

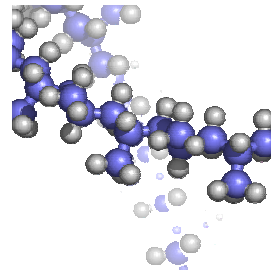
Technologie

Werkstoffkunde

Kunststoffe

Als Kunststoff (umgangssprachlich: Plastik oder Plaste) bezeichnet man einen Festkörper, dessen Grundbestandteil synthetisch oder halbsynthetisch erzeugte Polymere¹ mit organischen Gruppen sind.

Ein Werkstück aus Kunststoff besteht aus Millionen sehr langer, ineinander verschlungener Molekülketten (*Polymere*), die aus sich stets wiederholenden Grundeinheiten (*Monomeren*²) zusammengesetzt sind. Beispielsweise besteht der Kunststoff Polypropylen aus sich vielfach wiederholenden Propyleneinheiten (s. Abbildung).



Stäbchenmodell
 des Polypropylens,
 Kohlenstoff: blau
 Wasserstoff: grau

Ein herausragendes Merkmal von Kunststoffen ist, dass sich ihre technischen Eigenschaften, wie Formbarkeit, Härte, Elastizität, Bruchfestigkeit, Temperatur-, Wärmeformbeständigkeit und chemische Beständigkeit, durch die Auswahl von Ausgangsmaterial, Herstellungsverfahren und Beimischung von Additiven in weiten Grenzen variieren lassen.

Kunststoffe werden zu Formteilen, Halbzeugen, Fasern oder Folien weiterverarbeitet. Sie dienen als Verpackungsmaterialien, Textilfasern, Wärmeisolierung, Rohre, Bodenbeläge, Bestandteile von Lacken, Klebstoffen und Kosmetika, in der Elektrotechnik als Material für Isolierungen, Leiterplatten, Gehäuse, im Fahrzeugbau als Material für Reifen, Polsterungen, Armaturenbretter, Benzintanks und vieles mehr.

Synthetische Kunststoffe werden durch Polymerisation (Polyaddition, Polykondensation usw.) aus Monomeren oder Prepolymeren (z.B. Polyurethan) erzeugt. Rohstoff ist meist gecracktes Naphtha. Halbsynthetische Kunststoffe entstehen durch die Modifikation natürlicher Polymere (z.B. Zellulose zu Zelluloid).

Eigenschaften der Kunststoffe

Kunststoffe zeichnen sich, verglichen mit keramischen oder metallischen Werkstoffen, durch eine Reihe von ungewöhnlichen Eigenschaften aus:

Dichte und Festigkeit:

Die Dichte der meisten Kunststoffe liegt zwischen 800 und 2200 kg/m³. Sie sind damit erheblich leichter als Metalle oder keramische Werkstoffe.

In Bezug auf die mechanischen Eigenschaften sind Kunststoffe anderen Werkstoffklassen häufig unterlegen. Ihre Festigkeit und Steifigkeit erreicht meist nicht die von Metallen oder Keramiken. Wegen der geringen Dichte kann dies jedoch teilweise mit konstruktiven Mitteln (höhere Wandstärken) oder dem Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen kompensiert werden. Ein Beispiel ist der Einsatz von **Kevlar**³ in Flugzeugtragflächen.

Obwohl die Festigkeiten vergleichsweise niedrig sind, brechen Kunststoffteile weniger leicht als beispielsweise Keramik oder Glas. Sie weisen zumeist eine gute Zähigkeit auf.

¹ **Polymer** [poly me : r] (altgriech. πολύ *polý* „viel“; μέρος *méros*, „Teil“)

² **Monomere** (griech. mono "ein, einzeln" meros "Teil")

³ Handelsmarke für ein Aramid

Deshalb werden Gebrauchsgegenstände für Kinder und Spielzeug vielfach aus Kunststoff gefertigt.

Chemische Beständigkeit

Viele Kunststoffe sind im Gegensatz zu Metallen aufgrund ihrer organischen Natur beständig gegenüber anorganischen Medien. Dies schließt Mineralsäuren, Laugen, sowie wässrige Salzlösungen ein. Daher bevorzugt man Werkstoffe aus Kunststoff zur Herstellung von pflegeleichten Haus- und Elektrogeräten, Fahrzeugausstattungen, Spielzeugen usw.

Im Gegensatz zu Metallen reagieren sie allerdings empfindlich auf organische Lösungsmittel, wie Alkohole, Aceton, Benzin. Dennoch gelang es auch auf diesem Gebiet, beständige Kunststoffe zu entwickeln. Ein Beispiel ist der Autotank aus Polyethylen im VW Polo. Er ist überaus beständig gegenüber Korrosion und trotzdem unempfindlich gegenüber dem Benzin.

Niedrige Verarbeitungstemperaturen

Die gängigen Verarbeitungstemperaturen für Kunststoffe liegen im Bereich von 250 bis 300 °C. Während Metalle bei hohen Temperaturen aufwendig gegossen werden müssen und Einschränkungen bezüglich der Gussformen bestehen, lassen sich aus Thermoplasten auch kompliziertere Formteile mit vergleichsweise geringem Aufwand fertigen. Gleichzeitig können in einem Verarbeitungsschritt Additive, wie Farbpigmente oder Fasern, in das Material eingearbeitet werden, die sich bei den hohen Temperaturen des Metallgießens oder des Sinterns von Keramik zersetzen würden.

Niedrige Leitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen liegt deutlich unter der von Metallen. Daher werden viele Kunststoffe, vor allem Schaumstoffe, als Dämmstoffe eingesetzt.

Die elektrische Leitfähigkeit von Kunststoffen ist um 15 Größenordnungen kleiner als die von Metallen. So werden viele Kunststoffe zur Isolation von elektrischen Leitungen und Kabeln eingesetzt.

Tabelle: Übersicht über die Eigenschaften der Kunststoffe im Vergleich zu Metallen:

<i>Eigenschaft</i>	<i>Kunststoffverhalten</i>
Dichte	Kunststoffe sind leichter als Metalle, sie schwimmen z.T. auf dem Wasser; ihre Dichte liegt zwischen 0,9 und 2,0 kg/dm ³ (massive Stoffe).
Steifigkeit (E-Modul)	Kunststoffe sind biegeweicher als Metalle, d.h. ihr E-Modul liegt wesentlich niedriger und ist temperaturabhängig. Das können wir an Plastikschläuchen beobachten, die in der Wanne weich, bei niedrigen Temperaturen wesentlich steifer werden.
Wärmeausdehnung	Kunststoffe dehnen sich in der stärkere als Metalle (5 ... 15fach). Profile wie z.B. Handläufer und Rohrüberzüge heben sich bei Erwärmung ab und lassen sich verschieben.
Leitfähigkeit für Wärme und Elektrizität	Kunststoffe sind schlechte Leiter für Wärme und gute Isolationswerkstoffe für elektrische Leiter. Die Wärmeleitfähigkeit beträgt etwa 1/300 der von Stahl.

Chemische Beständigkeit	Kunststoffe sind gut bis sehr gut beständig gegen Säuren, Laugen und Salzlösungen. Manche Lösungsmittel lösen oder quellen Kunststoffe auf.
Entflammbarkeit	Kunststoffe sind z.T. entflammbar und brennbar.
Farbgebung	Kunststoffe lassen sich durchgehend einfärben, so dass eine größere Beständigkeit als bei Lackschichten gegeben ist.
Wasseraufnahme	Kunststoffe neigen z.T. zur Wasseraufnahme, wodurch sich elektrische und mechanische Eigenschaften ändern.
Langzeitverhalten	Kunststoffe sind bei langzeitiger Beanspruchung nicht formbeständig, sondern kriechen unter Last.
Wärmebeständigkeit	Kunststoffe werden bei höheren Temperaturen zersetzt. Es entstehen Verfärbungen und Blasen durch abgespaltete Gase.

Tabelle: Vor- und Nachteile der Kunststoffe

<i>Vorteile</i>	<i>Eignung als</i>	<i>Nachteile</i>	<i>Probleme bei der Verwendung als</i>
geringe Dichte 0,2 ... 2,2 g/cm ³	Leichtbauteil	niedriger E-Modul, geringe Festigkeit bei sehr hohen und sehr niedrigen Tempera- turen	Konstruktionswerk- stoff, da der Werkstoff zum Kriechen neigt.
Korrosions- beständigkeit	Fassadenverkleidung	nur bedingt UV- beständig	Bauteile, die Witte- rungseinflüssen aus- gesetzt sind
Beständigkeit gegen Chemikalien	Behälter, Rohrleitung in der chemischen Industrie	elektrostatisch auflad- bar	Boden- und Teppich- beläge
gute Isoliereigen- schaften gegen Wärme und Schall	Dämmstoffe, Abdich- tung zwischen Glas und Rahmen	große Wärmedehnung	Bechichtungswerk- stoff
einfärbbar	dekorative Bauteile	selten farbecht	dekorativer Überzug
physiologische Un- bedenklichkeit	Lebensmittel- verpackungen	Abfälle schwierig zu verwerten	Verpackungsmaterial

Anknüpfend an die Erkenntnisse über die Struktur der metallischen Werkstoffe und ihren Einfluss auf deren Eigenschaften kann man sich auch auf ähnliche Weise einen Überblick über die Kunststoffe verschaffen, indem man die Struktur von innen heraus kennenlernt sowie die Möglichkeiten, durch Änderung der Struktur die Eigenschaften zu variieren.

Metalle sind als Elemente atomar gebaut, ihre Atome haben eine unvollständige Elektronenhülle (Außenschale). Dadurch sind sie mehr oder weniger unbeständig gegen Chemikalien, aber gute Leiter für Wärme und Strom.

Kunststoffe sind als chemische Verbindung molekular aufgebaut, die Moleküle sind gesättigt, ihre Atome haben durch chemische Bindung den Edelgascharakter erhalten. Dadurch sind sie beständig gegen Chemikalien und Nichtleiter.

Die andere Bindungsart und Struktur führt dazu, dass sich Kunststoffe physikalisch völlig anders verhalten als metallische Werkstoffe:

<i>Merkmal des inneren Baues</i>	<i>Metalle</i>	<i>Kunststoffe</i>	<i>Auswirkung</i>
kleinste Teilchen	Atome der Metalle	Moleküle aus Nichtmetallen	niedrige Dichte
Bindung der Teilchen	starke Metallbindung	schwache zwischenmolekulare Bindung	starke Ausdehnung in der Wärme -> Erweichung -> Abnahme der Festigkeit -> Zersetzung
Ordnung der Teilchen (Raumgitter)	Metallgitter	amorph, teilweise kristallin, Molekülgitter	Formänderung erfolgt nach anderen Gesetzen als bei Metallen, keine freien Elektronen
Grobstruktur (Gefüge)	Korngefüge mit Verunreinigungen	Grundmasse mit Füll-, Verstärkungs- und Feststoffen	Beeinflussen stark die Eigenschaften und ihre Richtungsabhängigkeit

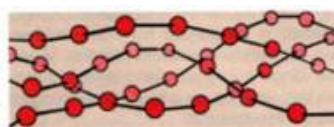
Kunststoffmoleküle sind Verbindungen des Kohlenstoffs mit wenigen anderen Nichtmetallen, die bei Raumtemperatur meist gasförmig sind (vgl. folgende Tabelle):

Tabelle: Dichtevergleich von Elementen, die in Kunststoffen enthalten sind

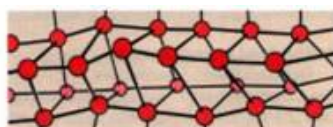
<i>Stoff</i>	<i>Stahl</i>	<i>Kunststoff</i>	<i>Kohlenstoff</i>	<i>Wasserstoff</i>	<i>Sauerstoff</i>	<i>Stickstoff</i>	<i>Chlor</i>	<i>Fluor</i>	<i>Schwefel</i>
Dichte g/cm ³	7850	900 bis 2000	2200	0,089	1,43	1,25	3,21	1,7	2100

Einteilung der Kunststoffe

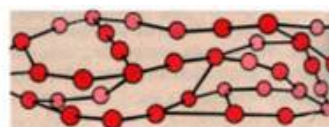
Kunststoffe lassen sich in drei Hauptgruppen aufteilen:



Thermoplaste



Duroplaste



Elastomere

Thermoplaste

(warmumformbar, schweißbar)

Thermoplaste sind Kunststoffe, die aus langen linearen Molekülen bestehen. Durch Energiezufuhr werden diese Materialien formbar bis plastisch und schmelzen schließlich. Sie können durch verschiedene Ur- und Umformverfahren in die gewünschte Form gebracht werden. Nachdem das jeweilige Teil abgekühlt ist, behält es seine Form bei. Dieser Prozess ist reversibel (lat. umkehrbar).



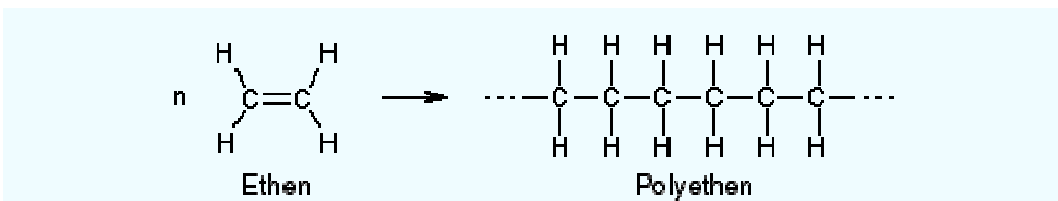
Kunststofftüten, ein typisches Produkt aus Polypropylen oder Polyethylen

Die meisten der heute verwendeten Kunststoffe fallen unter diese Gruppe. Für einfache Konsumwaren, Verpackungen usw. werden sie ebenso häufig eingesetzt wie für technische Teile in der Automobil- und Elektroindustrie oder in der Bauindustrie, insbesondere für Dachbahnen, Fensterprofile und Rohre.

Um neue, bisher noch nicht vorhandene Eigenschaften zu erzeugen, können auch zwei oder mehrere Thermoplaste vermischt werden (Polyblend).

Beispiel für ein Thermoplast: Vom Ethen zum Polyethen

PE entsteht formal durch Polymerisation von Ethen, einem gasförmigen Stoff, der durch petrochemische Verarbeitung von Erdöl gewonnen wird.



Duroplaste

(nicht umformbar, nicht schweißbar)

Duroplaste sind Polymere, die in einem Härungsprozess aus einer Schmelze oder Lösung der Komponenten durch eine Vernetzungsreaktion hervorgehen. Diese irreversible Reaktion wird meist durch Erhitzen bewirkt (daher auch der englische Fachterminus *thermosets*), kann aber auch durch Oxidationsmittel, energiereiche Strahlung oder Einsatz von Katalysatoren initiiert bzw. beschleunigt werden. Eine Erwärmung von Duroplasten führt nicht zu einer plastischen Verformbarkeit, sondern lediglich zu deren



Tretboote haben typischerweise einen Duroplast-Rumpf

Zersetzung. Ausgehärtete Duroplaste sind meist hart und spröde sowie im weitergehenden Fertigungsprozess nur noch mechanisch bearbeitbar.

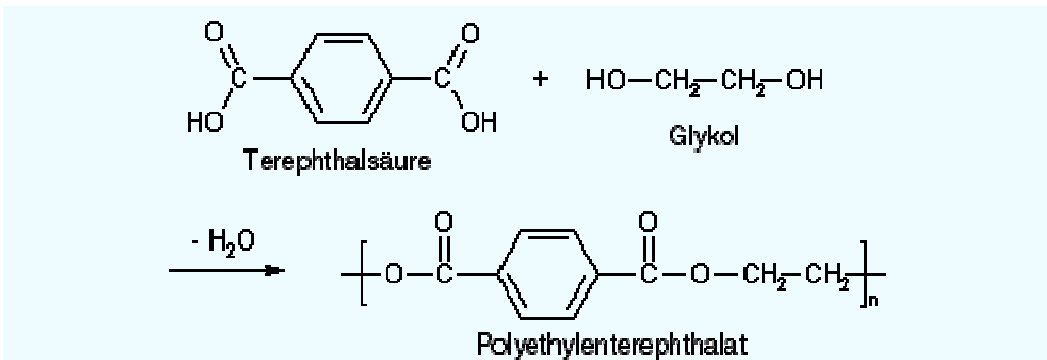
Wegen ihrer mechanischen und chemischen Beständigkeit auch bei erhöhten Temperaturen werden sie häufig für Elektroinstallationen verwendet. Einer der verbreitetsten und ältesten Kunststoffe dieser Klasse ist Bakelit. In diese Gruppe fallen auch Polyester (PES), Polyurethanharze für Lacke und Oberflächenbeschichtungen und praktisch alle Kunstharze wie beispielsweise Epoxide.

Beispiel für ein Duroplast: PET – Polyethylenterephthalat (Herstellung: Polykondensation)

Einer der wichtigsten und mengenmäßig bedeutendsten Polyester ist das bereits oben genannte Polyethylenterephthalat (kurz PET), aus dem außer Flaschen auch Chemiefas-

sern hergestellt werden.

PET gehört zu den Polyestern des Typ II, seine Monomere sind Terephthalsäure (1,4-Benzoldicarbonsäure) und Glykol (1,2-Dihydroxyethan):



Elastomere

(gummielastisch, nicht warmumformbar, nicht schweißbar)

Die Elastomere sind weitmaschig vernetzt und daher flexibel. Sie werden beim Erwärmen nicht weich und sind in den meisten Lösemitteln nicht löslich. Daher werden sie für Hygieneartikel oder Chemikalienhandschuhe verwendet. Die Gummimischung von Autoreifen ist ebenfalls ein Elastomer, das seine Eigenschaften durch Vulkanisation erhält.



Elastisches Gummiband

Beispiele für Elastomere sind

- [Naturkautschuk \(NR\)](#),
- [Acrylnitril-Butadien-Kautschuk \(NBR\)](#),
- [Styrol-Butadien-Kautschuk \(SBR\)](#),
- [Chloropren-Kautschuk \(CR\)](#),
- [Butadien-Kautschuk \(BR\)](#) und
- [Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk \(EPDM\)](#).

Bezeichnung der Kunststoffe

Einzelne Kunststoffe werden nach einem weltweit standardisierten Kurzzeichen-System bezeichnet, welches für Deutschland in der DIN EN ISO 1043 Teil 1 und DIN ISO 1629 (Kautschuke) beschrieben ist.

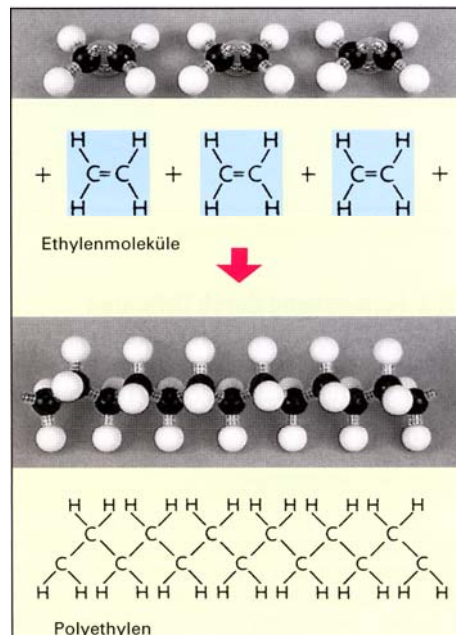
Herstellung von Kunststoffen

Sie können sowohl synthetisch als auch durch Veränderung und Abwandlung von Naturstoffen hergestellt werden.

Ausgangsmaterial sind

- für die synthetische Kunststoffherzeugung:
Erdöl, Kohle, Erdgas,
- für die abgewandelten Naturstoffe:
Cellulose und Latex
(=Gummibaumsaft).

Durch chemische Umwandlungsprozesse gewinnt man aus diesen Stoffen Moleküle, deren Hauptbestandteil der Kohlenstoff ist. An diese Einzelmoleküle (Monomere) kann man noch Schwefel, Chlor, Fluor oder Silicium anlagern.



Kunststoffe werden generell durch schrittweises Aneinanderfügen von Monomeren zu langen Ketten – den Polymeren – hergestellt, wobei grundsätzlich zwischen *Kettenpolymerisation* (auch Kettenreaktion) und *Stufenpolymerisation* (auch Stufenreaktion) unterschieden wird.

Kettenpolymerisationen

(Polymerisation: 1912 von Klatt in Deutschland am Polyvinylchlorid erarbeitet)

Bei einer Kettenpolymerisation beginnt das Wachstum mit einem Molekül, an das sukzessive weitere Monomere addiert werden. Das die Polymerisation startende Molekül nennt man *Initiator*, das auf diesen aufwachsende heißt *Monomer*. Die Zahl der Monomere, aus denen das Polymer letztendlich besteht, ist der Polymerisationsgrad. Der Polymerisationsgrad kann durch das Verhältnis von Monomer zu Initiator eingestellt werden. Mathematisch wird er durch die **Mayo-Gleichung** abgeschätzt

Wir unterscheiden:

- **Radikalische Polymerisation**
- **Ionische Polymerisation**
- **Metallorganische Katalysatoren**

Polykondensation

(1907 von Backeland am Phenol/Formaldehyd (Bakelit) technisch gelöst)

Bei Polykondensationen erfolgt die Bildung der linearen Kette durch intermolekulare Reaktion bifunktioneller Polymere unter Abspaltung einer kleineren Spezies, wie beispielsweise Wasser oder Alkohole.



Beispiel Polyamide

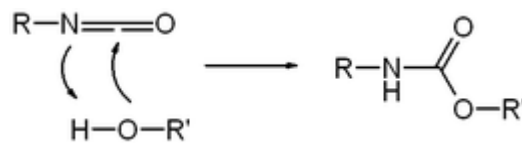
Carbonsäuren reagieren mit Aminen zu Amiden. Setzt man Moleküle ein, die zwei Carbonsäuregruppen tragen, kann eines dieser Moleküle mit zwei Aminen reagieren. Es entsteht so ein Polymer aus drei Monomeren (eine Carbonsäureeinheit, zwei Amine). Tragen die eingesetzten Amine auch wieder zwei Amingruppen, kann die zuvor entstandene Spezies wiederum mit zwei Carbonsäuremolekülen reagieren usw. Die so entstehenden Polymere können sich dann auch noch weiter untereinander verbinden, so dass der Polymerisationsgrad entscheidend von der Reaktionsdauer abhängt (Carothers-Gleichung).

Durch Reaktion von Dicarbonsäuren mit Diolen (Dialkohol) werden so Polyester hergestellt. Unter den wichtigsten durch Polykondensation hergestellten Kunststoffen sind Polyethylenterephthalat (PET), ein Polyester, Nylon, ein Polyamid und Bakelit, ein Duroplast.

Polyaddition

(1935 von BAYER an Polyurethanen entdeckt)

Bei Polyadditionen erfolgt die Bildung des Polymers durch Addition der einzelnen Monomere untereinander, ohne die Bildung von Nebenprodukten.



Beispiel: Polyurethane

Isocyanate reagieren mit Alkoholen in einer Additionsreaktion zu sogenannten Urethanen. Auch hier gilt: setzt man bifunktionelle Monomere ein, erfolgt die Bildung langer linearer Ketten. Auf diese Weise hergestelltes Polyurethan wird für Armaturen Bretter, Lacke, Klebstoffe etc. verwendet. Setzt man der Polymerisationsmischung Wasser zu, reagiert dieses mit den Isocyanaten zu Aminen und Kohlenstoffdioxid. Das in der Mischung freiwerdende CO₂ wird in Form von Bläschen im Kunststoff eingeschlossen, so dass man einen Schaumstoff erhält. Polyurethanschaumstoff wird für Matratzen, Sitzmöbel, Schwämme, etc. verwendet,

Prüfung der Kunststoffe

Erkennen der Kunststoffart

Das Bestimmen eines Kunststoffes ist mit einfachen Methoden möglich. Dazu prüft man bestimmte Eigenschaften und vergleicht sie mit Eigenschaftstabellen (vgl. Seite).

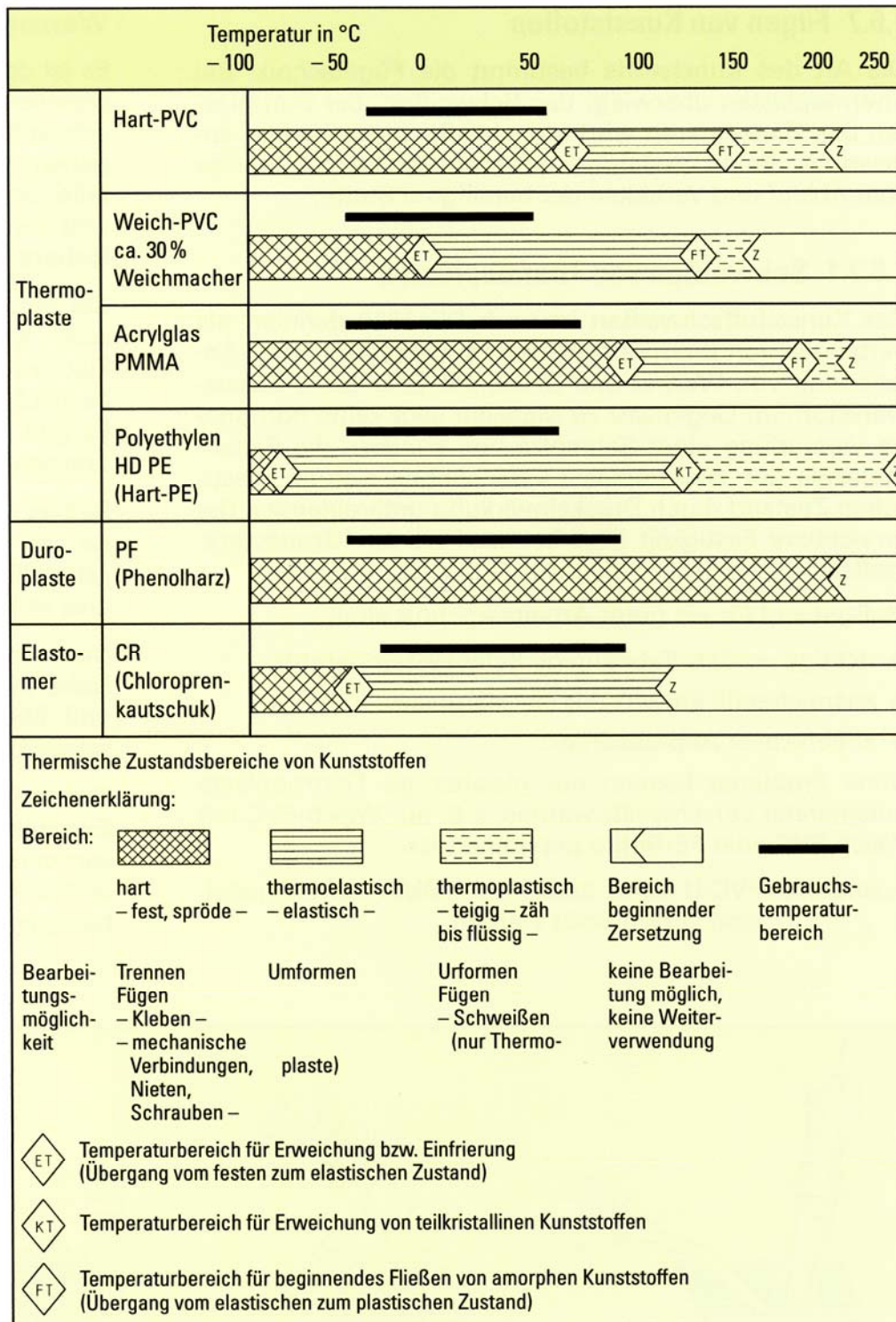
Tabelle3: Erkennungsmerkmale der Kunststoffe (Auswahl)⁴

<i>Kunststoffart</i>	<i>Aussehen, Eigenschaften Thermoplast (T), Duroplast (D)</i>	<i>Verhalten beim Anzünden</i>	<i>Geruch der Schwaden</i>	
Polyethylen (PE), Polypropylen (PP)	Glatte, wachsartige Oberfläche, biegsam bis steif	T	kaum entzündbar, tropft ab	schwach paraffinartig
Polyvinylchlorid (PVC) PVC-U: Mipolan PVC-P: Hostalit	PVC-U: hart, unzerbrechlich PVC-P: gummiartig	T	brennt in der Flamme, erlischt außerhalb	nach Salzsäure, typischer Beigeeruch
Polystyrol (PS)	glänzende Oberfläche, hart, spröde	T	brennt weiter, stark rußend	süßlich, nach Styrol
Polyamide (PA) Durethan	glatte Oberfläche, zäh, unzerbrechlich	T	brennt weißer, tropft blasig ab	nach verbranntem Horn
Polymethyl- methacrylat (PMMA) Acrylglas	durchsichtig, glasklar, hart, schwerzerbrechlich	T	brennt leuchtend und knisternd weiter	fruchtartig
Polytetrafluorethylen (PTFE) Hostafon, Teflon	glatte, wachsartige Oberfläche, zäh, flexibel	T	kaum entzündbar, tropft nicht	stechend, nach Flußsäure
Polycarbonat (PC)	glänzende Oberfläche, fest, zäh	T	brennt in der Flamme, erlischt außerhalb	nach Phenol
Polyesterharz (UP)	glänzende Oberfläche, hart, spröde	D	brennt leuchtend und rußend weiter	nach Styrol
Epoxidharz (EP)	honiggelb, hart, unzerbrechlich	D	brennt leuchtend und rußend weiter	nach Phenol
Polyurethanharze (PUR) Moltopren	honiggelb, je nach Art zähhart bis gummiweich	D	brennt leuchtend weiter	stechend nach Iso- cyanat
Silikonharze bzw. Silikongummi	milchig weiß, zähfest bis gummiweich	D	kaum entzündbar, weißer Rauch	geruchlos

Das Aussehen und das mechanische Verhalten kann durch Betrachten bzw. Befühlen der Probe sowie durch Biegen von Hand festgestellt werden. Das Verhalten in der Wärme wird durch langsames Erwärmen in einem Heißluftstrom geprüft. Wenn der Kunststoff dabei erweicht, ist es ein Thermoplast (T), wenn er sich zersetzt, ohne zu schmelzen, ein Duroplast (D). Das Verhalten beim Anzünden wird durch Einführen des Kunststoffstäbchens in eine Brennerflamme festgestellt. Den Geruch der Rauchscheiden prüft man durch Ausblasen des brennenden Kunststoffstücks und Zufächeln der aufsteigenden Dämpfe.

⁴ Fachkunde Metall: EUROPA-Lehrmittel; 52. Aufl. 1996, S. 332 f

Tabelle:
Übersicht über die thermischen Zustandsbereiche und Bearbeitungsmöglichkeiten von Kunststoffen



Quellen-, Literaturverzeichnis

Internet:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kunststoff>

http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Kunststoffe

<http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/kennen.htm>

Literatur:

Moos, Josef (Hrsg.): Fachkenntnisse Metallbauer und Konstruktionsmechaniker - Technologie; Hamburg: Handwerk und Technik; 2004, 4. Aufl.; S. 17 ff; ISBN 3.582.03191.8

Braun, Herwig u. a.: Fachkunde Metall; Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel; 1996, 52. Aufl.; S. 322 ff; ISBN 3-8085-1152-4

Weißbach, Wolfgang: Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung; Braunschweig: Vieweg Verlag; 1975; S. 227 ff; ISBN 3.528.24019.9

Mögliche Fragen zu Kunststoffen

1. Nenne 10 wichtige Bereiche, in denen Kunststoffe verwendet werden.
2. Woraus werden Kunststoffe hergestellt?
3. Gib 5 Vorteile (Nachteile) von Kunststoffen gegenüber Naturstoffen an.
4. Warum verwendet man Kunststoffe für ... ?
5. Schreibe die Gleichung für Ethen zu Polyethen (und auch die anderen 4 Kunststoffe) auf.
6. Welche anderen Synthesemöglichkeiten für Kunststoffe gibt es?
7. Warum sind Kunststoffe (nicht) umweltfreundlich?
8. Was geschieht mit nicht mehr gebrauchten Kunststoffgegenständen?
9. Wie entsorgt man Kunststoffe richtig?
10. Welche Probleme kann es mit Kunststoffen geben?
11. Ein Werkstück aus Kunststoff unbekannter Sorte zeigt folgende Eigenschaften:

Glänzende Oberfläche
 hart
 spröde
 schmilzt in der Flamme
 brennt stark rußend
 der Rauch riecht süßlich

Um welchen Kunststoff könnte es sich handeln?

12. Welche Umformverfahren gibt es für Thermoplaste bzw. Duroplaste?
13. Wie arbeitet ein Extruder?
14. Beschreiben Sie die Arbeitsweise einer Spritzgießmaschine.
15. Welche sind die bevorzugten Verbindungstechniken bei Gehäusen aus Kunststoff?
16. Welche Kunststoffe lassen sich schlecht kleben?
17. Wie schweißt man Kunststoffrohre?
18. Welche 3 typischen Verformungsverhalten zeigen die verschiedenen Kunststoffarten?
19. Welche Eigenschaft der Kunststoffe wird mit dem Zeitstand-Zugversuch geprüft?
20. Bestimmen Sie die Kunststoffart eines Kunststoffbauteils:

Aussehen weiß,
 gummiartig,
 Verhalten beim Anzünden: wird nicht flüssig, nicht entzündbar, bildet weißen Rauch, Rauschschwaden sind geruchlos.