstr.* **55** (1961) P 25366c].
- 54) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. A. Doser, O. B., K. Hintzmann), D.R.P. 719056 (27. Juli 1937) [*Chem. Abstr.* **37** (1943) P 1880<sup>1</sup>].
- 55) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. A. Doser, O. B., K. Hintzmann), D.R.P. 975801 (29. Sept. 1937) [*Chem. Zentralbl.* **1964**, 11-2787].
- 56) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. A. Doser, O. B., K. Hintzmann), D.B.P. 928343 (16. April 1939) [*Chem. Abstr.* **52** (1958) P 2421c].
- 57) Farbenfabriken Bayer AG (Erf. A. Doser, O. B.), D.B.P. 886440 (15. Okt. 1944) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 8257].
- 58) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. O. B., H. Rinke, W. Siefken, L. Orthner, H. Schild), D.R.P. 728981 (13. Nov. 1937) [*Chem. Abstr.* **38** (1944) P 381<sup>6</sup>].
- 59) O. B., *Angew. Chem.* **59** (1947) 257.
- 60) I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. W. Bunge, O. B., S. Petersen, G. Spielberger), D.R.P. 756058 (14. März 1940) [*Chem. Zentralbl.* **1953**, 6774].

- <sup>61</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. W. Bunge, O. B., O. Motschmann), D.B.P. 870400 (8. Juli 1942) [*Chem. Zentralbl.* **1953**, 6374].
- <sup>62</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. W. Bunge, O. B.), D.B.P. 909186 (26. Juli 1942) [*Chem. Zentralbl.* **1955**, 3262].
- <sup>63</sup> R. Hebermehl, *Farben, Lacke, Anstrichst.* **2** (1948) 123.
- <sup>64</sup> G. Oertel (Hrsg.), in *Kunststoff-Handbuch* (Becker, Braun), Bd. 7: *Polyurethane*, Carl Hanser Verlag, München-Wien 1983.
- <sup>65</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. K. Wagner), D.B.P. 1101394 (24. April 1958) [*Chem. Abstr.* **56** (1962) P 4960g].
- <sup>66</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. S. Petersen, O. B.), D.B.P. 914592 (26. Juli 1942) [*Chem. Zentralbl.* **1955**, 3262].
- <sup>67</sup> S. Petersen, *Liebigs Ann. Chem.* **562** (1949) 205.
- <sup>68</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. A. Höchtlen, O. B., S. Petersen, W. Bunge), D.B.P. 910221 (4. Mai 1940) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 11559].
- <sup>69</sup> A. Höchtlen, *Kunststoffe* **40** (1950) 221.
- <sup>70</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. A. Höchtlen, W. Droste), D.B.P. 913474 (20. April 1941) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 11065].
- <sup>71</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. K. Zaunbrecher, H. Barth), D.B.P. 936113 (15. Dez. 1942) [*Chem. Zentralbl.* **1956**, 10609].
- <sup>72</sup> A. Höchtlen, *Kunststoffe* **42** (1952) 303.
- <sup>73</sup> D. Dieterich, S. Petersen, *Kautsch. Gummi, Kunstst.* **27** (1974) 467.
- <sup>74</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. E. Windemuth, O. B., W. Bunge), D.B.P. 884571 (5. Okt. 1943) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 8456].
- <sup>75</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. E. Müller, O. B., H.-F. Piepenbrink), D.B.P. 863403 (15. Febr. 1944) [*Chem. Zentralbl.* **1953**, 4782].
- <sup>76</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. E. Müller, S. Petersen, O. B.), D.B.P. 896413 (18. Jan. 1944) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 2069].
- <sup>77</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. S. Petersen, E. Müller, O. B.), D.B.P. 883347 (16. April 1944) [*Chem. Zentralbl.* **1953**, 8227].
- <sup>78</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H.-F. Piepenbrink, S. Petersen, O. B., E. Müller), D.B.P. 905787 (27. Juni 1944) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 5190].
- <sup>79</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. O. B., W. Bunge, E. Müller, S. Petersen, H.-F. Piepenbrink, E. Windemuth), D.B.P. 872268 (11. Juli 1944) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 6365].
- <sup>80</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. O. B., W. Bunge, H. Havekoss, S. Petersen, H.-F. Piepenbrink, E. Windemuth), D.B.P. 878827 (31. Jan. 1945) [*Chem. Zentralbl.* **1953**, 8497].
- <sup>81</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. E. Müller, H.-F. Piepenbrink, F. Schmidt, E. Weinbrenner), US-Pat. 2729618 (3. Jan. 1956) [*Chem. Abstr.* **50** (1956) 8244f].
- <sup>82</sup> O. B., E. Müller, S. Petersen, H.-F. Piepenbrink, E. Windemuth, *Angew. Chem.* **62** (1950) 57.
- <sup>83</sup> E. Müller, O. B., S. Petersen, H.-F. Piepenbrink, F. Schmidt, E. Weinbrenner, *Angew. Chem.* **64** (1952) 523.
- <sup>84</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. E. Müller, O. B., S. Petersen), D.B.P. 953115 (4. Juni 1953) [*Chem. Abstr.* **53** (1959) P 3781c].
- <sup>85</sup> C. S. Schollenberger, H. Scott, G. R. Moore, *Rubber World* **137** (1958) 549.
- <sup>86</sup> H. Rinke, *Chimia* **22** (1968) 164.
- <sup>87</sup> H. Oertel, *Chem.-Ztg.* **98** (1974) 344.
- <sup>88</sup> R. Bonart, *J. Macromol. Sci., Phys.* **B2** (1) (1968) 115.
- <sup>89</sup> L. Morbitzer, R. Bonart, *Kolloid Z. Z. Polym.* **232** (1969) 764.
- <sup>90</sup> R. Bonart, L. Morbitzer, *Kolloid Z. Z. Polym.* **241** (1970) 909.
- <sup>91</sup> H. Hespe, E. Meisert, U. Eisele, L. Morbitzer, W. Goyert, *Kolloid Z. Z. Polym.* **250** (1972) 797.
- <sup>92</sup> H. Wirtz, *Kunststoffe* **60** (1970) 3.
- <sup>93</sup> U. Knipp, H. Schäfer, *Gummi, Asbest, Kunstst.* **25** (1972) 917.
- <sup>94</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. D. Dieterich, O. B., J. Peter, E. Müller), D.A.S. 1156977 (5. Juni 1962) [*Chem. Abstr.* **60** (1964) P 1911e].
- <sup>95</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. D. Dieterich, E. Müller, O. B., J. Peter), D.O.S. 1495693 (30. Aug. 1962) ≡ Belg. Pat. 636799 (30. Aug. 1963) [*Chem. Abstr.* **62** (1965) P 701e].
- <sup>96</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. D. Dieterich, O. B., J. Peter), D.A.S. 1184946 (26. Okt. 1962) ≡ Belg. Pat. 639107 (17. Febr. 1964) [*Chem. Abstr.* **62** (1965) P 7984h].
- <sup>97</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. D. Dieterich, E. Müller, O. B.), D.A.S. 1178586 (5. Dez. 1962) [*Chem. Abstr.* **62** (1965) P 6633f].
- <sup>98</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. D. Dieterich, E. Müller, O. B.), D.A.S. 1179363 (28. Febr. 1963) [*Chem. Abstr.* **62** (1965) P 2900g].
- <sup>99</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. D. Dieterich, O. B.), D.O.S. 1495745 (19. Sept. 1963) ≡ Niederl. Pat. 6410928 (22. März 1965) [*Chem. Abstr.* **63** (1965) P 5868a].
- <sup>100</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. W. Keberle, D. Dieterich, O. B.), D.B.P. 1237306 (26. Sept. 1964) ≡ Niederl. Pat. 6512438 (28. März 1966) [*Chem. Abstr.* **65** (1966) P 9134c].
- <sup>101</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. D. Dieterich, E. Müller, O. B.), D.A.S. 1300275 (10. Jan. 1964) ≡ Niederl. Pat. 6500210 (12. Juli 1965) [*Chem. Abstr.* **64** (1966) P 2262b].
- <sup>102</sup> Agfa AG (Erf. D. Dieterich, O. B., W. Himmelmann, H. Ulrich), D.A.S. 1179109 (13. April 1963) [*Chem. Abstr.* **61** (1964) P 16253g].
- <sup>103</sup> Agfa-Gevaert AG (Erf. D. Dieterich, W. Himmelmann, O. B., H. Ulrich), D.A.S. 1260974 (5. Febr. 1965) ≡ US-Pat. 3374095 (25. März 1964) [*Chem. Abstr.* **68** (1968) P 100658t].
- <sup>104</sup> Agfa-Gevaert AG (Erf. W. Keberle, W. Himmelmann, D. Dieterich, O. B., F. Nittel), D.O.S. 1472746 (17. März 1965) ≡ Niederl. Pat. 6603498 (25. Aug. 1966) [*Chem. Abstr.* **66** (1967) P 80796q].
- <sup>105</sup> D. Dieterich, W. Keberle, H. Witt, *Angew. Chem.* **82** (1970) 53; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **9** (1970) 40.
- <sup>106</sup> D. Dieterich, *Prog. Org. Coat.* **9** (1981) 281.
- <sup>107</sup> *Internationale Konferenz über zellige und nichtzellige Polyurethane in Straßburg 1980*, Carl Hanser Verlag, München-Wien.
- <sup>108</sup> G. Oertel, *Kunststoffe* **71** (1981) 2.
- <sup>109</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Arledter, O. B.), D.B.P. 814225 (30. Nov. 1948), nicht referiert.
- <sup>110</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Arledter, O. B.), D.B.P. 828017 (12. Jan. 1949) [*Chem. Abstr.* **50** (1956) P 2094f].
- <sup>111</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. E. Weinbrenner, C. Mühlhausen, O. B.), D.B.P. 829260 (7. Mai 1950) [*Chem. Abstr.* **50** (1956) P 5323b].
- <sup>112</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. G. Pieper, O. B., H. Weese, W. Wirth), D.B.P. 922736 (4. Jan. 1952) [*Chem. Abstr.* **52** (1958) P 7355f].
- <sup>113</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Wilms, O. B., W. Bunge), D.B.P. 948804 (27. Juni 1953) [*Chem. Abstr.* **52** (1958) P 16762a].
- <sup>114</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Wilms, O. B., W. Bunge, L. Bruns), D.B.P. 950325 (20. Jan. 1954) [*Chem. Abstr.* **53** (1959) P 1824c].
- <sup>115</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Bartl, H. Holtschmidt, O. B.), D.B.P. 973440 (19. Dez. 1954) ≡ US-Pat. 2882260 (14. April 1959) [*Chem. Abstr.* **53** (1959) P 17556i].
- <sup>116</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. W. Thoma, O. B., H. Rinke), D.B.P. 1067212 (4. Juni 1956) [*Chem. Abstr.* **55** (1961) P 10912f].
- <sup>117</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. W. Thoma, O. B., H. Rinke), D.B.P. 1042892 (6. April 1957) [*Chem. Abstr.* **55** (1961) P 2184d].
- <sup>118</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. E. Müller, O. B., H. Wilms, F. v. Spulak), D.B.P. 1078115 (13. Dez. 1957) [*Chem. Abstr.* **55** (1961) P 14979j].
- <sup>119</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. E. Müller, O. B.), D.B.P. 1122254 (5. Juli 1960) [*Chem. Abstr.* **59** (1963) P 453b].
- <sup>120</sup> O. B., *Chem. Ind. (Düsseldorf)* **3** II (1951) 593.
- <sup>121</sup> H. Hagemann (Hrsg.), *Methoden der organischen Chemie* (Houben-Weyl), 4. Aufl., Bd. E/4, *Kohlensäure-Derivate*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York 1983.
- <sup>122</sup> W. Siefken, *Liebigs Ann. Chem.* **562** (1949) 75.
- <sup>123</sup> S. Petersen, *Liebigs Ann. Chem.* **562** (1949) 205.
- <sup>124</sup> W. Thoma, H. Rinke, *Liebigs Ann. Chem.* **624** (1959) 30.
- <sup>125</sup> K. Ley, U. Eholzer, *Angew. Chem.* **78** (1966) 672; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **5** (1966) 674.
- <sup>126</sup> E. Kühle, *Angew. Chem.* **74** (1962) 861.
- <sup>127</sup> G. Oertel, H. Malz, H. Holtschmidt, *Chem. Ber.* **97** (1964) 891.
- <sup>128</sup> K. Dickoré, E. Kühle, *Angew. Chem.* **77** (1965) 429; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **4** (1965) 430.
- <sup>129</sup> B. Anders, E. Kühle, *Angew. Chem.* **77** (1965) 430; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **4** (1965) 430.
- <sup>130</sup> H. Herlinger, *Angew. Chem.* **76** (1964) 437; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **3** (1964) 378.
- <sup>131</sup> H. Brachel, R. Merten, *Angew. Chem.* **74** (1962) 872.
- <sup>132</sup> R. Merten, G. Müller, *Angew. Chem.* **74** (1962) 866.
- <sup>133</sup> G. Müller, R. Merten, *Chem. Ber.* **98** (1965) 1097.
- <sup>134</sup> H. Holtschmidt, G. Oertel, *Angew. Chem.* **74** (1962) 795.
- <sup>135</sup> K. Wagner, *Angew. Chem.* **74** (1962) 799.
- <sup>136</sup> W. Neumann, P. Fischer, *Angew. Chem.* **74** (1962) 801.
- <sup>137</sup> H. Schnell, *Angew. Chem.* **68** (1956) 633.
- <sup>138</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. F. Muth, H. Stötter, O. B., H. Maier-Bode), D.B.P. 828458 (14. Dez. 1948) [*Chem. Abstr.* **50** (1956) P 2916b].

- <sup>139)</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. F. Muth, O. B., H. Stötter, H. Maier-Bode), D.B.P. 869137 (27. Juli 1944), nicht referiert.
- <sup>140)</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. F. Muth, O. Drapal, O. B.), D.B.P. 890883 (11. Sept. 1951), nicht referiert.
- <sup>141)</sup> I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. G. Schrader, O. B., H. Küenthal), D.R.P. 664062 (4. April 1935) [*Chem. Abstr.* **33** (1939) P 790<sup>3</sup>].
- <sup>142)</sup> I. G. Farbenindustrie A.-G. (Erf. G. Schrader, O. B.), D.R.P. 664438 (3. Juli 1935) [*Chem. Abstr.* **33** (1939) P 803<sup>3</sup>].
- <sup>143)</sup> O. B., *Angew. Chem.* **61** (1949) 229.
- <sup>144)</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. L. Teichmann, O. B., J. Söll), D.B.P. 912865 (26. Sept. 1941) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 11314].
- <sup>145)</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. A. Doser, S. Petersen, O. B., H. Kleiner), D.B.P. 908068 (5. April 1942) [*Chem. Zentralbl.* **1955**, 10150].
- <sup>146)</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. H. Kleiner, O. B., C. Taube, W. Brehme), D.B.P. 897477 (20. Juni 1944) [*Chem. Zentralbl.* **1954**, 3815].
- <sup>147)</sup> Farbenfabriken Bayer AG (Erf. A. Bartel, O. B., H. Scheurlen), D.B.P. 1055232 (15. März 1957) [*Chem. Abstr.* **55** (1961) 6009i].
- 1941** O. B., New technical development of aliphatic compounds, *Süddtsch. Apoth. Ztg.* **81** (1941) 232.
- O. B., Neuere großtechnische Entwicklung der aliphatischen Chemie, *Angew. Chem.* **54** (1941) 353.
- O. B., Bemerkungen zu der Abhandlung von Th. Lieser und K. Macura: „Künstliche organische Hochpolymere. I.“, *Liebigs Ann. Chem.* **549** (1941) 286.
- 1947** O. B., Polyurethans, *Mod. Plast.* **24** (1947) Nr. 10, 149–52, 250, 252, 254, 256, 260, 262.
- O. B., Das Di-Isocyanat-Polyadditionsverfahren (Polyurethane), *Angew. Chem.* **59** (1947) 257.
- 1948** O. Hecht, H. Kröper, O. Roelen, P. Kurtz, O. B., O. Nicodemus, Aliphatic compounds, *FIAT Rev. German Sci. 1939–1946, Preparative Org. Chem.*, Pt. I, **1948**, 1–209.
- H. Staudinger, G. Jayme, W. Kern, E. Konrad, W. Becker, H. Hopff, H. Spänig, O. B., Organic compounds of high molecular weight, *FIAT Rev. German Sci. 1939–1946, Preparative Org. Chem.*, Pt. III, **1948**, 352.
- 1949** O. B., Die Chemie des Acrylnitrils, *Angew. Chem.* **61** (1949) 229.
- 1950** O. B., E. Müller, S. Petersen, H.-F. Piepenbrink, E. Windemuth, Über neuartige hochelastische Stoffe „Vulcollan“. 6. Mitteilung über Polyurethane, *Angew. Chem.* **62** (1950) 57.
- O. B., E. Müller, S. Petersen, H.-F. Piepenbrink, E. Windemuth, New types of highly elastic substances. Vulcollans, *Rubber Chem. Technol.* **23** (1950) 812.
- 1952** E. Müller, O. B., S. Petersen, H.-F. Piepenbrink, F. Schmidt, E. Weinbrenner, Über neuartige hochelastische Stoffe „Vulcollan“. II. Teil. 9. Mitteilung über Polyurethane, *Angew. Chem.* **64** (1952) 523.
- 1953** O. B., S. Effert, R. Schunk, Effect of peripherin (Homburg) on the pulmonary and systemic circulation, *Naunyn-Schmiedeberg's Arch. Exp. Pathol. Pharmacol.* **217** (1953) 351.
- E. Müller, O. B., S. Petersen, H.-F. Piepenbrink, F. Schmidt, E. Weinbrenner, Polyurethans. IX. New types of highly elastic products: Vulcollans. (2), *Rubber Chem. Technol.* **26** (1953) 493.
- 1957** H.-W. Schwechten, R. Neeff, O. B., Über cyclische Sulfoxidester, I. Derivate des 1,4-Diamino-anthrachinons, *Chem. Ber.* **90** (1957) 1129.
- R. Neeff, O. B., Über cyclische Sulfoxidester, II. Derivate des Diamino-benzochinons, *Chem. Ber.* **90** (1957) 1137.
- 1958** O. B., Neuere Entwicklungen des Diisocyanat-Polyadditions-Verfahrens (Polyurethane), *Farbe + Lack* **64** (1958) 235.
- 1959** O. B., Zur Entwicklung und Problematik des organischen Makromoleküls, *Angew. Chem.* **71** (1959) 145.
- 1960** O. B., E. Müller, Das Aufbauprinzip der Urethan-Elastomeren „Vulkollan“, *Angew. Chem.* **72** (1960) 934.
- 1961** H. Gold, O. B., Die Darstellung basisch substituierter Malonsäure-dinitrile, *Chem. Ber.* **94** (1961) 2594.
- 1962** H. Gold, S. Petersen, O. B., Fluorescent brightening agents of the triazole series, p. 605–13, in *Recent. Progr. Chem. Nat. and Synth. Colouring Matters and Related Fields*, Academic Press, New York 1962.
- 1963** O. B., *Das Diisocyanat-Polyadditionsverfahren*, 48 S., Carl Hanser Verlag, München 1963.

## Schriftenverzeichnis

- 1924** J. v. Braun, O. B., G. Blessing, Katalytische Hydrierungen unter Druck bei Gegenwart von Nickelsalzen, VIII.: Verbindungen der Indol-Reihe, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **57** (1924) 392.
- J. v. Braun, O. B., *ortho*-Hordenin, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **57** (1924) 913.
- 1925** J. v. Braun, O. B., Zur Kenntnis der katalytischen Hydrierung von Indolbasen, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **58** (1925) 387.
- J. v. Braun, O. B., Zur Kenntnis der Dihydrazine, VI.: Weitere Versuche in der Zucker-Reihe mit dem Diphenylmethan-dimethyl-dihydrazin, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **58** (1925) 2215.
- J. v. Braun, O. B., Katalytische Hydrierungen unter Druck bei Gegenwart von Nickelsalzen, IX.: Anthrachinon, Phenanthrenchinon und Benzanthron, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **58** (1925) 2667.
- 1926** J. v. Braun, O. B., Die Zinkstaub-Reduktion  $\alpha$ -methylierter Anthrachinone und die Nicht-Existenz der sog. Anthracylene, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **59** (1926) 914.
- J. v. Braun, O. B., Katalytische Hydrierungen unter Druck bei Gegenwart von Nickelsalzen, X.: Acenaphthenchinon, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **59** (1926) 920.
- J. v. Braun, O. B., Katalytische Hydrierungen unter Druck bei Gegenwart von Nickelsalzen, XI.: Xanthon, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **59** (1926) 2317.
- 1927** J. v. Braun, O. B., Synthese des achtgliedrigen 7.8-Benzheptamethylenimins, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **60** (1927) 1257.
- J. v. Braun, O. B., L. Cassel, Die relative Bildungsleichtigkeit von Ringen (I. Mitteilung), *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **60** (1927) 2602.
- J. v. Braun, O. B., L. F. Fieser, Katalytische Hydrierungen unter Druck bei Gegenwart von Nickelsalzen, XII.: Alkylierte Anthrachinone, *Liebigs Ann. Chem.* **459** (1927) 287.
- 1929** J. v. Braun, O. B., Katalytische Hydrierungen unter Druck in Gegenwart von Nickelsalzen, XIII.:  $\alpha$ - und  $\beta$ -Oxy- und Aminoderivate des Anthracens, *Liebigs Ann. Chem.* **472** (1929) 90.
- 1939** E. Tietze, O. B., Die Sulfonsäuren des Pyrens und ihre Abkömmlinge, *Liebigs Ann. Chem.* **540** (1939) 189.
- O. B., Toxicology, clinical aspects and pathological anatomy of nickel-carbonyl poisoning, *Arch. Gewerbepathol. Gewerbehyg.* **9** (1939) 592.

## Patente

Ein vollständiges Verzeichnis der Patente von O. Bayer ist auf Wunsch bei Prof. Dr. Dr. h. c. mult. K. H. Büchel erhältlich.

[17/87]