



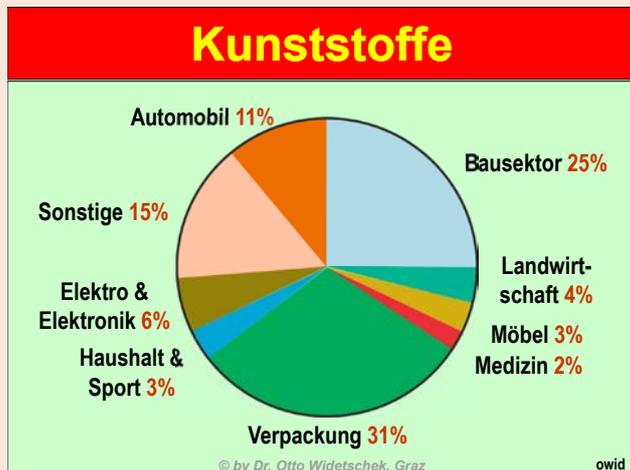
Univ.-Lektor ELFR Dr. Otto Widetschek

WISSENSWERTES ÜBER KUNSTSTOFFE TEIL 1

Ob beim Tragen von Kleidung, beim Aufenthalt in unserer Wohnung bzw. am Arbeitsplatz oder beim Fahren mit dem Auto, wir sind fast ständig, oftmals auch unbewusst, von Kunststoffen umgeben. Kunststoffe sind also vielfältig einsetzbar und nehmen sowohl in Industrie und Gewerbe als auch in unserem Alltag einen wichtigen Platz ein. Über die Hälfte dieser synthetischen Produkte wird jedoch in der Bau- und Verpackungsindustrie verwendet. In diesem Artikel sollen vor allem der Aufbau und die Herstellung der Kunststoffe (Plaste) etwas genauer behandelt werden.

KUNSTSTOFFE SIND ÜBERALL!

Kunststoffe sind eine der großen Erfindungen des letzten Jahrhunderts. Bemerkte oder unbemerkte sind wir überall von Kunststoffen umgeben, denn sie haben Eingang in alle Bereiche menschlichen Lebens gefunden. Kunststoffe sind



Die Verwendung von Kunststoffen (Übersicht).

Voraussetzung für viele technische Entwicklungen, die unseren Lebensstandard begründen. Die Speicherung von Sprache und Ton (Schallplatte, Tonband, CD), die Weiterleitung von Elektrizität und Informationen wären beispielsweise ohne polymere Werkstoffe nicht möglich. Aber auch im Verpackungsbereich, in Fahrzeugen, Möbeln und Haushaltswaren sind Kunststoffe dominant vorhanden. Einer der größten Anwendungsbereiche ist jedoch das Bauwesen, in welchem Kunststoffe heute nicht mehr wegzudenken sind.

GESCHICHTE DER KUNSTSTOFFE

Am Beginn der Kunststoffforschung stehen Experimente mit der in der Natur häufig vorkommenden Zellulose. Erst später gelang es den Wissenschaftlern, Kunststoffe durch Synthese einfacher organischer Verbindungen zu erzeugen.

DIE VULKANISATION

Schon im 17. und 18. Jahrhundert brachten Naturforscher aus milchigen Baumsäften gewonnene, elastische Kautschuk-Massen aus Malaysia und Brasilien nach Europa. Hier stellten diese Produkte die Grundlage für eine rasch wachsende Gummiindustrie dar. Im Jahre 1839 hat der US-amerikanische Chemiker Charles Goodyear entdeckt, dass sich Kautschuk unter Hitze und Zugabe von Schwefel umwandelt: Die Vulkanisation war erfunden!

SCHIESSBAUMWOLLE & ZELLULOID

Eine bedeutende Entdeckung gelang dem Baseler Chemieprofessor Christian Friedrich Schönbein im Jahre 1846: Er erzeugte aus Baumwolle unter Beigabe von Salpetersäure Nitrozellulose, welche unter dem Begriff der Schießbaumwolle bekannt wurde. Damit war der Grundstein zur Erzeugung des Zelluloids gelegt, das als erster moderner Kunststoff bezeichnet werden kann. Dieser fand ursprünglich Eingang bei der Erzeugung von Billardkugeln, bei Spielwaren (Zelluloidpuppen) und als Ersatz-

Verwendung von aufgeschäumten Kunststoffen bei Maßnahmen der Wärmeisolierung (Foto: Owid).



produkt für Luxusartikel, wie Elfenbein, Bernstein und Perlmutter. Später lebte – seit Ende des 19. Jahrhunderts bis weit in die 1950er-Jahre – die aufkommende Filmindustrie von der Erfindung des brandgefährlichen Zelluloidfilms.

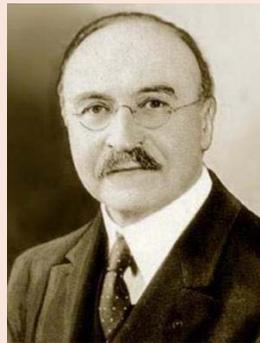
Die berühmte „Schildkröt“-Puppe Inge aus den 50er-Jahren bestand aus Zelluloid (Bild: Wikipedia).

DIE „SCHWIEGERMUTTER-SEIDE“

Ab 1891 hat man aus Zellulosenitrat (Nitrozellulose) auch Kunstseide hergestellt. Sie war sehr feuergefährlich und deswegen erhielt sie auch den kuriosen Beinamen „Schwiegermutter-Seide“. Dasselbe Problem hatte man bei der Verwendung und Lagerung von Zelluloid. So kam es beispielsweise am 6. Juni 1908 in der „Celluloidwarenfabrik der Brüder Sailer“ in Wien-Ottakring zu einer gewaltigen Explosion, die 15 Menschenleben forderte.

DAS BAKELIT

Zwischen 1905 und 1907 entwickelte der belgisch-amerikanische Chemiker Leo Hendrik Baekeland aus den chemischen Substanzen Phenol und Formaldehyd den ersten synthetischen Massenkunststoff, das nach ihm benannte Bakelit. Dieses Material stellte er am 5. Februar 1909 im New Yorker Club der Chemiker vor, womit oft der Beginn des Kunststoffzeitalters datiert wird.



Hendrik Baekeland erfand den ersten vollsynthetischen Kunststoff (Bild: The Robinson Library).

POLYVINYLCHLORID (PVC)

Im Jahre 1913 wurde dem deutschen Chemiker Fritz Klatte das erste Polymerisationspatent für PVC erteilt. Dieser Kunststoff war wesentlich weniger brennbar als die meisten davor entdeckten Plaste. Die großtechnische Auswertung des PVC begann im Jahre 1938 in Bitterfeld bei Leipzig.

PVC in Variationen

Rohstoff PVC PVC-Kabel PVC-Röhre PVC- Boden

Owid

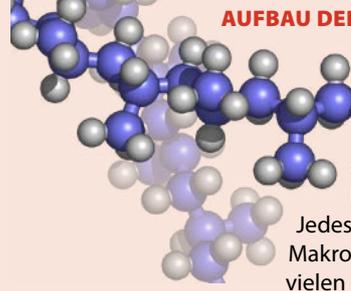
VATER DER MAKROMOLEKÜLE

Als eigentlicher Begründer der Kunststoffchemie gilt der deutsche Chemiker und Nobelpreisträger Hermann Staudinger, der auch im Jahre 1922 den damals noch viel umstrittenen Begriff des Makromoleküls prägte. Heute wissen wir, dass alle Kunststoffe aus derartigen Riesennmolekülen auf Basis des vierwertigen Elements Kohlenstoff bestehen, welche man synthetisch herstellen kann.



Hermann Staudinger, der Vater der Makromoleküle (Bild: Wikipedia).

Kunststoffmoleküle bestehen aus einer langen Kette von Atomen; hier ein Polypropylen-Molekül schematisch dargestellt (Quelle: Wikipedia).



Kunststoffe (Plaste) sind künstliche, d. h. durch chemische Umsetzung hergestellte makromolekulare (hochmolekulare, hochpolymere) organische Stoffe. Jedes der am Aufbau beteiligten Makromoleküle besteht aus sehr vielen gleichen oder ähnlichen Bausteinen.

DIE HERSTELLUNG DER KUNSTSTOFFE ERFOLGT

- durch Abwandeln hochmolekularer Naturstoffe (z. B. Zellulose) oder
- durch Verknüpfen von kleinen Molekülen (Monomere) zu Makromolekülen (Polymere).

Nach Art der beteiligten Elemente unterscheidet man anorganische und organische Makromoleküle. Organische Stoffe sind Verbindungen des Kohlenstoffs (C) z. B. mit Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Stickstoff (N), Chlor (Cl) und gelegentlich Fluor (F) oder Schwefel (S). Die Bildung organischer Makromoleküle beruht auf der Eigenschaft des Kohlenstoffs, sich miteinander fortlaufend durch Atombindungen verketteten zu können.

„VIER ARME!“

Diese einmalige Eigenschaft wird durch die Einzigartigkeit des Kohlenstoffatoms begründet: Es hat nämlich vier freie Bindungsarme, ist also „vierwertig“. Sind alle Wertigkeiten abgesättigt, dann liegt der Normalfall einer sogenannten Einfachbindung vor. Beispiel: Methan (CH₄), Ethan (C₂H₆).

Kunststoffe (Anwendung)

<p>Teflon-Bratpfanne</p> <p>Polytetrafluoräthylen (PTFE)</p> $\begin{array}{cccccccc} F & F & F & F & F & F & F & F \\ & & & & & & & \\ -C & -C- \\ & & & & & & & \\ F & F & F & F & F & F & F & F \end{array}$	<p>Isoliermaterial</p> <p>Polyvinylchlorid (PVC)</p> $\begin{array}{cccccccc} H & H & H & H & H & H & H & H \\ & & & & & & & \\ -C & -C- \\ & & & & & & & \\ H & Cl & H & Cl & H & Cl & H & Cl \end{array}$	<p>Plastikflasche</p> <p>Polyethylen (PE)</p> $\begin{array}{cccccccc} H & H & H & H & H & H & H & H \\ & & & & & & & \\ -C & -C- \\ & & & & & & & \\ H & H & H & H & H & H & H & H \end{array}$
---	---	--

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

Anwendung von Kunststoffen und ihr Chemiesmus (exemplarisch).

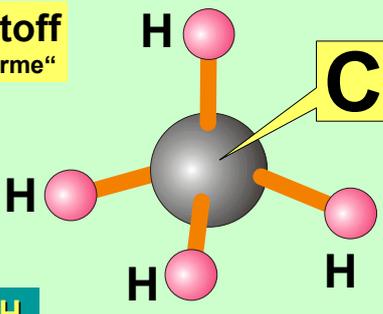
Das gute, alte Bakelit-Telefon (Bild: Bakelit-Museum, NRW-Stiftung).



PVC als Universal-kunststoff in einigen Variationen.

Kohlenstoff (C)

Kohlenstoff
besitzt 4 „Arme“



Methan CH₄

© by OSR Dr. Otto Widetschek, BD a. D. owid

Das Kohlenstoffatom besitzt vier Arme, ist also vierwertig.

Diese in die Gruppe der Alkane gehörenden Kohlenwasserstoffe sind nicht polymerisierbar. Die Alkene dagegen, wie z. B. Ethylen (C₂H₄) und Propylen (C₃H₆) weisen demgegenüber Doppelbindungen auf. Sie sind polymerisierbar!

WIE BEI TANZPAAREN!

Diese Eigenschaft kann anschaulich anhand von Tanzpaaren erklärt werden. Normalerweise halten sich die Tanzpartner (wie beispielsweise die beiden Kohlenstoffatome im Ethylen doppelt gebunden sind!) mit beiden Händen. Wenn sich nun die Tanzpaare öffnen und die Hände reichen, entsteht eine Kette aus Tänzerinnen und Tänzern. Ähnliches geschieht, wenn viele Ethylenmoleküle in ein langkettiges Polyethylenmolekül umgewandelt werden.

WIE KUNSTSTOFFE ENTSTEHEN!

Die Herstellung synthetischer Kunststoffe ist ein chemischer Vorgang, der von den Ausgangsstoffen, den Monomeren, zur Bildung entsprechender Polymeren führt. Dabei unterscheidet man drei Arten von chemischen Reaktionen:

- Polymerisation,
- Polykondensation und
- Polyaddition.

POLYMERISATION

Ungesättigte Verbindungen – vorwiegend des Kohlenstoffs – werden durch Wirkung von Katalysatoren (Reaktionsvermittlern) so vorbereitet, dass die Monomere fortlaufend zu langen Ketten aneinandergesetzt werden können.

Beispiel: Ethylen CH₂=CH₂ – Polyethylen (PE)-CH₂-CH₂-.....
Dazu gehören auch Polyvinylchlorid (PVC), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS) etc.

Polymerisation

n = 3



Tanzpaare (Monomere)

➔



Tanzkette (Polymer)

$$\begin{array}{c}
 \text{H} \quad \text{H} \\
 | \quad | \\
 \text{C} = \text{C} \\
 | \quad | \\
 \text{H} \quad \text{H}
 \end{array}$$

Ethylen

➔

$$\left[\begin{array}{c}
 \text{H} \quad \text{H} \\
 | \quad | \\
 -\text{C} - \text{C}- \\
 | \quad | \\
 \text{H} \quad \text{H}
 \end{array} \right]_n$$

Polyethylen

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

Polymerisation anhand von Polyethylen (schematisch).

POLYKONDENSATION

Aus zwei bifunktionellen Ausgangskomponenten werden lineare Kettenmoleküle, wobei niedermolekulare Substanzen wie Wasser abgespalten werden, welches auskondensiert. Beispiele: Polyamid (PA), Polycarbonat (PC), Polyester (PETP).

POLYADDITION

Auch die Polyaddition ist eine Molekülverknüpfung reaktionsfähiger Stoffe.

Wichtigstes Beispiel: Polyurethan (PUR). Es entsteht aus Polyol und Diisocyanat. Dabei kommt es zur Wanderung von Atomen von einem Monomer zum anderen und zu einer chemischen Verbindung.

DIE GRÖSSE DER MAKROMOLEKÜLE

Kunststoffe bestehen aus einem Gemisch verschieden großer Makromoleküle. Der Polymerisationsgrad, d.h. die Anzahl der monomeren Bausteine im Makromolekül, bestimmt die Größe. Makromoleküle enthalten üblicherweise 200 bis 20.000 Bausteine.

Zur Bestimmung des Polymerisationsgrades bzw. des Molekulargewichtes dient u. a. die Messung der Zähigkeit von Lösungen der Polymeren. Die Länge der Makromoleküle beträgt zwischen 1/1.000.000 und 1/1.000 Millimeter.

DIE EIGENSCHAFTEN

Die Eigenschaften der Plaste hängen von einer Reihe von Faktoren ab. Wichtig ist u. a. ob es sich um lineare unverzweigte oder verzweigte bzw. vernetzte oder unernetzte Makromoleküle handelt, die knäuelartig verschlungen, ungeordnet oder zum Teil wenigstens geordnet, teilkristallin sind.

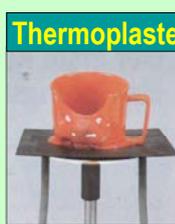
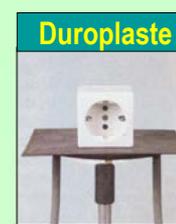
KUNSTSTOFFARTEN

Eine wichtige Einteilung ergibt sich daraus im Hinblick auf ihre Grundeigenschaften. Demnach kann man alle Kunststoffe in folgende drei Gruppen einteilen:

- **Thermoplaste** (*thermos* = warm, *plasso* = bilden), welche durch Hitzeeinwirkung wiederholt plastifizierbar sind und auch abschmelzen können.
- **Duroplaste** (*durus* = hart), welche nur einmal reversibel formbar sind und danach steif und hart werden.
- **Elastomere** (*elastisch* = dehnungsfähig, *meros* = Teil), welche gummielastisch, jedoch nicht schmelzbar sind.

Für den Brandschutz ist vor allem die Unterscheidung zwischen Thermoplasten (Brandklasse B) und Duroplasten (Brandklasse A) von großer Bedeutung.

Kunststoffe (Plaste)

Thermoplaste	Duroplaste	Elastomere
		
Schmelzen bei Erhitzen	Bleiben unverändert	Sind quellbar und gummielastisch

© by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

Wesentliche Einteilung der Kunststoffe.

**WAS KUNSTSTOFFE ALLES KÖNNEN!**

Da Kunststoffe wie die lebende Natur zu den organischen Stoffen gehören, besitzen sie auch ähnliche Eigenschaften:

- Die aus Kunststoffen hergestellten Gegenstände sind leicht. Ihr spezifisches Gewicht liegt zwischen 0,8 und 2,2 g/cm³.
- Kunststoffherzeugnisse sind unzerbrechlich, das verschafft einen weiteren Vorteil gegenüber Glas oder Keramik.
- Eine der kennzeichnendsten Eigenschaften ist die Beständigkeit gegen Chemikalien und damit gegen Korrosion (Rost).
- Das hohe elektrische Isoliervermögen und die günstigen Eigenschaften der Kunststoffe für die Hochfrequenztechnik machen sie zu unentbehrlichen Werkstoffen in der Elektrotechnik.
- Gute elektrische Isolationsstoffe sind auch gute Wärmedämmstoffe. Das prädestiniert sie für den Leichtbau und die Vorfertigung im Bauwesen.
- Das akustische Verhalten ähnelt dem des Holzes. Kunststoffe sind daher bewährte Schall- und Geräuschkämpfer.
- Kunststoffe können schwer brennbar sein, wie Polytetrafluorethylen (PTFE), und eignen sich daher für höchste thermische Beanspruchungen (Bratpfanne, Hitzeschild).
- Formteile aus Kunststoff sind glasklar, wasserhell oder in leuchtenden Farben herstellbar.

NEGATIVE EIGENSCHAFTEN

Das Angebot an Kunststoffen ist reichhaltig, die Massenkunststoffe sind preiswert und mit anderen Werkstoffen wettbewerbsfähig. Andererseits weisen Kunststoffe auch negative Eigenschaften auf:

- Mechanische Festigkeit, Härte und Steifheit betragen nur den zehnten bis hundertsten Teil im Vergleich zu Mineralien und Metallen.
- Die Oberfläche von Kunststoffen ist nicht kratzfest.
- Sie sind ursprünglich elektrostatisch aufladbar und müssen extra antistatisch ausgerüstet werden.
- Viele Kunststoffe sind biologisch nicht abbaubar und tragen einen wesentlichen Teil zur heutigen Umweltverschmutzung bei.
- Die meisten Kunststoffe sind brennbar, können schmelzen und erzeugen große Braundrauchmengen, die giftig und korrosiv sein können.

LITERATURHINWEISE

DOMINIGHAUS H.: Kunststoffe – Werkstoffe eines neuen Zeitalters; Otto Maier Verlag, Ravensburg, 1974.

EUFIC: Kunststoff – Wie kann er nachhaltiger werden? www.eufic.org, 2020.

KAUFMANN M.: Riesenmoleküle – Kunststoffe verändern unsere Welt; dva-Verlag, Stuttgart, 1970.

MARK F.: Grundstoffe, Kunststoffe, Hochpolymere; TIME LIFE Bücher, New York, 1970.

PLASTICSEUROPE: Kunststoffe – Werkstoffe unserer Zeit; 18. Auflage, 2020.



Der Plastik-Planet: 85 % der Abfälle an unseren Meeresstränden sind aus Kunststoff (Bild: ratioform, A. Bates)

Evaluierung von Arbeitsstoffen

Betriebe sind zur Evaluierung von Arbeitsstoffen gesetzlich verpflichtet, die Sammlung von Sicherheitsdatenblättern alleine reicht nicht aus!

„Evaluierung von Arbeitsstoffen“, **21. April 2021**
- gesetzliche Verpflichtungen und Grundlagen
- schrittweise Evaluierung, Beurteilung und
- Maßnahmen zur Gefahrenverhütung



www.brandschutzforum.at

22. Internationales APRILSYMPOSION
mit großer Fachausstellung **16. September 2021**

- Brand- und Katastrophenschutz im neuen Jahrtausend: **Erfahrungen aus der Pandemie, Cyberkriminalität, Psychologischer Brandschutz, Wissenschaft und Einsatzpraxis etc.**
- Spezialseminar **Holz & Brandschutz**
- Spezialseminar **Betriebsbrandschutz**
- Spezialseminar **Löschmittel**

Fortbildung gem. TRVB 117 für BSB zur Verlängerung der Pass-Gültigkeit

www.aprilsymposion.at

