



Leseprobe

Dietrich Braun

Kleine Geschichte der Kunststoffe

ISBN (Buch): 978-3-446-44832-2

ISBN (E-Book): 978-3-446-45242-8

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44832-2>

sowie im Buchhandel.

INHALT

Vorwort zur zweiten Auflage	XI
Vorwort	XII
1 Einführung	1
1.1 Plastische Massen, Kunststoffe, Plastics	1
Richard Escales prägt ein neues Wort	1
Auch Zeitschriften haben ihre Schicksale	5
Kunststoff – ein deutsches Wort	8
Zur Einteilung der Kunststoffe	11
Eine Industrie stellt sich vor	15
Im Zaubergarten der Kunststoffe: Handelsnamen	17
Kunststoffe als Ersatzstoffe	20
Zur Sozialgeschichte der Kunststoffe	23
1.2 Eine neue Wissenschaft:	
Hermann Staudinger als Begründer	
der makromolekularen Chemie	27
1.3 Vom Rohstoff zum Fertigerzeugnis	34
2 Das Kunststoffzeitalter	45
2.1 Epochen der Kunststoffgeschichte	45
2.2 Anfänge der Kunststoffindustrie	49
2.3 Kunststoffrohstoffe	52
Fossile Rohstoffe	55
Biopolymere – nachwachsende Rohstoffe	60
Grüne Chemie – Biomasse als Rohstoff	64
Alternative Kohlenstoffquellen	70

2.4	Kunststoffwirtschaft	74
	Abfallwirtschaft	77
3	Vorzeit – bis ca. 1800	83
3.1	Terpenharze	84
3.2	Wildkautschuk	85
3.3	Frühe Kunststoffe aus Eiweißstoffen	88
	Gelatine	89
	Albumin	93
	Kasein	94
3.4	Das „maleable“ Glas der Alten	97
4	Frühzeit – 1800 bis 1900	101
4.1	Hornartige Kunststoffvorgänger	103
	Horn	103
	Schildpatt	104
	Steinnuss	106
	Fischbein	107
	Elfenbein	108
4.2	Naturharze	109
	Bernstein	109
	Kopal	113
	Schellack	115
	Schellack als Schallplattenmasse	119
4.3	Frühe Proteoplaste	122
	Kunststoffe aus Blut	123
	Fischleim	125
4.4	Polyisoprene	126
	Naturkautschuk und Guttapercha	128
	Elastomere	130
	Wildkautschuk	131
	Anfänge der Kautschukindustrie	133
	Vulkanisation	135
	Hartgummi	140
	Vom Wildkautschuk zum Plantagenkautschuk	141
	Beginn der Kautschukforschung	144

Synthesekautschuk	145
Zur Geschichte des Gummireifens	151
Guttapercha und Balata	153
Guttapercha als Isolierstoff in der Elektrotechnik	155
4.5 Celluloseabkömmlinge	160
Cellulose	161
Papyrus und Pappmaschee	163
Pergamentpapier und Vulkanfiber	168
Belagstoffe	173
Wachstuch	174
Kamptulikon und Linoleum	175
Cellulosekunststoffe	180
Celluloid	180
Zellglas	192
Celluloseether	194
5 Neuzeit – 1900 bis 1960	201
5.1 Frühe Kunstharze	204
Beginn der Industrie plastischer Massen	204
Eigenständige Materialien und Surrogate	206
5.2 Kunsthorn	211
Kasein	214
Milch als Rohstoff	215
Galalith	218
Das Ende des Kunstorns	225
Kaseinfasern	226
5.3 Phenoplaste und Aminoplaste	228
Phenoplaste	228
Bakelite – „the material of thousand uses“	240
Aminoplaste	244
5.4 Die großen Drei	249
Polyvinylchlorid	249
Polymerisation	250
Stabilisierung	253
Weichmachen	254

Verarbeitung	256
PVC und Umwelt	257
Polystyrol	259
Polyolefine	265
Polyethylen	266
Polypropylen	269
Stereospezifische Polymerisation	269
Polyisobutylene	272
5.5 Polyacrylate – Organisches Glas	273
5.6 Polyamide	280
5.7 Polyurethane	285
5.8 Polyester	288
Polyalkylenterephthalate	288
Polycarbonate	289
Ungesättigte Polyester	291
5.9 Polyacetale	294
5.10 Fluorkunststoffe	296
5.11 Epoxidharze	298
5.12 Silicone	301
Anhang	309
A Zeittafel zur Geschichte der Kunststoffe	310
B Ergänzende und weiterführende Literatur zur Geschichte der Kunststoffe	324
Bücher zur Kunststoffgeschichte und für Sammler von Kunststoffobjekten	327
Probensammlungen	327
C Deutsche Museen mit Kunststoffsammlungen	328
D Der Autor	330
Index	331

VORWORT ZUR ZWEITEN AUFLAGE

Die freundliche Aufnahme der ersten Auflage meiner im Herbst 2013 erschienenen kleinen Kunststoffgeschichte gibt mir die Gelegenheit für kleinere Korrekturen und Ergänzungen; dabei wurden auch einige neuere Literaturzitate am Ende der jeweiligen Kapitel angefügt. Die schon in der ersten Auflage enthaltene Zeittafel zur Kunststoffgeschichte wurde ebenso wie die Liste der weiterführenden Literatur ergänzt und aktualisiert. Gelegentliche kurze Wiederholungen oder Hinweise auf andere Kapitel sollen dem Leser die Lektüre erleichtern.

Da Kunststoffe als Erzeugnisse der chemischen Industrie nicht unabhängig von den Rohstoffquellen und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf den Markt gebracht werden können, wurden in Kapitel 2 neben den Epochen der Materialentwicklungen auch die wichtigsten Rohstoffe der Kunststoffindustrie zusammengestellt, ohne dass dabei eine Darstellung der Industriegeschichte angestrebt wurde. Für neuere Wirtschaftsdaten habe ich Herrn Claus-Jürgen Simon (*PlasticsEurope*, Frankfurt am Main) zu danken. Besonderer Dank für die kritische Durchsicht des Buches gilt meinem Studienkollegen Prof. Dr. Hans Werner Schnecko (1931 – 2016).

Darmstadt, im Frühjahr 2017

Dietrich Braun

VORWORT

Die Geschichte der Menschheit ist eng mit den jeweils verfügbaren Werkstoffen verbunden. Dabei bezeichnen nach Meinung vieler Historiker die um 1820 von dem dänischen Archäologen Christian Thomsen eingeführten Begriffe Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit usw. weniger geschichtliche Epochen als vor allem Kulturstadien. Gebrauchsgegenstände, Werkzeuge, Waffen, künstlerische Objekte und Schmuck aus Stein, Metall und Keramik bestimmten die Zivilisation von frühester Zeit an. Die eingesetzten Rohstoffe haben den einzelnen Abschnitten der Frühgeschichte daher sicher zu Recht ihre Namen gegeben.

Erst sehr viel später lernten die Menschen, neben den Materialien natürlichen Ursprungs, z.B. klebenden Baumharzen, auch künstlich erzeugte Werkstoffe einzusetzen. Dazu gehören durch Verhüttungsprozesse aus Erzen gewonnene Metalle, nicht in der Natur vorkommende Legierungen wie Bronze und Stahl oder keramische Massen. In neuerer Zeit wurden aus Naturprodukten wie Milch, Kautschuk und Cellulose sowie aus fossilen oder nachwachsenden Rohstoffen, d. h. auf chemischem Wege, „Kunststoffe“ erhalten, die daher manchmal auch als „Chemiewerkstoffe“ bezeichnet werden.

Ganz sicher ist unsere Gegenwart ohne Kunststoffe nicht vorstellbar. Es ist deshalb verständlich, wenn Karl Mienes 1965 für den jüngsten Abschnitt der Menschheitsgeschichte in der Be-

geisterung für das „Kunststoffzeitalter“ das Wort „Plasticaeum“ geprägt hat. Natürlich kann man darüber diskutieren, ob eine so junge und im Vergleich zu den vorangegangenen Perioden noch sehr kurze Phase überhaupt schon mit einem Namen belegt werden sollte. Unstreitig ist aber, dass die Kunststoffe die Entwicklung unserer Zivilisation und Kultur seit dem Mittelalter in einer Weise gesteuert und beschleunigt haben, die ohne diese „Werkstoffe aus Menschenhand“ (H. Saechtling) nicht denkbar wäre.

Dabei sollte auch nicht vergessen werden, dass die Geschichte der Kunststoffe sehr weit zurückreicht. Schon von jeher wurde nach gut zugänglichen und leicht zu bearbeitenden Werkstoffen gesucht, um mit möglichst geringem körperlichen und maschinellen Aufwand Hilfsmittel für das tägliche Leben, zum Lösen technischer Aufgaben oder zum Erreichen künstlerischer Wirkungen zu finden. So wurden bereits in der Steinzeit natürliche Harze als Klebstoffe verwendet, und im Mittelalter dienten Produkte aus Milcheiweiß (Kasein) als Ersatz für natürliches Horn für Intarsien oder kleine Medaillons, bis gegen Ende des neunzehnten Jahrhunderts schließlich aus „Milchstein“ (Galalith) einer der frühen Kunststoffe wurde.

Die sich nach etwa 1700 rasch verändernden sozialen Strukturen führten zu einer Fülle von Imitationen und Surrogatstoffen, die dem Bürger Zugang zu bis dahin nur wenigen, meist wohlhabenden Schichten vorbehaltenen Dingen ermöglichten. Beispiele hierfür sind Möbel, Puppenköpfe und Ornamente aus Pappmaschee, später Linoleum (mit Korkmehl gefülltes getrocknetes Leinöl auf einer Gewebeunterlage) als Bodenbelag und Ersatz für einfache Holzböden und schließlich das im neunzehnten Jahrhundert erfundene Celluloid als künstliches Elfenbein. Der erste technisch brauchbare Kunststoff im heutigen Sinne war der vulkanisierte Wildkautschuk, der als Hartgummi (Ebo-

nit) ein Surrogat für Ebenholz wurde und sogar natürliches Schildpatt ersetzte.

Den chemisch modifizierten Naturstoffabkömmlingen aus Naturkautschuk, Kasein und Cellulose folgte zu Anfang des 20. Jahrhunderts als erster vollsynthetischer Kunststoff das von Leo Hendrik Baekeland entwickelte Bakelit, ein Polymeres aus Phenol und Formaldehyd, das zwar schon 1872 entdeckt worden war, aber zunächst kaum Interesse (Adolf v. Beyer: „nur ein Harz“) und keine praktische Anwendung fand. Mit den sogenannten Phenolharzen beginnt in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts die moderne „Kunststoffzeit“, in der zahlreiche weitere synthetische Produkte wie Polyvinylchlorid, Polystyrol und die Polyolefine ihren Ursprung haben.

Die auf den deutschen Nobelpreisträger Hermann Staudinger und viele andere Forscher zurückgehenden Grundlagen der chemischen und physikalischen Natur der hochmolekularen Stoffe führten nach dem zweiten Weltkrieg zu einem ungeahnten Aufschwung der Kunststoffindustrie, aber auch zu hochmolekularen Stoffen (Polymeren), die nicht nur Werkstoffe, sondern zugleich Funktionsträger sind und die ihre Anwendung z. B. in der Datenverarbeitung oder der Medizin gefunden haben.

Durch das Zusammenwirken der wissenschaftlichen Grunddisziplinen des Kunststoffgebiets gelang es schließlich, die in der Anfangszeit nur empirisch erkannten Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften der Kunststoffe zu verstehen. Gleichzeitig entstand mit den Verfahren zum Formen von Kunststoffen zu Fertigprodukten ein eigenständiger Zweig der Ingenieurwissenschaft, so dass heute Chemie, Physik und Verarbeitungstechnik (mit den dafür verwendeten Maschinen) gemeinsam die Säulen dieser jüngsten Werkstoffgruppe in der Geschichte der Technik bilden.

Bisher sind neben einigen, inzwischen meist vergriffenen, allgemein verständlichen Büchern kaum zusammenfassende, nicht nur für Fachleute bestimmte Darstellungen der Kunststoffgeschichte in deutscher Sprache erschienen. Diese Lücke soll das vorliegende Buch schließen. Es richtet sich vor allem an ein Publikum, das sich für das Entstehen und Wachsen der Kunststoffe und ihre Bedeutung für unsere Zeit interessiert und weniger für wissenschaftliche und technische Einzelheiten. Dazu enthält Kapitel 1 einige kurze Erläuterungen der Grundbegriffe des Kunststoffgebiets. Kapitel 2 gibt einen kurzen Überblick über die Epochen der Geschichte der Kunststoffe. In den Kapiteln 3 bis 5 wird die Geschichte der bis in die sechziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts auf den Markt gekommenen Kunststoffe erläutert und auch auf die wichtigsten Materialeigenschaften und Anwendungen hingewiesen, soweit dies zum Verständnis ihrer aktuellen Bedeutung hilfreich ist.

Die Beschreibung der einzelnen Kunststoffe und ihrer Vorgänger beschränkt sich auf den Zeitraum von der Vorgeschichte bis zum Beginn der Gegenwart, die man etwa um 1960 ansetzen kann. Die darauf folgende Zeit ist Gegenstand zahlreicher aktueller Monographien und Lehrbücher, so dass dieser Teil der Historie nur in einer Zeittafel im Anhang mit ihren wesentlichen Ereignissen zusammengefasst wird. Beispielhaft etwas ausführlicher wurde die Geschichte einiger früher Kunststoffe wie des Kunsthorns und der Phenoplaste behandelt, da sich hieran einige prinzipielle Probleme beim Entstehen der Kunststoffindustrie besonders anschaulich erkennen lassen.

Im vorgegebenen Rahmen einer gestrafften Darstellung der Geschichte der Kunststoffe war natürlich eine gewisse Auswahl notwendig. Einige Themen konnten nur angeschnitten werden, so die Industrie- und Firmengeschichte und die bisher noch kaum genauer betrachtete Sozialgeschichte der Kunststoffe. Das

gilt auch für vorwiegend wissenschaftliche oder technische Entwicklungen der Kunststoffchemie oder der Verarbeitungstechnik.

Bei den Vorarbeiten zu diesem Buch wurden neben der nicht sehr umfangreichen älteren Buchliteratur vor allem die von 1911 bis 1960 erschienenen Bände 1 bis 50 der Zeitschrift *Kunststoffe* ausgewertet. Historisch wichtige Veröffentlichungen wurden in den betreffenden Kapiteln zitiert, wobei allerdings auch hierbei eine gewisse Beschränkung erforderlich war. Selbstverständlich bin ich allen Lesern für sachliche und ergänzende Anmerkungen dankbar.

Dem Verlag und insbesondere Frau Dipl.-Ing. Ulrike Wittmann habe ich für viele Anregungen und Hinweise und meiner Frau für ihre Geduld und Rücksicht während der langen Zeit des Schreibens sowie ihre Hilfe bei der Literatursuche und den Korrekturen zu danken. Besonderer Dank gilt auch dem Kunststoff-Museums-Verein e. V. und vor allem Frau Uta Scholten für zahlreiche Bilder von historischen Sammlungsobjekten.

Darmstadt, im Mai 2013

Dietrich Braun

EINFÜHRUNG

*Denn eben, wo Begriffe fehlen,
da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein.*

(Goethe, Faust I, Schülerszene)

1.1 Plastische Massen, Kunststoffe, Plastics

Richard Escales prägt ein neues Wort

Um 1910 prägte Dr. Ernst Richard Escales (1863 – 1924) (Bild 1.1) das Wort „Kunststoff“ und gründete einer Anregung bei der Jahresversammlung des Vereins Deutscher Chemiker in München 1910 folgend die gleichnamige Zeitschrift [1], die nun seit 1911 (Bild 1.2) mit nur einer kurzen Unterbrechung nach dem zweiten Weltkrieg erscheint; sie ist bis heute eines der wichtigsten Fachorgane des Kunststoffgebiets. Erst erheblich später entstanden in Amerika die entsprechenden Zeitschriften „Modern Plastics“ (1924) und in England „British Plastics“ (1928).



Bild 1.1 Richard Escales (1863–1924)

In der Einführung zum ersten Heft der neuen Zeitschrift schrieb ihr Begründer: „Unsere Zeitschrift soll sich ... mit Stoffen beschäftigen, welche für die Industrie und den allgemeinen Bedarf von ähnlich großer Bedeutung sind wie die ... Farbstoff- und die Pharmaindustrie, ... bei denen (gemeint sind die Kunststoffe) aber die wissenschaftliche Durchforschung – und davon abhängig – die chemische Nachbildung erst im Beginne ihrer Entwicklung stehen“.

KUNSTSTOFFE

Zeitschrift für Erzeugung und Verwendung veredelter oder chemisch hergestellter Stoffe

mit besonderer Berücksichtigung von Kunstseide und anderen Kunstfasern, von vulkanisiertem, devulkanisiertem (wiedergewonnenem) und künstlichem Kautschuk, Guttapercha usw. sowie Ersatzstoffen, von Zellhorn (Zelluloid) und ähnlichen Zellstoffserzeugnissen, von künstlichem Leder und Ledertuchen (Linoleum), von Kunstharzen, Kasein-Erzeugnissen usw.

mit Unterstützung von Dr. Paul Alexander (Berlin), Dr. Leo Baskeland (Yonkers), Professor Dr. M. Bamberger (Wien), Dr. Ludwig Brand (Weihenstephan), Dozent Dr. Ernst Beel (Tübingen), Professor Max Bettler (Würzburg), Professor Dr. E. Brønner (Dornach i. E.), Dr. Rudolf Dittmar (Graz), Dozent Dr. Karl Dielerich (Halleberg-Dröden), Dr. Arthur Eichengrün (Berlin), Dr. H. Fuchs (Berlin), Dozent-Reg.-Baumeister M. Gerstmeier (Berlin), Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Harries (Kiel), Professor Dr. Alois Herzog (Sora), Professor Dr. P. W. Hiarichsen (Berlin), Direktor Julius Hübner (Mannheim), Professor Dr. A. Jungblut (Berlin), Regierungsrat Dr. O. Kausch (Berlin), Dr. Arthur Klein (Potsd.), Arthur D. Little (Boston), Dr. J. Marcasson (Berlin), Professor Dr. W. Rasthof (Krefeld), Dr. Carl Piesch (Hannover), Professor Dr. Carl G. Schwalbe (Darmstadt), Professor Dr. Wilhelm Suida (Wien), Regierungsrat Dr. Karl Sören (Berlin), Dr. W. Vieweg (Hannover), Geh. Reg.-Rat Professor Dr. H. Wichelhaus (Berlin) und anderen Sonderfachleuten

herausgegeben von Dr. Richard Escalas (München).

1. Januar 1911

Die Zeitschrift **Kunststoffe** erscheint monatlich zwei bis drei Mal in Lieferungen von 16-20 Seiten. Preis pro Heft 1.00 M., für Ausland 1.10 M. — Abonnements werden für die Redaktion erbeten an Dr. Escalas, München, Wirtschaftswissenschaften 20, für den Bezug sowie für Anzeigen an J. F. Lehmanns Verlag, München, Paul Heyer-Str. 20.

1. Jahrgang Nr. 1

Inhalt.

Originalarbeiten: Kausch, Verfahren zur Herstellung von Kunstleder. S. 1.
Bettler, Überblick über den gegenwärtigen Stand der Industrie der Kunstharze. S. 3.
Kausch, Tonempfindliche Kunststoffe. S. 5.
Thoma, Die Guttapercha, ihre Gewinnung und Verwendung in der Sechselfabrikation. S. 7.
Bettler, Die Anlage kleiner Celluloidfabriken. S. 10.
Fritz, Zur Geschichte des Linoleums. S. 12.
Festschriften: Meyer, Herstellung glatter oder gemusterter Leberginge auf geeigneten Unterlagen. — Dyckerhoff, Linoleumersatz. — Blank, Künstliches Leder. — Werner, Schwer lösliches Linoleum. — Fritz, Gefärbte Linoleummasse. S. 18. — Reidel, Künstliches Sulfidier. — Meyer, Kiesel- und Amorphsilber, Silicium und Silicate, Bindemittel zwischen Metall und Glas. — Stocker und Lehmann, Leinwand. — Kantorowicz, Klebemittel. — Uebel, Künstliche Fäden aus Kupferoxydaminol-

celluloselösungen. — Hofmann, Celluloselösungen für Kunstfäden, Rohharz, Filze. — First, Donnersmarck'sche Werke, Farben von Erzeugnissen aus Cellulosefaser-Ethern. S. 18. — Wirth, Cellulosepulver. — Gelfers, Uebertragungsgrundlage aus Celluloid. — Meurer, Aufgrenzen von Cellulosezapfen. — Weidenmüller und Heer, Fern zur Herstellung von Holzkörpern aus Cellulose. — Ritzger'sche Werke, Elastisch-plastische Massen. — Gollardon, Masse für Buchdruckerkleihe. — Faßbinder, Regenerieren von Kautschuk-Abfällen. — Mann und Hornreiter, Kautschukersatz. S. 17. — Pape, Masse aus Torf. S. 18.
Beihilfsstoffe: Filmopropag. S. 18.
Wirtschaftliche Rundschau: Deutschlands auswärtiger Handel mit Kunststoffen. S. 18. — Neugründungen von Kunststoffabriken in Holland. — Österreichische Aktiengesellschaft für Celluloidfabrikation. — Weimar. — Annaberg. S. 20.
Festschriften: Deutschland, Anmeldungen. S. 20.

Zur Einführung.

Die letzten 50 Jahre haben der chemischen Technik außerordentliche Erfolge gebracht auf dem Gebiete der künstlichen Herstellung von Farbstoffen, Arzneimitteln und Riechstoffen, die früher mühsam und kostspielig aus Pflanzen gewonnen werden mußten und jetzt aus billigen Rohmaterialien (bes. Teer-Destillaten) künstlich aufgebaut werden. Man hat sich weiterhin nicht damit begnügt, die natürlichen Stoffe nachzuahmen, sondern man stellte auch ähnliche, zum Teil wirksamere, jedenfalls mannigfaltigere chemische Verbindungen her, wobei man sich im allgemeinen an den von der Natur gegebenen Typus hielt; mit zunehmender Erkenntnis der für den gewünschten Zweck wirksamen Gesetzmäßigkeiten ist man endlich dazu gelangt, künstliche Farbstoffe, Arzneimittel und Riechstoffe zu erzeugen, von anderer Zusammensetzung als die Naturprodukte, ihnen aber an Wirkung gleichkommend oder überlegen. — Die Ergebnisse der vorstehend erwähnten Arbeiten sind in zahlreichen wissenschaftlichen und technischen Zeitschriften niedergelegt, denen es nicht an Material fehlt; denn hervorragend eingerichtete Laboratorien großer Fabriken bearbeiten die betreffenden Gebiete systematisch; an unsern Universitäten und technischen Hochschulen haben bis vor kurzem die synthetischen Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Farbstoff- und pharmazeutischen Industrie einen vorherrschenden Platz eingenommen.

Unsere Zeitschrift soll sich nun mit Stoffen beschäftigen, welche für die Industrie und den allgemeinen Bedarf von ähnlich großer Bedeutung sind wie die oben genannten, bei denen aber die wissenschaftliche Durchforschung und — davon abhängig — die chemische Nachbildung, Umbildung und Ersetzung erst im Beginn ihrer Entwicklung stehen. — Zunächst sind es diejenigen Industrien, welche sich von dem Ausgangsmaterial Zellstoff ableiten. Die angewandte Zellstoff-Chemie, worunter wir die Industrien des Celluloids und ähnlicher Stoffe, der künstlichen Seiden, des künstlichen Leders usw. verstehen, hat neuerdings eine außerordentlich große praktische Bedeutung erlangt; mit Hilfe chemischer Veredelungsprozesse hat man Holz und andere celluloschaltigen Materialien in wertvolle Kunststoffe übergeführt. Wenn wir aber an den innigen Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Technik denken und die Entwicklung der deutschen Farbenindustrie als direkt abhängig von den Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung be-

Bild 1.2 Kopf der ersten Seite der Zeitschrift Kunststoffe aus dem Jahr 1911

Escales verwies auf die damals schon bedeutende angewandte Cellulosechemie, zu der nicht nur die Papierherstellung gehörte, und die Gummi- und Kautschukindustrie sowie das noch sehr junge Gebiet der Kunstharze mit Bakelit, Resinit usw. und fuhr fort: „Wie sich die Chemiker nicht mit Nachahmungen der Natur begnügt haben, so werden auch hier im Laufe der Zeit künstliche Stoffe erzeugt werden, die vielleicht noch besser als die der Natur nachgebildeten ... sein werden“. Damit wird verständlich, warum die aus natürlichen Rohstoffen wie Cellulose, Eiweißstoffen und Wildkautschuk erhaltenen frühen Kunststoffe bis in die Gegenwart mitunter als „veredelte Naturstoffe“ bezeichnet werden.

Der Begriff „Kunststoff“ war zunächst nicht näher definiert, zumal bis etwa 1920 keine allgemein anerkannten Vorstellungen zur Chemie dieser Stoffklasse bestanden. Erst durch die Arbeiten Staudingers (siehe Abschnitt 1.2 „Eine neue Wissenschaft: Hermann Staudinger ...“) setzte sich nach und nach die Erkenntnis durch, dass Kunststoffe hochmolekulare (makromolekulare) Stoffe sind, die im Gegensatz zu den vielen bis dahin bereits gut bekannten niedermolekularen Stoffen der organischen Chemie aus sehr großen Molekülen mit hohen Molekulargewichten bestehen, worauf auch ihr Verhalten als Werkstoffe beruht.

Manchmal wurde der Begriff Kunststoff zunächst sehr breit ausgelegt: Pöschl [2] betrachtete noch 1932 auch Kunstbutter, Kunstspeisefette und Portlandzement als „Kunststoffe aus Urstoffen“ und nannte im weiteren Sinne sogar Produkte aus Abfällen wie Korkmehl oder Holzmehl (Kunstkork, Kunstholz) Kunststoffe. Er zählte schließlich auch synthetischen Kampfer oder Indigo im Gegensatz zu den entsprechenden Naturprodukten zu den Kunststoffen. Neben den älteren Kunststoffen wie Glas und Tonwaren gehörten für ihn zu „Kunststoffen im engeren Sinne“ die zu jener Zeit bekannten „abgewandelten Naturstoffe“ wie Celluloid, Zellhorn, Kunstharze, Kunsthorn, Kunstseide usw.

Das neue Wort „Kunststoff“ fand zunächst keineswegs uneingeschränkte Akzeptanz, weil ihm lange Zeit der Geruch eines künstlich erzeugten und damit nicht natürlichen und sogar weniger wertvollen Stoffes anhaftete. Noch nach dem zweiten Weltkrieg wurde z. B. ausgerechnet im Fachnormenausschuss Kunststoffe im Deutschen Normenausschuss der Vorschlag gemacht, dafür das Wort Polyplaste (Einzahl Polyplast) zu verwenden, da der Begriff Kunststoffe bisher nicht klar definiert worden sei und sich das Wort auch nicht in anderen Sprachen eingeführt hätte [3] [4]. Der sehr kontrovers diskutierte Vorschlag „Polyplaste“ erledigte sich allerdings bald von allein, da eine Firma für dieses Wort Schutzrechte beanspruchte, so dass es nicht mehr frei verfügbar war. In einer Vornorm wurde dann 1954 das Wort „Plaste“ verwendet, bis dieser Normentwurf schließlich 1957 ganz zurückgezogen wurde. Geblieben ist aber immerhin die Begriffsbestimmung, die sich inzwischen weitgehend durchgesetzt hat:

„Polyplaste“ (später Plaste und heute Kunststoffe) „sind Materialien, deren wesentliche Bestandteile aus makromolekularen organischen Verbindungen bestehen und die entweder synthetisch oder durch Umwandlung von Naturprodukten entstehen. Sie sind in der Regel bei der Verarbeitung unter bestimmten Bedingungen plastisch formbar oder sind plastisch geformt worden“.

Falsch ist hier nur das Wort „Verbindungen“, das heute durch „Stoffe“ ersetzt werden muss, da makromolekulare Stoffe wegen ihrer molekularen Uneinheitlichkeit (siehe Abschnitt 1.2 „Eine neue Wissenschaft: Hermann Staudinger ...“) keine chemisch einheitlichen Verbindungen sind [5].

Auch Zeitschriften haben ihre Schicksale

Schon die alten Lateiner wussten, dass Bücher ihre Schicksale haben („habent sua fata libelli“, Terentianus Maurus, Ende des

DAS KUNSTSTOFFZEITALTER

2.1 Epochen der Kunststoffgeschichte

Wie schon erläutert, sind Kunststoffe in unserem heutigen Sprachgebrauch industriell mit chemischen Verfahren hergestellte hochmolekulare Produkte, die vor allem als Werkstoffe, aber auch als sog. Funktionspolymere oder Effektstoffe Anwendung finden, z. B. für Ionenaustauscher, Superabsorber, Membranen zur Stofftrennung oder für elektronische Bauteile.

In diesem Sinne beginnt die neuere Geschichte der Kunststoffe in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Wenn man einige natürliche Harze und die aus Naturkautschuk erhaltenen Materialien mit einbezieht, finden sich auch schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts Vorläufer „künstlicher“, von Menschenhand gefertigter Stoffe (siehe Kapitel 3 „Vorzeit“), weshalb man mit O. Krätz die der Neuzeit vorangegangenen Perioden auch als Vor- und Frühgeschichte der Kunststoffe zusammenfassen kann [1].

Die Neuzeit der Kunststoffgeschichte beginnt in der ersten Dekade des 20. Jahrhunderts mit der industriellen Herstellung synthetischer hochmolekularer Stoffe. Am Anfang stehen die unter dem bis heute als Warenzeichen geschützten Namen Bakelit bekannt gewordenen Phenolharze (Phenoplaste). Geprägt wird

die Neuzeit aber auch durch die wissenschaftliche Aufklärung der Bildungsprozesse und der chemischen und physikalischen Struktur der Kunststoffe durch Staudinger, Carothers, Flory und viele weitere Forscher (siehe Abschnitt 1.2 „Eine neue Wissenschaft“).

Etwa um 1930 kamen die ersten sog. Vinylpolymeren wie Polyvinylchlorid (PVC) und Polystyrol (PS) auf den Markt und wenige Jahre danach die Polyolefine (zuerst Polyethylen (PE) und später Polypropylen (PP)) sowie einige sog. technische Kunststoffe wie z. B. die Polyamide (PA), aber auch die nicht zu den Kunststoffen gezählten Synthesekautschuke und Synthesefasern.

Der damit verbundene Aufschwung der Kunststoffindustrie hat schon um 1940 dazu geführt, dass vom Zeitalter der Kunststoffe gesprochen wurde [2]. Damals mag diese Bezeichnung noch verfrüht gewesen sein; um 1950 war es aber dann sicher berechtigt, mit Hans Beck, einem der Erfinder der Schnecken-spritzgießmaschine, zu erwarten [3], dass im „engeren Rahmen des Industriezeitalters, wie man den jüngsten Abschnitt unserer Kulturgeschichte durchaus bezeichnen kann, diesem die Kunststoffe zweifellos ein neues Gesicht geben werden“. Karl Mienes (1905 – 1985) sprach 1962 in latinisierter Form vom „Plasticeum“ [4], Hj. Saechtling [5] fasste 1961 die Technik- und Wirtschaftsgeschichte der Kunststoffe von 1910 bis 1960 unter der Überschrift „Werkstoffe aus Menschenhand“ zusammen.

1950 betrug die Welterzeugung an Kunststoffen rund 1,5 Millionen t, während heute über 300 Millionen t jährlich hergestellt werden. Wenn man mit einer durchschnittlichen Dichte der Kunststoffe von $1,2 \text{ g/cm}^3$ rechnet, überstieg schon um 1983 der Kunststoffweltverbrauch volumenmäßig den von Stahl.

Dank intensiver und systematischer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Industrie und Hochschulen folgt etwa um 1960 ein neuer, bis in die Gegenwart reichender Abschnitt, in

dem zahlreiche weitere technische Kunststoffe, z.B. Polycarbonate (PC) und Polyoxymethylen (POM), marktreif wurden. Daneben wurden für hohe Ansprüche an Festigkeit und Temperaturbeständigkeit verwendbare Hochleistungskunststoffe entwickelt und Polymere nicht nur als Werkstoffe sondern unter Ausnutzen ihrer besonderen Eigenschaften auch in immer größerem Maße als Funktionsträger eingesetzt.

Damit lässt sich mit den in den Geschichtswissenschaften üblichen, aber natürlich für andere Zeiträume gebrauchten Begriffen die Historie der Kunststoffe in vier Epochen einteilen (Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1 Epochen der Kunststoffgeschichte

bis ca. 1800	Vorzeit mit Naturharzen, Gelatine, Horn, Milcheiweiß (Kasein), pflanzlichen Ölen und Wildkautschuk als Rohstoffen
1800 bis 1900	Frühzeit mit hochmolekularen und chemisch abgewandelten Naturstoffen auf der Basis von Kautschuk, Guttapercha, Cellulose, Eiweißstoffen sowie mit Naturharzen wie Bernstein und Schellack
1900 bis 1960	Neuzeit mit der Einführung des Begriffs „Kunststoff“ durch R. Escales (1911) und den ersten vollsynthetischen Kunststoffen wie Phenoplasten, Aminoplasten, den sog. Standard-Thermoplasten (PS, PVC, PE, PP) und den frühen technischen Kunststoffen (PA) sowie mit Synthesekautschuken und Synthesefasern. Gekennzeichnet ist diese Periode durch die Begründung der Polymerwissenschaft (H. Staudinger) mit der Erforschung der Bildungsreaktionen und der Struktur und Eigenschaften der als Kunststoffe eingesetzten Polymeren.
ab etwa 1960	Gegenwart mit neuen. technischen Kunststoffen (PC, POM, PPE usw.), Hochleistungskunststoffen und Funktionspolymeren.

5.1 Frühe Kunstharze

Beginn der Industrie plastischer Massen

Trotz der vielen im 19. Jahrhundert entwickelten Vorläufer der heutigen Kunststoffe kann man um 1900 in Deutschland noch nicht von einer Industrie plastischer Massen sprechen. Die bis dahin entstandene Großchemie befasste sich zunächst vor allem mit Farbstoffen und Heilmitteln und der Synthese der dazu benötigten Grundchemikalien. Vorprodukte dazu lieferten die Gasanstalten und der Steinkohlenteer als industrielles Nebenprodukt der Kohleverkokung. Die größte Bedeutung als plastische Massen hatten anfangs die aus dem Ausland eingeführten Naturharze. Deutschland importierte vor dem ersten Weltkrieg aus Amerika, Frankreich, Italien, Holland und Spanien 110 000 t Kolophonium im Wert von 2 Mio. Mark, 600 t Kopale (6 Mio. Mark) und 300 t Schellack sowie einige andere Edeldharze (Wert 6 Mio. Mark).

Dementsprechend groß war beim Ausbruch des ersten Weltkrieges der Ersatzbedarf, der durch Kunstharze gedeckt werden sollte. Offenbar übte dabei der schon vor dem Krieg zu beobachtende Aufschwung des Marktes für plastische Massen um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert auf viele sogenannte Erfinder große Anziehung aus, denn schon 1912 warnte F. Steinitzer [2] vor Patenten, die z. B. aus Naphthalin und Pfeifenton desinfizierende Fußböden oder aus Chloriden, Glycerin und Stärke einen Kautschukersatz machen wollten, da sie „außer ihrer Fähigkeit, die Lachmuskeln zu erregen, nicht den mindesten Wert“ hätten. Einschränkungen ergaben sich auch aus den zunächst nur wenigen Verfahren zur Formgebung, wofür damals vorwiegend Walzen, Pressen oder Gießen in Betracht kamen. Mehrstündige Presszeiten bei hohen Drucken waren auch schon

zu jener Zeit ebenso unrationell wie das lange Trocknen bei Gießverfahren, das zudem oft mit Formänderungen wegen des unvermeidlichen Schwindens verbunden war. Auch wurde immer wieder erfolglos versucht, den als Weichmacher für Celluloid verwendeten natürlichen Kampfer, der damals etwa 3,80 Mark je Kilogramm kostete, durch viel teurere Stoffe wie Antipyrin (ca. 30 Mark/kg) oder Borneol (45 Mark/kg) zu ersetzen. Ebenso verhinderte die Wasserempfindlichkeit vieler Produkte ihre sinnvolle Anwendung, und das zu jener Zeit zum Geschmeidig machen von plastischen Massen viel verwendete Glycerin ließ sich auch aus gehärteten Stoffen auf der Grundlage von Gelatine oder Kasein leicht mit Wasser herauswaschen, was naturgemäß die Wirkung minderte oder ganz aufhob. Auch der beliebte Zusatz von Salzen wie Aluminium-, Calcium-, Magnesium- oder Zinkchlorid führte nur dazu, dass die damit hergestellten Produkte an feuchter Luft „salzige Tränen weinten“, wie denn überhaupt die Wasserfestigkeit vieler früher plastischer Massen durch die zahlreichen verwendeten Zusätze meist unbefriedigend war. F. Steinitzer [2] befürchtete damals schon, dass nicht wettbewerbsfähige Fabrikate das Ansehen des ganzen Industriezweiges und natürlich auch die Erfinder selbst schädigen, „ohne dass auch nur die Patentkosten gedeckt werden“.

Erich Stock [3] resümierte nach dem ersten Weltkrieg: „Was da nicht alles als „Kunstharz“ in den Handel gekommen und auch verarbeitet worden ist. Die „Kriegsharze“ waren auch der Schrecken der deutschen Lackindustrie, und der Maler und Anstreicher der Nachkriegszeit weiß manches Lied von der „Vorzüglichkeit“ dieser Lacke zu singen, wenn die Produkte nicht unparteiisch geprüft und die Resultate veröffentlicht wurden“.

Auch die Kriegersersatzstoffe für Naturharze [4] und für Kunstleder, Vulkanfiber oder Linoleum, das im Krieg wegen des Mangels an Leinöl aus dem Handel verschwunden und auch danach

noch einige Zeit knapp war, die lange Fabrikationszeit des Waltonlinoleums mit mehreren Monaten und die Notwendigkeit, das Produkt dann noch ca. 2 Jahre zu lagern, hatte zur Folge, dass lange kein vollwertiger Ersatz gefunden wurde, wie z. B. beim Versuch, ein „Laktoleum“ mit Kasein herzustellen.

Eigenständige Materialien und Surrogate

Schon vor und während des ersten Weltkriegs und zum Teil noch bis Ende der 1920er Jahre entstanden zahlreiche „künstliche“ Ersatzprodukte, die zum schlechten Image der frühen Kunststoffe beitrugen. Als Beispiele erwähnt seien Pressholz als Surrogat für Ebenholz [5] und der Presskork der Suberit-Fabrik Mannheim-Rheinau für den in Deutschland nicht nachwachsenden Kork. Dazu wurden gemahlene Korkabfälle, sogenanntes Korkklein, mit Bindemitteln (Leinöl, Kasein, Nitrocellulose, Eiweiß, Viskose, Kautschuklösungen oder Leime) und mit Füllstoffen verpresst. Dieser „Kork“ fand Verwendung in Form von Stopfen und Dichtungsplättchen für Gefäße und Tuben, aber sogar zum Abdichten der Motorgehäuse von Automobilen, in der Bauindustrie zum Isolieren („Korkstein“) gegen Kälte, Wärme und Schall als Platten („Rekoplatit“) und für Fußbodenbeläge.

Auch viele Arten von „Kunstleder“ [6] [7], zuerst mit echtem Lederabfall als Ausgangsmaterial oder aus Faserfließ mit Kolloidmassen, sollten das echte Leder vom Luxusgut zum Gebrauchsartikel machen. Dazu wurden Gewebe oder filzartige Stoffe aus Fasermaterial mit wasserunlöslichen Bindemitteln, z. B. aus Cellulosederivaten, verfestigt und mit einer Narbung für lederartiges Aussehen versehen. Solche Erzeugnisse waren allerdings kein wirklicher Lederersatz und sollten daher nach Meinung der lederverarbeitenden Unternehmen nicht als Kunstleder, sondern als „lederartige Stoffe“ bezeichnet werden.

Aktuell wurde dieses Thema wieder mit dem Ausbruch des zweiten Weltkriegs und dem Bemühen, Kunststoffe an Stelle von Leder einzusetzen. So schlug F. Stather [8] 1940 eine Einteilung der Lederaustauschstoffe vor mit teilweise längst wieder vergessenen Bezeichnungen wie Fagelane (Fasergewebe und Lack), Fabinette (Fasern und Bindemittel) oder Nifarine (Nichtfasermaterialien), die als Austauschwerkstoffe für Laufsohlen, Absätze und Sohlenanschläge, Brandsohlen, Kappen und Schaftversteifungen sowie für Rahmenleder, Oberleder und als Leder für technische Zwecke verwendet wurden.

Auch sogenanntes Ledertuch wurde nach Art des Kunstleders aus Leinölfirnis hergestellt. Bei der Suche nach Kombinationen von Leinölfirnis und Nitrocellulose für „wirklich vollwertigen Lederersatz“ [6] unterschied man zwei Gruppen, solche, die aus einem einheitlichen Material gewonnen wurden wie Pressleder, Lederpappe, Gummiplatten und solche, die durch Aufstrich auf einem Gewebe hergestellt würden, also das eigentliche Kunstleder mit den Namen Ledertuch, Wachstuch, Kaliko. Die damals besten Produkte entstanden durch Aufstreichen mit Rakeln, z. B. von Nitrocellulose mit Löse- und Weichmachungsmitteln und mit gleichmäßig gefärbten plastischen Massen in vier bis zehn Schichten, die bei 80–85 °C getrocknet wurden. Als Weichmacher dienten zuerst Rizinusöl, später Kampfer, und dann auch Phthalsäureester oder Trikresylphosphat. Durch Verarbeiten über Walzwerke und Gaufrierkalander zum Narben konnten auch zweifarbige Artikel erhalten werden, wenn im zweiten Aufstrich verschiedenfarbige Massen in die Narben eingedrückt und dann mit dem Rakel abgestreift wurden.

Sogar ein als „Rauschitt“ bezeichneter „neuer Ersatz für Horn und Schildpatt aus dünnen Schafhörnern erzeugter Kunststoff“ sollte an Stelle von Galalith, Celluloid und Bakelite treten. „Von der ersten Prozedur, dem Hornwaschen, bis zu Vollendung des

verarbeitbaren Materials werden nur annähernd 12 Stunden benötigt“ [9].

Ein anderes, weit in das 19. Jahrhundert zurückreichendes Anwendungsgebiet fanden plastische, meist anorganische Massen von steinartiger Beschaffenheit, die in Form eines Estrichs aufgetragen oder zu Platten gepresst wurden; sie lieferten für damalige Ansprüche einen ausgezeichneten Fußbodenbelag. Als deren Erfinder gilt Stanislaus Sorel in Paris Ende der 1850er Jahre. Er benutzte anfangs Mischungen aus Zinkoxid und Chlorzinklösung, später auch Magnesiumoxid und Magnesiumchlorid. Durch Beimischen elastischer Stoffe war dieser Sorel-Zement auch als Belag für Hausflure geeignet.

Das Sorelsche Verfahren geriet bald wieder in Vergessenheit, bis Ende der 1880er Jahre Magnesia-Zement mit Magnesit als Hauptmaterial in Retortenöfen aufbereitet wurde, so dass Kohlendioxid entweichen konnte. Dieser gebrannte Magnesit wurde zu einem Mehl vermahlen und mit Magnesiumchlorid versetzt, das in großen Mengen aus den Staßfurter Kaliwerken erhältlich war. Beim Anrühren von gegläuhter Magnesia mit konzentrierten Lösungen von Magnesiumchlorid entstand in wenigen Stunden eine harte, polierbare Masse. Als Füllstoffe dienten Asbest, Sägemehl, Sägespäne, Korkmehl, seltener Asche oder Schammottemehl sowie Torf. Eingefärbt wurde mit Erdfarben oder Metalloxiden, für weiße Böden mit Federweiß oder Kreide. Dieses Material wurde auf Holzböden, Mauerstein, Sandstein, Asphalt oder Beton aufgebracht und diente auch als Unterboden für Linoleum.

Später kam es zu teilweise geradezu grotesken Diskussionen über den Sinn solcher Ersatzstoffe, z.B. mit der Forderung, Reproduktionen „der gesamten deutschen Plastik“ (womit hier nicht Kunststoffe, sondern Kunstobjekte gemeint waren) in einem Berliner Museum („Gipsmuseum“) zu sammeln, auch

D Der Autor



Prof. Dr. h.c. Dietrich Braun studierte Chemie an den Universitäten Leipzig und Mainz, wo er bei Prof. W. Kern seine Dissertation anfertigte und 1957 promoviert wurde. Er habilitierte sich 1960 für organische und makromolekulare Chemie in Mainz und baute anschließend die Abteilung Chemie des Deutschen Kunststoff-Instituts (DKI) in Darmstadt auf.

Seit 1969 war Prof. Braun Leiter des DKI und gleichzeitig von 1977

bis zur Emeritierung 1999 Inhaber des Lehrstuhls für makromolekulare Chemie an der TU Darmstadt.

Hauptarbeitsgebiete waren die radikalische Homo- und Copolymerisation, PVC, Polykondensationsreaktionen (Phenoplaste, Aminoplaste), reaktive Polymere, Kunststoffe, Polymeranalytik und die Kunststoffgeschichte. Prof. Braun kann rund 500 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und Büchern vorweisen.

Prof. Dr. Dietrich Braun ist Gründungsmitglied und war bis 2010 Präsident des Kunststoff-Museums-Vereins e. V. Düsseldorf.

INDEX

A

- Acetylcellulose 189
- Achard, F 87
- Acrylglas 276 f.
- Albumin 93
- Aminoplaste 228, 244
- Ankersteinbauklötze 96
- Aramide 284
- Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt 258
- Art déco 223
- Äthoxylinharze 298

B

- Baeyer, A. v. XIV 228
- Bagasse 183
- Baekeland, L. 230
- Bakelit 228
- Balata 153
- Baumwolle 161
- Bayer, O. 285
- Belagstoffindustrie 160, 173
- Benecke, J. 175
- Berliner, E. 119
- Bernstein 109
- Berthelot, M. 260
- Betulin 84
- Biopolymere 60
- Birkenpech 84

- Bitumen 58
- Blasformen 39
- Blut 123
- Bois durci 123
- Brandenberger, J. 192
- Butylkautschuk 273

C

- Carothers, W. H. 280
- Carta pesta 164
- Castan, P. 299
- Celcon 295
- Cellit 190
- Cellon 191
- Cellophan 193
- Celluloid 180
- Cellulose 160
- Cellulose-2,5-acetat 190
- Celluloseether 194
- Cellulosekunststoffe 180
- Cellulosenitrat 180
- Cellulosexanthogenat 193
- Chemicellulose 160
- Chemurgy 63
- Condamine, C. 86
- Copolymerisation 30
- Crepe-Kautschuk 131

D

Dacron 289
Damar 113
Dauerwäsche 187
Dekorit 239
Delrin 294
Dimethylbutadien 145
Diolen 289
Duisberg, C. 145
Dunlop, J. 126, 145
Dupren 150
Duromer 31
Duroplaste 31

E

Ebena 114
Ebenholz 107
Ebonit 141
Edelkunstharze 238
Eichengrün, A. 120, 189
Elaste 32
Elastomer 32
Elastomere 130
Elfenbein 108
Emailmuerfarbe 123
Entropie-Elastizität 131
Epoxidharze 298
Epoxyharze 298
Erythren 148
Erythrit 148
Escales, E. 6
Escales, R. 2
Extruder 37
Extrudieren 34

F

Faktis 176
Faraday, M. 144
Federharze 86
Ferrozell 172

Fischbein 107
Fischer, E. 11, 88
Fischleim 125
Flory, P. 33, 46
Fluorchlorkohlenwasserstoffe 297
Fluorkunststoffe 296
Fonrobot, F. 133
Freon 297
Fresneau, F. 86

G

Galalith 122, 211, 218
Gaufrierkalender 207
Gelatine 89
Gelatinefolie 92
Gelatineplastik 92
Gelatineplatten 121
Geleffekt 276
G. F. Heim Söhne 104
Gipsmuseum 208
Glastemperatur 130
Glycopon 210
Glyptalharze 210
Goitsche 110
Goodyear, C. 136
Graham 91
Gummi 31, 87, 130
Gummi-Elastizität 131
Gummi-Kalender 39
Gummipflasterung 25
Gummireifen 151
Gummistraße 149
Guttapercha 128, 153
Guttapercha-Pressse 156

H

Hancock, T. 133
Harnstoff 245
Harries 129
Hartgummi 140
Harze 83, 109

Hebelpresse 34
 Heißvulkanisation 137
 Herolith 238
 Hevea 131
 Hochdruck-Polyethylen 266
 Hofmann, F. 146
 Holz 161
 Holzvergaser 66
 Horn 103
 Hostafon 297
 Hostafon TF 298
 Hostaform 295
 Hyatt, J. 182
 Hydratcellulose 163

I

Igelit 35, 252
 Imbert, G. Ch. P. 66
 Imperial Chemical Industries 266
 India Rubber 87
 Isopren 148

K

Kalandrieren 34, 38
 Kaliko 207
 Kalkhof, E. 119
 Kalkmilch 94
 Kampfer 184
 Kamptulikon 175
 Karben 209
 Kasein 94, 214
 Kaseinfaser 226
 Käseleim 215
 Kaurit 245
 Kautschukbälle 135
 Kautschukforschung 144
 Kautschukgesellschaft 129
 Kautschukregenerate 149
 Keratin 103
 Kern, W. 294
 Ketonharze 210

Kipping, F. 301
 Klatte, F. 250
 Knetmaschine 133
 Knochenleim 89
 Knöpfe 209, 222
 Kohlensäurekautschuk 147
 Kohlenwasserstoffharze 210
 Kolbenspritzgießmaschine 37
 Kollagen 89
 Kolloidchemie 91, 202
 Kolloide 90
 Kolloid-Industrien 202
 Kolophonium 114
 Kopal 113
 Korkstein 206
 Korkteppich 173, 176
 Krische, W. 211
 Kunstharze 204
 Kunstholz 123
 Kunsthorn 211
 Kunstleder 206
 Kunststoff 8
 Kunststoffe
 – Ausstellung 15
 – Einteilung 11
 – Forschungsinstitut 16
 – Handelsnamen 17
 – Sozialgeschichte 23
 Kunststoffmuseen 328
 Kunststoffstraße 329
 Kuren 209

L

Laccain 229
 Laccainsäure 117
 Laccdye 117
 Laktarin 215
 Laktolum 206
 Lanital 227
 Lastex 133
 Latex 131
 Lederaustauschstoffe 207

Ledertuch 174, 207
Leukorit 239
Lilienthal, O. 96
Linkrusta 178
Linoleum 173
Linotrin 175
Linoxyn 176
Linters 161
Lonarit 191
LUGLAS 275
Luvican 35

M

Macintosh, C. 133
Makrolon 289
Makromolekül 13
Marlex 268
Massenkunststoffe 203
Mastikator 134
Mastizieren 133
Melamin 247
Mercerisierung 163, 168
Metastyrol 259
Methylkautschuk 146
Meyer, C. 229
Mienes, K. XII
Milch 215
Milchstein 214
Mipolam 35
Molekülkolloide 129
Moltopren 288
Müller, R. 302

N

Nairne, E. 87
Natta, G. 270
Nattaprojektion 271
Naturharze 109
Naturkautschuk 128
Neopren 150
Niederdruck-Polyethylen 268

Nitrocellulose 180
Nobelpreisträger XIV, 228, 270
Novolake 238
Nylon 280
Nylon Day 281

O

Öltuch 174
Organisches Glas 273
Ostwald, W. 139, 202
Ozonidkautschuk 147

P

Panton-Stapelstuhl 263
Pappmaschee 165
Papyrus 163
Parkes, A. 140, 182
Parkesin 182
PeCe 252
Peck, S. 118
Pergament 164
Pergamentpapier 168
Perlon 284
Perluran 284
Pertinax 172
Phanorit 92
Phenoplaste 228
Philips-Katalysatoren 268
Phosgen 287
Pickles, S. 145
Plantagenkautschuk 127, 141
Plaste 5
Plasticaeum 26
Plexiglas 275
Plexigum 35
Pollapas 245
Polyacetale 294
Polyaddition 285
Polyalkylenterephthalate 288
Polyamid 11 284
Polyamid 12 284

Polyamid 66 280
 Polybutylenterephthalat 289
 Polycarbonate 289
 Polychloropren 150
 Polyester 288
 Polyethylen 266
 Polyisobutylen 272
 Polyisoprene 126
 Polymethylmethacrylat 275
 Polyolefine 265
 Polyoxymethylen 294
 Polyplaste 5, 9
 Poly-Plaste 12
 Polypropylen 269
 Polystyrol 259
 Polyurethane 285
 Polyvinylchlorid 249
 Pressen 34
 Pressholz 206
 Presskork 206
 Priestley, J. 87
 Priskal 238
 Proteine 88
 Proteinoplaste 89
 Proteoplaste 122
 Protiolite 225
 Pummerer, R. 129
 PVC 249
 - Einsatzgebiete 257

R

Radiergummi 310
 Raschig, F. 235
 Rauschitt 207
 Rayophan 193
 Regnault, V. 250
 Reithoffer, J. 133
 Rekoplatit 206
 Resinit 240
 Resit 237
 Resitole 237
 Resol 237
 Resopal 248
 Rilsan 284
 Rochow, E. 302
 Röhm & Hass 275
 Röhm, O. 275
 Römmler, H. 247
 Röntgendiagnostik 112
 Runge, F. F. 51, 57

S

Schallplattenmasse 119
 Schellack 115
 Schildpatt 104
 Schlack, P. 283
 Schmuckkämmen 105
 Schnecken-spritzgießmaschine 37
 Schnell, H. 289
 Schnittgummi 133
 Schobinger, B. 94
 Schönbein, C. 180
 Seidel, W. 94
 Seveso 258
 Sicherheitsglas 274
 Siegellack 119
 Silane 301
 Silicone 301
 Siliconkautschuke 303
 Silikontrennmittel 303
 Simon, E. 259
 smoked sheets 132
 Sojabohnenpressmasse 125
 Sorel-Zement 208
 Spitteler, A. 212
 Spritzgießen 34
 Standardkunststoffe 203
 Stastny, F. 263
 Staudinger, H. 28
 Steinnuss 106
 Steinnussersatz 124
 Stereolithographie 40
 Stereospezifische Polymerisation 269
 Stocklack 116

Stopfmaschine 35
Styroxid 259
Styropor 263
Syndetikon 125
Synthesekautschuk 145

T

Taktizität 270
Teflon 297f.
Tenite 35
Terpenharze 84
Terylen 289
Tetrafluorethylen 296
Thermoplaste 31
Thiozon 139
Thomson, R. 151
Tischtennisball 189
Trabant 243
Transparit 193
Trauerschmuck 141
Trevira 289
Triolin 179
Trioxan 294
Trolitul 35
Troluloid 252
Trommsdorff-Effekt 276
Türkischrotöle 92

U

Ungesättigte Polyester 291
Union Cases 118
Unterwassertelegrafie 158

V

Vinylchlorid 250
Vinylplatte 122
Vinylschallplatte 256
Viskoselösung 193
Volksempfänger 248
Vulkanfiber 168
Vulkanisation 135
Vulkanisationsbeschleuniger 138
Vulkazit 139

W

Wachstuch 174
Wacker 187, 252, 302
Walton, J. 176
Wasserschildkröte 105
Weichmacher 254
Wickham, H. 141
Wildkautschuk 85, 127, 131

Z

Zellglas 192
Zellhorn 180
Zellstoff 161
Ziegler, K. 268
Ziegler-Natta-Katalysatoren 266
Zoolite 225