

Rolf Froböse
Klaus Jopp

Fußball, Fashion, Flachbildschirme

Die neueste
Kunststoffgeneration

ERLEBNIS
wissenschaft



Erlebnis Wissenschaft bei WILEY-VCH

Audretsch, Jürgen (ed.)

Verschränkte Welt

Faszination der Quanten

2002, ISBN 3-527-40318-3

Bartels, Cornelia / Göllner, Heike /

Koolman, Jan / Maser, Edmund /

Röhm, Klaus-Heinrich

Tabletten, Tropfen und Tinkturen

2005, ISBN 3-527-30263-8

Emsley, John

Parfum, Portwein, PVC ...

Chemie im Alltag

2003, ISBN 3-527-30789-3

Emsley, John

Fritten, Fett und Faltencreme

Noch mehr Chemie im Alltag

2004, ISBN 3-527-31147-5

Emsley, John

Mörderische Elemente

Prominente Todesfälle

2006, ISBN 3-527-31500-4

Froböse, Gabriele / Froböse, Rolf

Lust und Liebe – alles nur Chemie?

2004, ISBN 3-527-30823-7

Froböse, Rolf / Jopp, Klaus
Fußball, Fashion, Flachbildschirme
Die neueste Kunststoffgeneration
2006, ISBN 3-527-31411-3

Froböse, Rolf
Mein Auto repariert sich selbst
Und andere Technologien von übermorgen
2004, ISBN 3-527-31168-8

Genz, Henning
Nichts als das Nichts
Die Physik des Vakuums
2004, ISBN 3-527-40319-1

Koolman, Jan / Moeller, Hans /
Röhm, Klaus-Heinrich (eds.)
Kaffee, Käse, Karies ...
Biochemie im Alltag
1998, ISBN 3-527-29530-5

Liedtke, Susanne / Popp, Jürgen
Laser, Licht und Leben
Techniken in der Medizin
2006, ISBN 3-527-40636-0

Morsch, Oliver
Licht und Materie
Eine physikalische Beziehungsgeschichte
2003, ISBN 3-527-30627-7

Morsch, Oliver
Sandburgen, Staus und Seifenblasen
2005, ISBN 3-527-31093-2

Reitz, Manfred

Auf der Fährte der Zeit

*Mit naturwissenschaftlichen Methoden
vergangene Rätsel entschlüsseln*

2003, ISBN 3-527-30711-7

Renneberg, Reinhard / Reich, Jens

Liebling, Du hast die Katze geklont!

Biotechnologie im Alltag

2004, ISBN 3-527-31075-4

Schwedt, Georg

Was ist wirklich drin?

Produkte aus dem Supermarkt

2006, ISBN 3-527-31437-7

Unger, Ekkehard

Auweia Chemie!

2004, ISBN 3-527-31238-2

Vowinkel, Bernd

Maschinen mit Bewusstsein –

Wohin führt künstliche Intelligenz?

2006, ISBN 3-527-40630-1

Voss – de Haan, Patrick

Physik auf der Spur

Kriminaltechnik heute

2005, ISBN 3-527-40516-X

Zankl, Heinrich

Nobelpreise

*Brisante Affairen, umstrittene
Entscheidungen*

2005, ISBN 3-527-31182-3

Rolf Froböse und Klaus Jopp
Fußball, Fashion, Flachbildschirme

Die neueste Kunststoffgeneration



WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Autoren

Dr. Rolf Froböse
Ahornstr. 28
83512 Reitmehring

Dipl.-Chem. Klaus Jopp
WiWiTech
Stübeheide 82 f
22337 Hamburg

1. Auflage 2006

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

© 2006 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen

oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

ISBN: 978-3-527-31411-9

ePDF ISBN: 978-3-527-64090-4

ePub ISBN: 978-3-527-64089-8

mobi ISBN: 978-3-527-64091-1

*Unseren Vätern in dankbarer Erinnerung,
unseren Familien in dankbarer Zuneigung.*

Vorwort

Manchmal sind sie elektrisch leitfähig, dann wieder isolierend oder biologisch abbaubar und bei Bedarf sogar selbsttätig leuchtend. In Gestalt lichtbeschreibbarer Typen finden wir sie in holografischen Datenspeichern vom Kaliber »Terabyte«, als Wärmedämmung in Passivhäusern und in Form von Schlankmachern in Energie sparenden Automobilen. Einige Vertreter machen auf Grund ihrer Brandeigenschaften Airports und U-Bahnen sicherer, sorgen in Form von Bodenbelägen für sportliche Höchstleistungen und verleihen Tastaturen einen samtigen Touch. Wenn es sein muss, legen sie Fälschern von Geldscheinen und Ausweisen das Handwerk, verfügen über ein bemerkenswertes Erinnerungsvermögen und machen sich darüber hinaus auch beim Küssen nützlich. Sie... – nein, die Aufzählung soll hier enden, denn hinter all den Beispielen verbergen sich Polymere, die Tausendsassas unter den Materialien. Bisherige Entwicklungen deuten darauf hin, dass sich Kunststoffen bereits in naher Zukunft beinahe jede erdenkliche Eigenschaft verleihen lässt.

Ihre Allgegenwart könnte leicht zu der Annahme verleiten, dass die Innovationspotenziale dieser Werkstoffklasse nahezu erschöpft seien. Doch weit gefehlt! Bescherte uns die erste Kunststoffrevolution den großen Siegeszug – angefangen vom Nylonstrumpf über das Einweggeschirr bis zum Fernsehgehäuse –, dann hat die zweite Revolution gerade erst begonnen. In dieser zweiten Revolution offenbaren uns die Kunststoffe ein völlig neues Antlitz voller Geheimnisse und scheinbarer Widersprüche.

Begleiten Sie die Autoren nun auf eine weltweite »Magical Mystery Tour« durch die Forschungslabors und erleben Sie mit, wie aus Ideen Erfindungen, aus Erfindungen Innovationen und aus Innovationen revolutionäre Produkte werden. Lassen Sie sich aber auch von den Pionieren unter den Forschern begeistern, die heute bereits die Innovationen des Jahres 2020 und danach vorbereiten. Hierzu gehört zum Beispiel die Herstellung von Kunststoffen aus der Luft – genauer gesagt aus den darin enthaltenen Komponenten Kohlendioxid und Wasserdampf. Die erste Hürde auf dem langen Weg wurde jetzt an der Universität Pittsburgh genommen. Die Forscher denken, dass es in 15 bis 20 Jahren gelingen könnte, das in der Atmosphäre enthaltene Kohlendioxid zur Herstellung wertvoller Thermoplaste zu nutzen.

Nicht minder utopisch muten die Arbeiten anderer Forschergruppen an, die sich heute bereits mit »Smart Polymers«, auch in Verbindung mit anderen Werkstoffen beschäftigen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Materialien besitzen smarte Materialien keine festgelegten Eigenschaften mehr. Vielmehr werden diese selbsttätig aufgrund von äußeren Einflüssen variiert. Die Vision umfasst Leitern, die bei Überlastung ein Warnsignal abgeben ebenso wie Gebäude und Brücken, die sich während eines Erdbebens selbsttätig verstärken und entstandene Risse wieder verschließen.

Unseren Familien danken wir für die große Geduld und moralische Unterstützung bei der Anfertigung des Werkes. Unser ausdrücklicher Dank gilt auch Frau Dr. Gudrun Walter und Frau Dr.-Ing. Waltraud Wüst sowie allen weiteren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Verlags Wiley-VCH für die ausgezeichnete Zusammenarbeit.

Dr. Rolf Froböse und Klaus Jopp,
im Frühjahr 2006

Inhaltsverzeichnis

[titelseite](#)

[**Erlebnis Wissenschaft bei WILEY-VCH**](#)

[Titel](#)

[Impressum](#)

[Danksagung](#)

[**Vorwort**](#)

[**Ein Ausflug in die Geschichte**](#)

[**Moderne Flachbildschirme: Eldorado für neue Polymere**](#)

[**High Tech für Sport und Spiel**](#)

[**Polyurethane: Technische Kunststoffe mit riesigem Potenzial**](#)

[**Kunststoffspezialitäten bereichern die Automobiltechnik**](#)

[**PVC: Oldie mit Wachstumspotenzial**](#)

[**Silicone: Trendsetter in Wachstumsmärkten**](#)

[**Textilien: Chemie vom Scheitel bis zur Sohle**](#)

[**Polycarbonat: Moderne Datenspeicher und mehr**](#)

[**Polymerelektronik vor dem Durchbruch**](#)

[**Mit Infrarot-Absorbern zu einem effektiven Wärmemanagement**](#)

[**Nanopartikel: Revolution für den Spritzguss**](#)

[**Bindemittel aus Polyvinylbutyral: Verpackte Glanzleistung**](#)

[**Mit Titandioxid zu verbesserten PE-Filmen**](#)

[**Medizintechnik: Hochleistungskunststoffe verdrängen Metalle**](#)

[**Zukunft der Polymere: Zusammenwachsen mit der Zwergenwelt**](#)

Der letzte Schrei: Kunststoffe mit Gedächtnis

Holografische Speicher

Kunststoffe aus Kohlendioxid

Werkstoffe werden »smart«

Literatur

Quellennachweis der Abbildungen

Personen-, Sach- und Firmenregister

Ein Ausflug in die Geschichte

Die erste Kunststoffrevolution: Neue Materialien lieferten Zündfunken für Innovationen

Wie die Vergesslichkeit eines Chemikers einem Superwerkstoff auf die Sprünge half

Die besten Erfindungen kommen manchmal durch Zufall zustande. Diese Erfahrung machte unter anderem der Amerikaner Roy Plunkett. Offensichtlich war der 26 Jahre junge Chemiker frisch verliebt und hatte ein Date im Kopf, als er aus Versehen eine Gasflasche mit der Fluorverbindung Tetrafluorethylen, kurz TFE genannt, auf dem Labortisch stehen ließ, statt sie wie geplant in den Eisschrank zu verfrachten. Vergleichbares war ihm zuvor noch nie passiert! Als am Morgen des 6. April des Jahres 1938 Plunketts Laborassistent Jack Rebok das Ventil aufdrehte, um das komprimierte TFE zu entnehmen, wollte die Flasche partout kein Gas mehr von sich geben. Sie konnte aber unmöglich leer sein! Da sich Plunkett keinen Reim darauf machen konnte, sägte er kurz entschlossen den Stahlzylinder auf und fand einen weißen Belag vor. Nachfolgende Tests bewiesen: Ein neuer Kunststoff war entstanden – das Polytetrafluorethylen, später kurz Teflon genannt. Es war unbrennbar, quoll bei der Einwirkung von organischen Lösungsmitteln nicht auf und trotzte sogar den aggressivsten Säuren. Ein bis dato in dieser Substanzklasse extrem ungewöhnliches Verhalten!

Seine einzigartigen Eigenschaften konnte das Material allerdings erst etliche Jahre später ausspielen – und zwar als Hitzeschutzkachel, Kabelisolierung und in der Raumfahrt als Schutzschicht für die Anzüge der Astronauten. Gerne wird Teflon daher auch als erfolgreicher »Spin-Off« der Raumfahrt bezeichnet. Eine hübsche Legende, mehr nicht. So eroberte Teflon bereits ab 1954 die Bratpfanne, erst anschließend, nach dem Sputnik-Schock des Jahres 1957, war der Weltraum an der Reihe.

Aufgrund seiner hervorragenden chemischen und thermischen Beständigkeit hat sich der Werkstoff in den nachfolgenden Jahrzehnten eine große Palette von Einsatzgebieten erobern können. Das Spektrum reicht von chemikalienbeständigen Rohrleitungen für Industrieanlagen über medizinische Injektionsschläuche bis hin zur Mikroelektronik, und ein Ende des Teflon-Booms ist nicht zu erkennen.

Von der »Schwiegermutterseide« zur modernen Kunstfaser

Eine andere bedeutende Innovation, die der ersten Kunststoffrevolution den Weg ebnen sollte, wurde Jahrzehnte zuvor quasi aus der Not heraus geboren: Als am Ende des 19. Jahrhunderts in Frankreich eine Seuche die Seidenraupen befallen hatte, kam der französische Chemiker Hilaire Bernigaud Graf von Chardonnet de Grange, ein Schüler von Louis Pasteur, auf die Idee, seidenartige Fäden künstlich herzustellen. Zu diesem Zweck löste er Schießbaumwolle (Nitrocellulose) in einem Gemisch aus Alkohol und Ether und presste die entstandene Lösung durch feine Glasröhrchen. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels blieben feine seidenglänzende »Reyon-Fäden« (von französ. rayon, Lichtstrahl) zurück, die sich verspinnen ließen. Bernigaud zögerte nicht lange, stellte seine Kunstseide 1889 auf der Pariser Weltausstellung vor und nahm 1891 die kommerzielle Fertigung auf.

Wie sich herausstellte, wiesen Damenkleider aus Bernigauds Kunstseide aber einen entscheidenden Nachteil auf. Sie waren hochgradig brennbar und entzündeten sich bisweilen bereits in der Nähe eines Kamins oder einer Gaslaterne. Als die Presse wiederholt darüber berichtete, machte in Frankreich ein nicht gerade absatzförderndes Bonmot die Runde: »Schwiegermutterseide«. Bernigaud löste das Problem mit Hilfe von Schwefelverbindungen, die denitrierend wirkten und die Brennbarkeit entscheidend herabsetzten, dafür handelt er sich ein neues ein – die Rosskur verhalf zwar den Schwiegermüttern zu einer höheren Lebenserwartung, dafür war die Seide relativ brüchig.

Mehr Glück hatten die englischen Chemiker Charles Frederick Cross, Edward John Bevan und Clayton Beadle, als sie Cellulose zuerst mit Natronlauge behandelten und anschließend Schwefelkohlenstoff hinzufügten. Das Resultat waren lebhaft orangegelb gefärbte Körnchen aus Cellulosenatriumxanthogenat. Als sie daraufhin den Festkörper mit dem zungenbrecherischen Namen nochmals in Lauge auflösten, entstand eine sirupähnliche Flüssigkeit, die von den Chemikern Viskose getauft wurde. Diese Flüssigkeit pressten sie durch feine Gold- oder Platindüsen in ein Säurebad und erhielten feine glänzende Fäden, die sich leicht verspinnen ließen. Das Austreiben der Kinderkrankheiten überließen die Chemiker der Industrie, die im mehreren Ländern schon bald die Produktion aufnahm. So gab es 1906 in Deutschland bereits sieben Hersteller von Viskose. Auch heute ist Viskose nach wie vor die wichtigste Chemiefaser auf der Basis von Cellulose. Weltweit werden jährlich rund 3 Mio. Tonnen für die Textilindustrie produziert.

Kuriosum am Rande: Der Engländer Joseph Wilson Swan hielt bereits ein Jahr vor Bernigaud den ersten Faden aus Kunstseide in der Hand, den er nach einem ganz ähnlichen Verfahren gewonnen hatte. Er hatte jedoch nicht an die

Möglichkeit gedacht, die Fasern zu Garn zu verspinnen. Stattdessen nutzte er die Kunstfasern, die er durch eine gezielte Verbrennung in Kohlefasern verwandelte, als Glühfäden in seinen elektrischen Birnen.

Ein Chemiker wird zum Frauenheld

Nie im Leben hätte der amerikanische Chemiker Wallace Hume Carothers, der sich seit 1929 den linearen Hochpolymeren verschrieben hatte, daran geglaubt, dass er einmal zum Favoriten der Damenwelt avancieren würde. Allerdings hing sein »Frauenglück« buchstäblich an einem seidenen Faden, genauer gesagt am Superpolyamid 6.6. Denn dieser Faden, den er 1935 schuf, war so fein wie Seide, aber fester als Baumwolle: Nylon. Hergestellt hatte Carothers die künstliche Seide aus Hexamethyldiamin und Adipinsäure. Dabei stellte er fest, dass die Fäden durch nachträgliches Strecken eine außergewöhnliche Festigkeit erreichen.

Als am 15. Mai 1940 erstmals Nylonstrümpfe auf dem amerikanischen Markt auftauchten, kam dies einer Sensation gleich. Allein in New York City wurden innerhalb weniger Stunden vier Millionen Paare verkauft, und nur wenige Monate nach der Markteinführung mussten die Produktionskapazitäten bereits erweitert werden. Nach dem 2. Weltkrieg ging der einzigartige Siegeszug des Produktes aus der Retorte unaufhaltsam weiter: Nylonstrümpfe, Coca Cola und Lucky Strike wurden zu Statussymbolen, die eine neue Ära des Massenkonsums einläuteten. Damit war das Potenzial des Nylons aber lange noch nicht ausgeschöpft. Vielmehr eröffnete die vollsynthetische Faser der Textilindustrie in nahezu allen Bereichen neue Anwendungsmöglichkeiten.



Wallace Hume Carothers, Erfinder des Nylon

Nahezu zeitgleich mit dem Amerikaner Carothers hatte auch ein deutscher Chemiker, Dr. Paul Schlack, an Polyamiden gearbeitet. Als Ausgangssubstanz verwendete er jedoch das Caprolactam, das er im Januar 1938 zusammen mit einer kleinen Menge Aminocapronsäurehydrochlorid und einer Spur Wasser in einem Bombenofen auf 240 °C erhitzt hatte. Daraus erhielt er ein Produkt, das in seinen Eigenschaften dem Nylon völlig adäquat war: Perlon. Eine Lücke im amerikanischen Patent hatte Schlacks Erfindung zu weltweitem Erfolg verholfen. So hatte Carothers behauptet, dass sich Superpolyamid aus Caprolactam nicht herstellen lasse – ein folgenschwerer Irrtum! Dennoch kam es zu einer gütlichen Einigung. Da die Eigenschaften von Nylon und Perlon praktisch identisch waren, schlossen die beteiligten Unternehmen in Deutschland und den USA einen Vertrag über die Verwertung der Verfahren, der später einen vollständigen Patentaustausch sowie eine Aufteilung der Absatzgebiete mit sich brachte.

Bereits 1939 brachte die deutsche chemische Industrie Perlon auf den Markt. Größter Abnehmer wurde aber bald die Rüstungsindustrie, die großen Bedarf an Fallschirmseide hatte. So sprangen während des 2. Weltkrieges deutsche Soldaten mit Perlon-Schirmen, amerikanische dagegen mit Nylon-Schirmen vom Himmel. Ähnlich wie beim Nylon setzte der Perlon-Boom erst richtig in der Nachkriegsära ein. Des Weiteren stellte sich bald heraus, dass sich aus Carothers und Schlacks Erfindung nicht nur Fasern, sondern auch komplexe Spritzgussteile herstellen lassen. Die ersten Zahnkränze aus Polyamid wurden 1966 auf der Hannover-Messe vorgestellt.

Bevor auf die zweite Kunststoffrevolution eingegangen wird, sollen in den nachfolgenden Kapiteln die weiteren Highlights der ersten Revolution chronologisch gestreift werden.

Chemiefasern: Vom Autoreifen zur Mikrofaser

1935 Reifencord

In den dreißiger Jahren machte das Bestreben der Industrie, klassische Produkte aus Naturstoffen durch synthetische Produkte zu ersetzen, auch vor dem Automobilsektor nicht mehr Halt. So stellte ein deutscher Reifenhersteller bereits 1933 einen Autoreifen aus dem noch relativ neuen synthetischen Kautschuk Buna her. Nur zwei Jahre später tauchte der erste Reifencord aus synthetischen Fasern auf. Ein technisch wichtiger Meilenstein war der Bau einer Doppeldraht-Zwirnmaschine für Fasern aus Reyon im Jahre 1935. Sie ermöglichte es erstmals, bei einem Spindelumlaufl zwei Drehungen in den Faden einzubringen. Das Prinzip war seit Mitte des 19. Jahrhunderts zwar bekannt, aber erst mit der Erfindung der so genannten

Speicherscheibe im Jahre 1930 wurde es technisch möglich, Doppeldrahtzwirnmaschinen industriell einzusetzen.

1937 Elasthan

Die Herstellung der ersten elastischen Chemiefaser auf der Basis von Polyurethan war ein weiterer bedeutender Meilenstein in der Entwicklung der Chemiefaser. Die hervorstechende Eigenschaft dieser Faser ist ihre Elastizität, die ihr zu dem Namen Elasthan verhalf. Verglichen mit Gummi ist Elasthan reißfester, um ein Drittel leichter und darüber hinaus wesentlich haltbarer. Dennoch hielt das Elasthan erst rund 25 Jahre später unter den Namen Lycra und Dorlastan Einzug in die Textilbranche, wo es zur Herstellung von Miederwaren, Sport- und Badebekleidung sowie Strümpfen verwandt wurde. Insbesondere aus dem Bereich der Sportbekleidung ist das Elasthan heute nicht mehr wegzudenken.

1941 Polyester

Carothers, der Entdecker des Nylons, hatte über Polyester einst ein vernichtendes Urteil gefällt: Für Kunstseide ungeeignet. Die englischen Chemiker John R. Whinfield und James T. Dickson wollten es indessen genauer wissen und entschlossen sich zu einer Vorgehensweise, die sich für die damalige Zeit schlicht utopisch anhörte: Anstatt in hunderten von Reaktionen eine Substanz nach der anderen zu testen, entwarfen sie ein Polyester-Riesenmolekül mit positiven Fasereigenschaften zunächst auf dem Papier. Aus der vorliegenden Struktur folgerten sie wiederum, dass »nur die Terephthalsäure zusammen mit Glykolen einen faserbildenden Polyester ergeben« könne. Gesagt, getan – als die beiden die genannten Komponenten aufeinander einwirken ließen, erhielten sie eine neuartige Faser, die sich

hervorragend verstrecken ließ und über eine hohe Knitter- und Reißfestigkeit verfügt. Damit hatten Whinfield und Dickson zugleich das Fundament für die moderne synthetische Chemie geschaffen. Die industrielle Produktion des nach der Terephthalsäure benannten »Terrylen« begann 1953.

1941 Polyacrylnitril (PAN)

Die Suche nach Möglichkeiten, dem Kunststoff Polyacrylnitril (PAN) brauchbare Fäden abzurufen, hat den Chemikern viel Kopfzerbrechen bereitet. Da das PAN jedes dargebotene Lösungsmittel hartnäckig verabscheute, war an ein Verspinnen des Kunststoffs einfach nicht zu denken. Einer, der sich nicht geschlagen gab, war der deutsche Chemiker Herbert Rein. Im Jahre 1941 hatte er im Dimethylformamid (DMF) ein passendes Lösungsmittel gefunden.

Nicht nur in Deutschland, sondern auch in den USA und in Japan hatten Chemiker zu dieser Zeit fieberhaft nach einem passenden Elixier gesucht, wobei den Amerikanern in den Jahren 1942/43 Erfolg beschieden war. So wurden in den USA sofort großtechnische Spinnversuche unternommen, während in Deutschland der Bombenkrieg die Arbeit an der PAN-Faser zunächst unterbrach.

Dennoch hatten die Chemiker diesseits und jenseits des Atlantiks unabhängig voneinander die Basis für den Nachkriegserfolg der Faser geschaffen. Die Amerikaner führten die PAN-Faser 1950 unter dem Namen »Orlon« auf dem Markt ein, Deutschland zog 1954 mit »Dralon« nach. PAN, das inzwischen nicht nur nass, sondern auch trocken versponnen wird, kommt heute nicht nur im Bekleidungsbereich, sondern auch auf dem breiten Sektor der Heim- und Haustextilien zum Einsatz.

1965 Spinnvlies

Ursprünglich wollte der deutsche Chemiker Dr. Carl Nottebohm ein synthetisches Leder entwickeln, doch dann kam alles anders. 1948 fand er »im Vorbeigehen« einen Weg, textile Flächen direkt aus Fasern herzustellen – die Vliesstoffe. Die ersten Marken waren »Vlieseline« (Einlagestoffe für die Bekleidungsindustrie) und »Vileda« (Haushalts- und Reinigungstücher).

Mit der Einführung des so genannten Spinnvliesverfahrens im Jahre 1965 wurde schließlich die gesamte industrielle Textilfertigung revolutioniert. Dabei wird ein polymeres Granulat – zum Beispiel Polyester – geschmolzen und durch Spinndüsen gepresst. Die dabei entstehenden Endlosfasern werden abgekühlt und auf einem Träger zu einem gleichmäßigen Flor geformt. Vliesstoffe bestehen zu einem großen Teil aus Luft, die innerhalb des Fasergewebes eingeschlossen ist. Diese Eigenschaft macht sie zu hervorragenden Kälteisolatoren, weshalb Textilien aus Spinnvlies insbesondere beim Einsatz in polaren Gegenden und im Hochgebirge favorisiert werden.

1980 Mikrofasern

Die Mikrofaser verbindet den Vorteil der heutigen Polyesterfäden mit den Eigenschaften äußerst feiner Fäden. Das Ergebnis ist ein Stoff, der natürliche Grenzen überspringt: Mikrofasern sind hundertmal feiner als ein Menschenhaar, und 10 000 Meter wiegen noch nicht einmal ein Gramm. Nur knapp 30 Kilo eines solchen Fadens wären notwendig, um die Entfernung zum Mond zu überbrücken. Deshalb gehört die Mikrofaser zu den interessantesten Materialinnovationen der jüngeren Zeit.

Ursprünglich hatte man Mikrofasern für Funktionsbekleidung im Hochleistungssport entwickelt, denn die hohe Dichte von Fäden bei geringem Gewicht bedeutet

eine hohe Anzahl von Luftkammern und Poren, was der Hautatmung und Thermoregulierung des Körpers entgegenkommt. Bald darauf erkannten jedoch die Modeschöpfer das Potenzial der Mikrofaser, die sich problemlos auch mit anderen Chemiefasern kombinieren lässt. Mischungen von Mikrofasern mit Seide, Wolle, Baumwolle oder Viskose haben dazu geführt, dass über 75 % dieser Materialien heute für modische Bekleidung eingesetzt werden.

Klebstoffe: Von der Fokker zur Chipkarte

1909 Phenolharze

Klebstoffe benutzten die Menschen bereits in vorchristlicher Zeit. Von den Sumerern ist beispielsweise bekannt, dass sie um 3000 v. Chr. einen Leim, den sie SE.GIN nannten, aus tierischen Häuten gewannen. Etwa um 1500 v. Chr. verwendeten die Ägypter tierische Leime für Furnierarbeiten. Zeugnis von dieser Epoche legt eine Tafel Hautleim ab, die im Grab des Königs Tut-ench-Amun gefunden wurde. Im alten Griechenland gab es bereits den Beruf des Leimsieders (Kellopsos), und auch die Römer verwendeten einen Leim (Glutinum). Die erste Leimfabrik nahm 1690 in Holland ihren Betrieb auf, während Ferdinand Sichel 1889 den ersten gebrauchsfertigen Pflanzenleim vorstellte.

Das Zeitalter der Klebstoffe auf der Basis synthetischer Rohstoffe begann aber erst 1909, als Leo Hendrik Baekeland ein Verfahren zur Phenolharz-Härtung zum Patent anmeldete. Noch im selben Jahr wurden die Flügel der Fokker erstmals mit Phenolharzen geklebt. Zur Herstellung des Klebers hatte Baekeland Phenol und Formaldehyd miteinander reagieren lassen, eine Reaktion, an der sich

zuvor zahlreiche andere Chemiker vergeblich versucht hatten. Einer von diesen war Adolf von Baeyer, der 1872 aus beiden Stoffen bereits ein künstliches Harz herstellte. Weil ihm das Produkt aber zu unansehnlich war und darüber hinaus scheußlich klebte, ließ er rasch die Finger davon und wandte sich einem attraktiveren Produkt zu – dem blauen Indigo.



Leo Hendrik Baekeland, Erfinder der Phenolharzhärtung

1920-1931 Kaurit-Leime

Ähnlich wie Baeyer erging es dem Chemiker C. Goldschmidt, als er 1896 ein klebriges Kondensat aus Formaldehyd und Harnstoff in den Händen hielt, dessen Klebstoff-Natur erst 1920 von John erkannt wurde. Im Jahre 1931 gelang es der chemischen Industrie, aus dem

Kondensat einen Klebstoff herzustellen, der unter dem Namen Kaurit auf den Markt kam. Eine hohe Festigkeit in Verbindung mit einer guten Verarbeitbarkeit ließen ihn bald zu einem der führenden vollsynthetischen Klebstoffe werden. Kaurit wird heute noch zur Verleimung von Massivholz, Furnierplatten und Holzspanplatten eingesetzt.

1943 Dispersionshaftklebstoffe

Mit dem Begriff Dispersion bezeichnet der Chemiker eine extrem feine Verteilung eines Stoffes in einem anderen, wobei die Teilchen sich nicht durch die Schwerkraft trennen, sondern dauerhaft in dem anderen Medium schweben. Auch die historischen Kleister waren nichts anderes als Dispersionen von Stoffen wie Mehl, Baumharz oder Knochen in Wasser. Die erstmals in einem Patent aus dem Jahre 1943 beschriebenen und Anfang der fünfziger Jahre auf dem Markt eingeführten Dispersionshaftklebstoffe basierten dagegen auf Kunstharz-Dispersionen in Wasser. Sie läuteten eine neu Ära der Klebetechnik ein.

Dispersionshaftklebstoffe verfügen über große Adhäsions- und kleine Kohäsionskräfte, die sie bereits unter leichtem Druck auf den verschiedensten Oberflächen sofort haften lassen. Ihre heutige Domäne sind Folienetiketten, selbstklebende Bänder, doppelseitige Klebebänder und Isolierbänder.

1958-1960 Cyanacrylat-Klebstoffe

Ein bedeutender Meilenstein in der Geschichte der Klebstoffe sind die so genannten Sofortkleber (auch Blitz- oder Sekundenkleber). Sie basierten auf Cyanacrylat und kamen 1958 erstmals in den USA unter dem Namen »Eastman 910« auf den Markt, gefolgt vom deutschen »Sicomat«, welches ab 1960 erhältlich war. Beide gehörten

zu den Einkomponenten-Klebstoffen und zeichneten sich durch eine rasche Aushärtung auf nahezu allen Oberflächen unterschiedlichster Beschaffenheit aus. Damit war der Klebstoffindustrie ein entscheidender Durchbruch im Bereich der Metall- und Kunststoffverbindungen gelungen.

Cyanacrylat-Klebstoffe, die selbst poröse Oberflächen fest miteinander verbinden, werden nicht nur von Hobbybastlern geschätzt, sondern kommen heute auch in technologisch anspruchsvollen Gebieten wie der Elektronik-Industrie zum Verkleben von Chips, in der Mess- und Regeltechnik, bei optischen Geräten und Uhren sowie in der Zahntechnik zum Einsatz. Anwendungen, die vor einigen Jahren noch utopisch anmuteten, finden sich in der Medizintechnik. So lassen sich mit Cyanacrylat-Klebstoffen nicht nur Hautgewebe kleben, sondern selbst feinste Nervenfasern neurochirurgisch miteinander verbinden.

1970 UV-vernetzbare Klebstoffe

Um 1970 konnten erstmals Klebstoffe auf der Basis von Acrylat-Formulierungen hergestellt werden, bei denen sich die Aushärtung gezielt mit Hilfe von ultravioletem Licht realisieren ließ. Diese so genannten lichthärtenden Polymere werden heute in den verschiedensten Industrien, zum Beispiel bei der Herstellung von CDs, Chipkarten und Elektronikteilen, eingesetzt.

1979 Leitfähige Klebstoffe

Seit längerem war bekannt, dass durch die Zugabe elektrisch leitfähiger Partikel – zum Beispiel feinverteilter Nickel-, Silber- oder Goldkörnchen – Klebstoffen metallische Eigenschaften verliehen werden können. Konkrete Anwendungen brachte aber erst vor gut 20 Jahren die aufstrebende High-Tech-Industrie, wo mit Silberpartikeln

beladene Epoxidharze zum Einsatz gelangten. Wärmeempfindlichen Hochleistungsbausteinen muss dank der Chemie heute nicht mehr mit dem LötKolben zu Leibe gerückt werden. Ein im wahrsten Sinne des Wortes bodenständige Anwendung ist die ableitfähige Verklebung von Bodenbelägen.

1981 Lösemittelfreie Klebstoffe

Lösemittelfreie Klebstoffe basieren auf feinsten Polymerpartikeln, die im »natürlichsten« aller Lösungsmittel, Wasser, verteilt sind. Sie sind umweltfreundlich, weisen keinerlei Geruchsbelästigung auf und erfreuen sich einer wachsenden Beliebtheit. Auf »natürliche« Materialien wie Holz, Papier oder Textilien aufgebracht, entfalten sie die gleiche Klebewirkung wie die lösemittelhaltigen Klebstoffe. Wegen der langsameren Verdunstung des Wassers im Vergleich zu organischen Lösungsmitteln muss allerdings eine längere Trocknungszeit in Kauf genommen werden. Darüber hinaus müssen die Klebestellen vor Frost geschützt werden.

Kunststoffe in der Informationstechnik: Von Großmutter Kintopp zum Flüssigkristall

1869 Celluloid

Ursprünglich hatte er lediglich nach einem widerstandsfähigen Material für Buchdruckwalzen gesucht. Dass er im Zuge seiner Entdeckungsreise Elefanten das Leben rettete und den Bildern das Laufen beibrachte, hätte er in seinen kühnsten Träumen nie für möglich gehalten. Die Rede ist von John Wesley Hyatt, dem amerikanischen Erfinder, Drucker und Vater der Kunststoffe schlechthin.

Man kann heute darüber spekulieren, ob es eine Ausschreibung der Firma Phelan & Collendar war, die Hyatts Ehrgeiz beflügelte. Das Unternehmen, Hersteller von Billardkugeln aus Elfenbein, hatte demjenigen 10 000 Dollar versprochen, der ein Ersatzmaterial für Elfenbein erfinden würde, weil in den 1860er Jahren der Preis für Elfenbein aufgrund der hohen Nachfrage ins Astronomische geklettert war und es schließlich immer schwerer wurde, das »weiße Gold« zu beschaffen. In den Jahren zuvor hatten zweifelhafte Jäger und organisierte Verbrecher Jahr für Jahr rund 70 000 afrikanische Elefanten erlegt, was dazu führte, dass die Tiere innerhalb nur weniger Jahre vom Aussterben bedroht waren.



John Wesley Hyatt, Erfinder des Celluloids

Als Hyatt im Jahre 1869 gewöhnliches Papier mit Salpetersäure durchfeuchtete und die entstandene Nitrocellulose mit Campher verknetete, erhielt er einen hornartigen Stoff, der sich sehr gut verformen ließ: Celluloid.

Bald sollte sich herausstellen, dass man aus diesem Material auch wesentlich kostbarere Dinge als Buchdruckwalzen wie Perlen, Billardkugeln, Schmucksachen und Spielzeuge fertigen konnte. Im Zuge dieser Entwicklung verdrängte das Celluloid Horn und Gummi aus der Industrie der Käämme und Schirmgriffe.

Einen geradezu sensationellen Aufschwung erlebte die noch junge Celluloidindustrie, als George Eastman, Chef des Kodak-Konzerns, im Jahre 1884 den fotografischen Film auf Celluloidbasis zum Patent anmeldete. Nach einer stürmischen Entwicklung trug der Celluloid-Film den Sieg über die fotografische Platte davon. Eine andere Anwendung zeichnete sich in der aufkeimenden Filmindustrie ab, deren jährlicher Bedarf rasch auf einige Zehntausend Kilometer Celluloid-Film kletterte. Bereits kurz nach der Jahrhundertwende zählte der Besuch von Lichtspielhäusern in Europa und Amerika zu den beliebtesten Freizeitvergnügen.

Ihren Höhepunkt erreichte die Celluloid-Produktion mit 50 000 Jahrestonnen im Jahre 1930. Danach brach die Ära der modernen Polymere an, die das Celluloid nach und nach verdrängten.

1900-1942 Silicone

Bei Versuchen, kunststoffartige Verbindungen nicht aus Kohlenstoff-, sondern aus Siliciumketten aufzubauen, entdeckte der englische Chemiker Frederic Stanley Kipping im Jahre 1900 die Familie der Silicone. Silicium ist das zweithäufigste Element der oberen Erdkruste und kommt buchstäblich wie Sand an Meer vor, der bekanntlich aus Siliciumdioxid besteht. Möglicherweise wurde Kipping durch den deutschen Chemiker Friedrich Wöhler inspiriert, der rund 50 Jahre zuvor spekuliert hatte, dass man eines Tages

aus Siliciumverbindungen künstliche Lebewesen erschaffen könne.

Aus unerklärlichen Gründen wertete Kipping seine Entdeckung aber nicht weiter aus. Als im Jahre 1942 die industrielle Produktion von Siliconen einsetzte, wurden die neuen Materialien wegen ihrer herausragenden Materialeigenschaften noch während des Zweiten Weltkriegs als hitzebeständige Schmierstoffe und Isoliermassen eingesetzt. In den vergangenen fünf Jahrzehnten konnte die Silicone nahezu alle Branchen erobern. Das Spektrum reicht von Dichtstoffen in der Elektroindustrie über Autopflegemittel bis hin zur Medizintechnik, wo Silicone wegen ihrer exzellenten Körperverträglichkeit in Form künstlicher Adern oder als Herzklappenventile zum Einsatz gelangen.

1902 Laccain

Weitaus weniger Erfinderglück als Hyatt hatte der deutsche Chemiker Carl Heinrich Meyer, der Erfinder des Laccains, eines zu den Phenol-Formaldehydharzen gehörenden Novolaks. Wie zahlreiche andere Forscher suchte Meyer zu jener Zeit nach einem geeigneten Ersatz für ein teures Naturprodukt namens Schellack. Hierbei handelt es sich um das Stoffwechselprodukt der Lackschildlaus, die auf einigen harzreichen asiatischen Baumarten beheimatet ist. Mit Hilfe von Schellack wurden Möbel poliert, Briefe versiegelt, Hüte gesteift, elektrische Geräte isoliert und später auch Schallplatten hergestellt.

Bereits nach relativ kurzer Forschungstätigkeit wurde Meyer fündig. In einem im Frühjahr 1902 angemeldeten Patent hatte er ein »Verfahren zur Herstellung eines dem Schellack ähnlichen harzartigen Kondensationsproduktes aus Phenol und Formaldehydlösung« beschrieben. Das auf den Namen Laccain getaufte Produkt verkaufte sich in den

ersten Jahren gut, bevor sich Beschwerden über den strengen Phenolgeruch und die Nachdunkelung von Möbelpolituren häuften. Als Meyers Versuche zur Produktverbesserung nicht von Erfolg gekrönt waren, verschwand das Laccain nach einigen Jahren wieder vom Markt. Obwohl Meyer der geschäftliche Erfolg letztendlich versagt blieb, hatten seine Pionierarbeiten der weiteren Entwicklung von Phenolharzen entscheidende Impulse verliehen.

1907-1909 Bakelit

Aufbauend auf die von Carl Heinrich Meyer erzielten Ergebnisse mit Phenolharzen wollte der gebürtige Belgier Leo Hendrik Baekeland der Natur der Reaktion von Phenol mit Formaldehyd, welche die Chemiker trotz unentwegter Versuche seit 1872 immer wieder an der Nase herumgeführt hatte, nochmals auf den Grund gehen. Minutiös wiederholte er die Experimente seiner Vorgänger, machte kleine Änderungen und notierte sich sämtliche Details. Im Jahre 1907 konnte er schließlich zeigen, wie man Phenole und Formaldehyd durch Anwendung basischer Katalysatoren und durch Wärme-Druck-Härtung zu einem brauchbaren Kunstharz umsetzen konnte, in das sich obendrein Füllstoffe einarbeiten ließen. Bei der nachfolgenden Formulierung seines Patenten ließ er sich Zeit und schützte buchstäblich jeden noch so kleinen Schritt. Zu groß war seine Angst, dass Nachahmer, die er bereits in den Startlöchern witterte, gnadenlos über seine Erfindung herfallen würden. Erst im Jahre 1909 stellte Baekeland seine Ergebnisse der Öffentlichkeit vor. Somit wurde er zum Erfinder des ersten »richtigen« Kunststoffs – des später nach ihm benannten Bakelit.

1907-1935 Farbfilm