

## 1

**Einleitung**

Als Kunststoffe werden hochmolekulare Substanzen (Makromoleküle, Polymere) bezeichnet, aus denen sich mittels geeigneter Verarbeitungsprozesse Formkörper herstellen lassen, die bei Raumtemperatur hart und steif sind. Sie zählen genauso wie die Fasern, Folien, Elastomere, Schaumstoffe, Lacke und Klebstoffe zu der umfangreichen Klasse der Polymerwerkstoffe.

Die erste und weitaus größte Gruppe der Kunststoffe besitzt die Eigenschaft der Thermoplastizität und wird deshalb Thermoplaste genannt. Thermoplaste sind amorph oder kristallin, erweichen oberhalb einer bestimmten Temperatur und lassen sich dann über die Schmelze verarbeiten. Beim Abkühlen erstarren sie wieder. Dieser Vorgang ist reversibel.

Die zweite Gruppe der Kunststoffe sind die Duromeren (Duroplaste). Hierunter versteht man hoch vernetzte und daher unschmelzbare Produkte, deren makromolekularer Endzustand erst während oder nach der Verarbeitung erreicht wird. Im Gegensatz zu den Thermoplasten geht man also bei den Duromeren nicht mit hochmolekularen festen Substanzen in den Verarbeitungsprozess, sondern mit niedermolekularen und meist zähflüssigen Verbindungen, die dann während oder nach der Formgebung zu den hochmolekularen, vernetzten und festen Endprodukten reagieren.

Die Kunststoffe verdanken ihren Namen der geschichtlichen Entwicklung. Sie wurden ursprünglich als künstliches Ersatzprodukt anstelle von Naturprodukten, wie z. B. Harzen, eingesetzt. Diesen Charakter haben sie heute völlig verloren. Aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften oder Eigenschaftskombinationen sind die modernen Kunststoffe hoch entwickelte und unentbehrliche Werkstoffe, welche die Naturstoffe ergänzen, in der Mannigfaltigkeit ihrer Einsatzmöglichkeiten sogar oft übertreffen.

Der Ursprung der Kunststoffe reicht weit bis in das vorige Jahrhundert zurück und beginnt mit der chemischen Umwandlung von Naturstoffen. Durch Behandlung von Papier mit Zinksalzlösungen erhielt TAYLOR 1859 das Vulkanfiber, und im Jahr 1869 begann HYATT die technische Produktion von Celluloid (mit Campher weich gemachte Nitrocellulose). Die grundsätzliche Acetylierbarkeit von Cellulose wurde 1894 von CROSS und BEVAN beschrieben, die ersten gut verarbeitbaren 2- bis 2,5-Acetate der Cellulose stammten von MILES (1905). Das Galalith, ein mit Formaldehyd modifiziertes (»gehärtetes«) Casein (KRISCHE und SPITTELER) wurde im Jahr 1904 entwickelt. Um die Jahrhundertwende begannen dann Arbeiten zum Aufbau von Kunststoffen aus niedermolekularen Produkten (Monomeren). BAEKELAND entdeckte 1907 die Phenol/Formaldehyd-Kondensate (Bakelite), RÖHM (Acrylverbindungen) und KLATTE (Vinylverbindungen) fanden die ersten synthetischen Polymeren mit einer Kohlenstoff-Hauptkette (1912 bis 1914).

Durch die grundlegenden Arbeiten von STAUDINGER ab Mitte der 1920er Jahre wurde die bis dahin als »Schmierchemie« abqualifizierte Entwicklung der Kunststoffe auf eine solide wissenschaftliche Basis gestellt. Die Existenz von Makromolekülen wurde eindeutig bewiesen und viele Gesetzmäßigkeiten des Aufbaus

und der Eigenschaften von natürlichen und synthetischen Polymeren wurden erkannt. Parallel dazu wurde die Forschung in den Industrielaboratorien verstärkt. Die Entwicklung der Suspensions- und Emulsionspolymerisation bei der IG Farbenindustrie und bei RÖHM und HAAS führten zu technischen Verfahren für die Herstellung von Polyvinyl- und Polyacrylverbindungen. Im Werk Ludwigshafen wurde die erste technische Anlage zur Substanzpolymerisation von Styrol in Betrieb genommen. Das Hochdruckverfahren der ICI ermöglichte die Herstellung von Polyethylen (1934). Arbeiten von CAROTHERS (Du Pont) über Polykondensation führten zu den Polyamiden. In der IG Farben Industrie wurden die Caprolactam-Polymerisation (Perlon) durch SCHLACK und die Polyurethane durch O. BAYER (1937) entdeckt. Während des 2. Weltkrieges kamen in den USA die Fluorpolymeren und die Silicone als neuartige Kunststoffe hinzu. Durch die bahnbrechende Entdeckung der Niederdruckpolymerisation von Ethylen mit metallorganischen Mischkatalysatoren durch ZIEGLER (1953) und der damit möglichen stereospezifischen Polymerisation von  $\alpha$ -Olefinen und Dienen (ZIEGLER und NATTA, 1954) wurde die wirtschaftliche Herstellung neuer Kunststoffe möglich (Hoechst). Zur gleichen Zeit wurden in den USA (Phillips Petroleum Comp. und Standard Oil) Mitteldruckverfahren für die Ethylenpolymerisation entwickelt.

Die jüngere Zeit ist durch erhebliche Verbesserungen der Synthesemethoden und der Herstellverfahren für Standardkunststoffe sowie durch die Entwicklung von Spezialkunststoffen für technische Einsatzgebiete gekennzeichnet, wie z. B. die Polycarbonate (Bayer, 1958), Polyoxymethylene (Du Pont, Celanese, Hoechst), Polyphenylenoxid (General Electric, 1964), Polysulfon (Union Carbide, 1965), Polyphenylsulfid (Phillips Petroleum Comp.), thermotrope flüssig-kristalline Polyester (Celanese) und Cycloolefin-Copolymere (Mitsui Petrochemicals, Hoechst).

Das stürmische Vordringen der Kunststoffe in viele bekannte und neue Anwendungsgebiete wäre allerdings nicht möglich gewesen, wenn nicht gleichzeitig zu der Produkt- und Verfahrensentwicklung die Entwicklung von geeigneten Verarbeitungstechnologien mittels rationell arbeitender Maschinen vorangetrieben worden wäre.

## 2

### Synthesemethoden und Herstellverfahren für Kunststoffe

Kunststoffe bestehen aus Makromolekülen, deren Molmasse<sup>1</sup> zwischen mehreren Tausend und einigen Millionen liegen kann. Je nachdem, ob diese Makromoleküle aus einem oder aus verschiedenen Monomeren aufgebaut sind, spricht man von Homopolymeren oder von Copolymeren. Bei den Copolymeren unterscheidet man je nach der Anordnung der Monomerbausteine zwischen statistischen Copolymeren, alternierenden Copolymeren, Pfropfcopolymeren und Blockcopolymeren<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Zur Definition dieser Begriffe sei auf die Literatur [2.1, 2.2, 2.9] verwiesen.