



KunststoffVerbandSchweiz
Association Suisse des matières plastiques
Associazione Svizzera delle materie plastiche
Swiss plastics Association



„Übersicht Kunststoff- Recycling Schweiz“

**Einführung in die Welt der Kunststoffe
und deren Verwertung**

Fachgruppe „Swiss Polyolefine“

> www.swisspolyolefine.ch > www.kvs.ch

Vorwort Swisspolyolefine

Liebe Leserin, liebe Leser

Die Fachgruppe swiss polyolefine und der Kunststoff Verband Schweiz ... fördert den verantwortungsvollen Umgang mit der Ressource Kunststoff während des ganzen Lebenszyklus

... hilft mit, ökonomisch und ökologisch sinnvolle Lösungen zur Verwertung von Kunststoffabfällen zu entwickeln und unterstützt die Umsetzung

... steht seinen Mitgliedern und der Öffentlichkeit als Drehscheibe für Informationen, Auskünfte zur Gesetzgebung, bei Umweltfragen und zur Meinungsbildung zur Verfügung

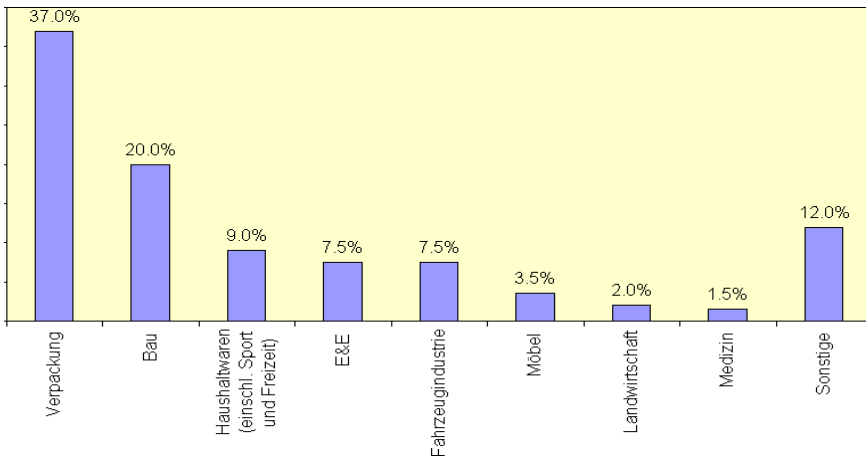
→ In der Schweiz sind ca. 850 Betriebe im Kunststoff-Bereich tätig und beschäftigen ungefähr 33'000 Mitarbeitende.

INHALTSVERZEICHNIS	2
ÜBERSICHT KUNSTSTOFFE	3
Einführung Kunststoffe	3
Kunststoff-Arten	4
Mengen Schweiz	5
VERWERTUNG	
Umfeld / Politik / Gesetzgebung	6
Sinnvolle Verwertung – warum?	7
Übersicht Verwertungswege	7
Übersicht Wertschöpfungskette	8
Werkstoffliches Recycling	9
Rohstoffliches Recycling	9
Energetische Verwertung Ersatzbrennstoffe (Zementindustrie)	9
Verwertungsbeispiele	10
AUSBLICK / TRENDS / ERWARTUNGEN	11
KUNSTSTOFF-ERKENNUNG	12
BEGRIFFE / ABKÜRZUNGEN	13
BEZEICHNUNGEN	15
FIRMEN	16

Übersicht Kunststoffe

Einführung Kunststoffe

Die Menge der eingesetzten Kunststoffe steigt jährlich und hat sich seit 1960 ungefähr um den Faktor 5 erhöht. Dies weil Kunststoff ein sehr vielfältiger Werkstoff ist. Kunststoffe werden in den verschiedensten Branchen eingesetzt: z.B. im Bausektor, in der Verpackungsindustrie, in der Elektro- und Elektronikindustrie, in der Fahrzeugindustrie und in der Medizintechnik wie im Sport- und Freizeitbereich.



Quelle: *PlasticsEurope*

Kunststoffe haben viele Vorteile, einige davon sind

- geringes Gewicht (die Dichte liegt meistens zwischen 0.9 und 1.5 g/cm³)
- niedrige Verarbeitungstemperaturen
- flexible Eigenschaften, je nach Einsatz (z.B. formstabil oder elastisch)
- gute elektrische und thermische Isolatoren
- inert gegen eine grosse Anzahl von Stoffen
- vielfältige Verarbeitungstechnologien und Anwendungsformen
- breite Wiederverwertungsmöglichkeiten

Kunststoff-Arten

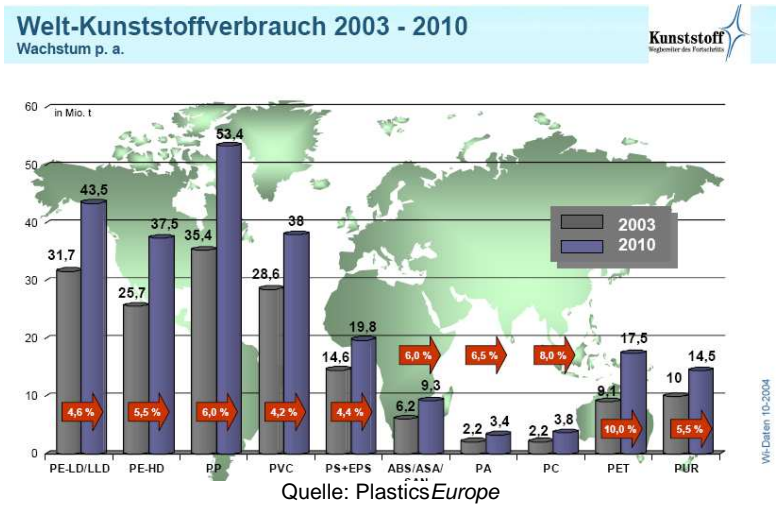
Wir unterscheiden grundsätzlich folgende 3 Kunststoff-Arten:

- Thermoplaste
- Duroplaste
- Elastomere

Ungefähr Dreiviertel der Kunststoffe sind Thermoplaste, gefolgt von den Duroplasten. Elastomere machen nur einen verschwindend kleinen Anteil aus.

Thermoplaste lassen sich mit Wärme beliebige Male verformen und eignen sich daher speziell gut für das Recycling. Beispiele hierfür sind PE, PP, PS und PET. Thermoplaste werden z.B. im Verpackungsbereich für Folien und Hohlkörper eingesetzt, aber auch in anderen Bereichen wie Textilindustrie (z.B. PA). Bei den Thermoplasten sind drei Temperaturbegriffe wichtig: Von der Glasübergangstemperatur spricht man beim Übergang vom harten zum weichen Zustand. Die Schmelztemperatur ist selbsterklärend. Bei der Zersetzungstemperatur zersetzen sich die Molekülketten.

Die beiden meistgebrauchten Kunststoffe, Polyethylen PE und Polypropylen PP, sind so genannte Polyolefine und machen zusammen mehr als die Hälfte aller Kunststoffe aus.



Mengen Schweiz

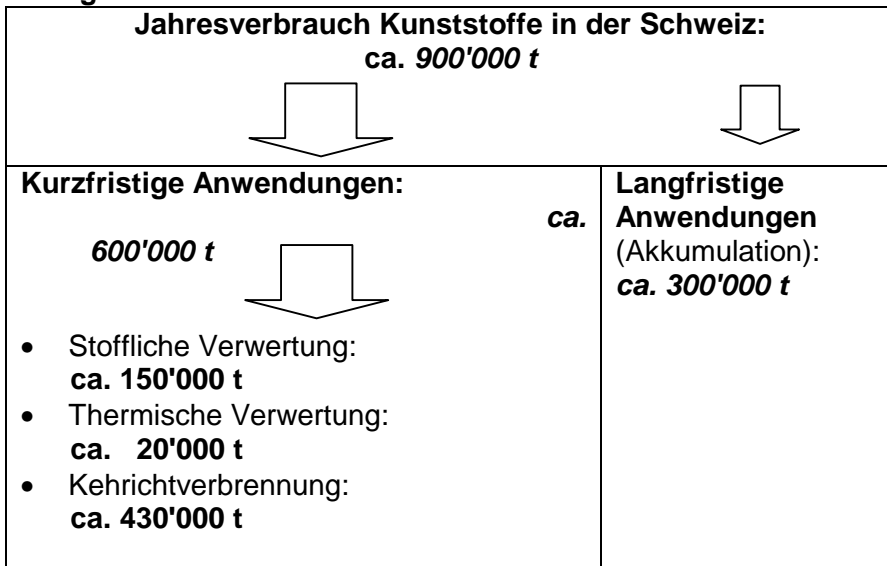


Abbildung 1: Übersicht Kunststoff-Verbrauch und Verwertung

Quelle BAFU, Schätzungen REDILO (2006)

Der Total-Verbrauch an Kunststoffen liegt in der Schweiz bei ca. 900'000 Tonnen jährlich. Pro Kopf ergibt dies einen ungefähren Verbrauch von 120 kg im Jahr. Schätzungsweise ein Drittel, d.h. ungefähr 300'000 Tonnen, geht in langfristige Anwendungen (Akkumulation, „Senke“). Der Rest wird entweder recycelt oder aber geht in die Kehrichtverbrennungsanlagen.

Die wichtigsten Einsatzgebiete der Kunststoffe sind: Verpackung, Haushalt, Bau, Elektro- und Elektronik, Fahrzeuge.

Verwertung

Umfeld / Politik / Gesetzgebung

Das Umweltschutz-Gesetz (USG) regelt in der Schweiz übergreifend wichtige Bereiche. So ist z.B. das Verursacherprinzip darin geregelt. Weiter sollen Verwertungs-Systeme ökologisch, technisch und auch ökonomisch Sinn machen.

Verschiedene Verordnungen regeln das Sammeln und das Recycling einzelner Wertstoffe, z.B. die Verordnung über Getränkeverpackungen(VGV) für Getränkeflaschen aus PET. Die Technische Verordnung über Abfälle (TVA) besagt z.B., dass verwertbare Anteile des Siedlungsabfalls so weit wie möglich getrennt gesammelt und verwertet werden sollen.

Anders als in verschiedenen Europäischen Ländern werden in der Schweiz verwertbare Abfallfraktionen bereits am Entstehungsort getrennt gesammelt und anschliessend dem Recycling zugeführt. Der Rest wird in den Kehricht-Verbrennungs-Anlagen (KVA) verbrannt.



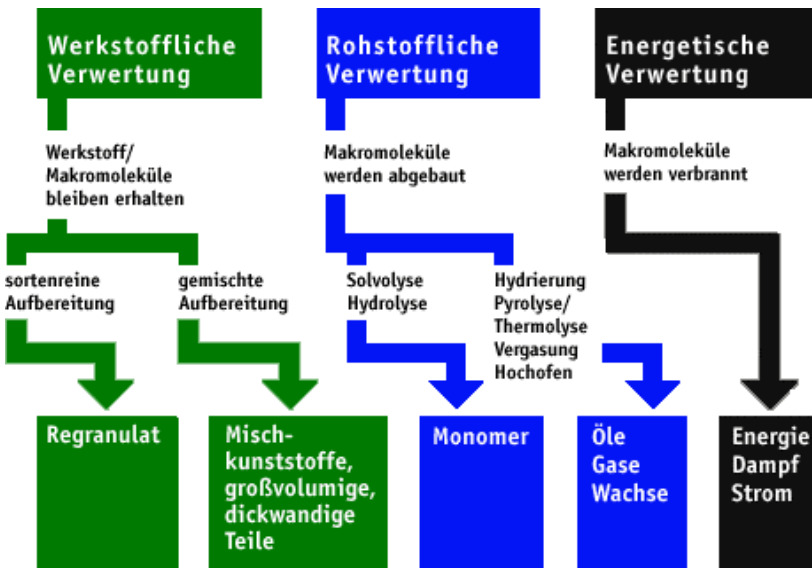
Sinnvolle Verwertung – warum?

Obwohl Kunststoffe nur weniger als 5% am gesamten Erdölverbrauch (fossiler Energieträger) ausmachen, ist es lohnenswert, sich über die Wiederverwertung Gedanken zu machen. Mit einem sinnvollen Recycling kann wertvolle Energie eingespart werden, je nach gewähltem System bis zu 60% und - ebenfalls wichtig - beim werkstofflichen Recycling wird der Kunststoff im Stoffkreislauf gehalten.

Übersicht Verwertungswege

Grundsätzlich unterscheiden wir hier die folgenden 3 Verwertungswege:

- Werkstoffliches Recycling
- Rohstoffliches Recycling
- Energetische Verwertung



Quelle: VKE

Beim werkstofflichen Recycling bleibt der Kunststoff als Polymer bestehen und wird wieder im gleichen Markt (z.B. PET-Flasche) oder in einem neuen Sekundärmarkt eingesetzt (z.B. Rohre). Beim rohstofflichen Recycling entstehen entweder Halbfabrikate, wie z.B. auch Monomere, oder dann neue Produkte wie Öl und Diesel. Bei der energetischen Verwertung wird der Kunststoff entweder direkt als Ersatzbrennstoff eingesetzt (z.B. Zementindustrie) oder der hohe Heizwert des Kunststoffs wird als „positiver Nebeneffekt“ zur Herstellung von Energie genutzt (Strom-, Dampf-Erzeugung KVA).

Je nach Kunststoffart, Anfallmenge, Sortierbarkeit und auch Verschmutzungsgrad eignen sich die einzelnen Verwertungswege besser oder schlechter.

Übersicht Wertschöpfungskette

Die Wertschöpfungskette sieht je nach Kunststoff und Verwertungsweg verschieden aus. Wir sehen uns nachfolgend ein Beispiel einer gesammelten PE-Folie an, die werkstofflich rezykliert wird:

→ Sammeln (z.B. im Poly-Sack)
→ Verdichten und Überführen (z.B. in Ballen gepresst zu InnoRecycling)
→ Vereinzeln und allenfalls Sortieren (je nach Fremdmaterialanteil)
→ Zerkleinern (Schredder)
→ Waschen
→ Klein schneiden (Mühle)
→ Trocknen
→ Extrudieren
→ Veredeln und konfektionieren
→ Einsetzen im Sekundärmarkt

Abbildung 2: Übersicht Wertschöpfungskette

Quelle: REDILO

Werkstoffliches Recycling

Aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften werden hauptsächlich Thermoplaste, also zum Beispiel die Polyolefine PE und PP, mit werkstofflichen Verfahren recycelt. Diese werden falls notwendig gereinigt, zerkleinert (Vorstufe) und dann aufgeschmolzen. Es entstehen so genannte Regranulate. Handelt es sich um sortenreine innerbetriebliche Abfälle, können diese ohne Vorstufe direkt wieder im Produktionsprozess eingesetzt werden.

Absatzmärkte für werkstofflich aufbereitete Kunststoffe sind vielfältig. Idealerweise können diese in denselben Märkten wieder eingesetzt werden (geschlossener Kreislauf) und zwar meistens in einer Mischung von Neumaterial und Regranulat.

Rohstoffliches Recycling

Beim rohstofflichen Recycling werden die Molekül-Ketten verkürzt. Man spricht auch von chemischem Recycling. Es werden entweder Monomere oder Halbfabrikate hergestellt. Es existiert eine Vielzahl von Verfahren, z.B. die Solvolyse. Dabei werden die Polymere wieder zu Monomeren umgewandelt (z.B. wird aus PET wieder Ethylenglykol und Terephthalsäure). Bei der Pyrolyse entstehen aus Kunststoffen Heiz- und Treibstoffe wie z.B. Diesel.

Energetische Verwertung Ersatzbrennstoffe (Zementindustrie)

Für das werkstoffliche Recycling ungeeigneter Kunststoffe (z.B. bei zu hoher Verschmutzung) können zum Teil energetisch verwertet werden. Die Kunststoffe dienen dort als Ersatzbrennstoffe für die Zementproduktion, d.h. sie ersetzen direkt fossile Brennstoffe. Wie bei den anderen Verwertungsverfahren gibt es auch hier Einschränkungen bezüglich der einsetzbaren Kunststoffarten. So darf nur sehr wenig PVC in der Input-Fraktion sein (Chlor!) und auch Additive wie Flammschutzhemmer sind kritisch.

Verwertungsbeispiele

Produkt	System, Betreiber, Info	Verwertung
➤ Milchflaschen (PE)	Detailhandel (z.B. Migros oder COOP)	werkstofflich
➤ PET-Getränkeflaschen	PET-Recycling Schweiz	werkstofflich
➤ Landwirtschaftsfolien (Silage, Dünger etc.) ➤ Verpackungs- und Transportfolien (Schrumpf, Stretch etc.)	RE-LOG, InnoRecycling	werkstofflich
➤ Baufolien	HG Commerciale und VSBH (Verband des Schweizerischen Baumaterial Handels)	werkstofflich
➤ Kaffeebecher	InnoRecycling / Bellaplast	werkstofflich
➤ EPS	RE-LOG und EPS-Recycling	werkstofflich
➤ PVC (Bodenbeläge und Fensterrahmen)	PVCH	werkstofflich
➤ Kleiderbügel	diverse	werkstofflich
➤ Kanister, Hohlkörper	RE-LOG, InnoPlastics	werkstofflich
➤ Gehäuseteile (Elektro, Elektronik, IT)	SWICO	thermisch
➤ Produktionsabfälle	diverse	werk- oder rohstofflich und thermisch (je nach Art)

So sind z.B. Kehrrietsäcke, Kabelschutzrohre und auch andere Bauteile ganz aus Regranulat oder mit Regranulat-Anteilen hergestellt.

Weitere Informationen und Kontakte:

KVS

RE-LOG (Poly-Sack-System)

REDILO (Retrodistribution)

PET-Recycling Schweiz PRS

InnoRecycling AG

InnoPlastics AG

VSBH

EPS-Recycling

SWICO

PVCH

www.kvs.ch

www.re-log.ch

www.redilo.ch

www.prs.ch

www.innorecycling.ch

www.innoplastics.ch

www.vsbh.ch

www.epsschweiz.ch

www.swico.ch

www.pvch.ch

Ausblick / Trends / Erwartungen

Mit **steigenden Preisen** für fossile Energieträger (z.B. Erdöl) wird die sinnvolle Verwertung der Kunststoffe ein immer wichtigeres Thema. Ob das hochstehende aber auch anspruchsvolle werkstoffliche Recycling oder ein rohstoffliches Recycling bzw. die energetische Verwertung zum Einsatz kommt, ist von Fall zu Fall, aufgrund der spezifischen Gegebenheiten, zu entscheiden.

Sicher ist, dass die **Sortier- und Recyclingtechnologie** auch in Zukunft grosse Fortschritte machen wird und sich somit weitere Chancen für eine sinnvolle Verwertung verschiedener Kunststoff-Fraktionen bieten.

Neue Materialien, Blends und der vermehrte Einsatz von Additiven stellen eine Herausforderung für das Recycling dar. Darum erhalten Themen wie **Eco-Design** und **Recyclingkonformität** neuer Produkte ein immer grösseres Gewicht.

Verschiedentlich kommen neue Kunststoffe, so genannte „**Bioplastics**“ auf den Markt, die aus nachwachsenden Rohstoffen produziert sind und/oder biologisch abbaubar sind. Hier stellt sich die Frage nach den Verwertungsmöglichkeiten dieser Stoffe.

Die **rohstofflichen Verfahren** bieten neue Chancen für die Fraktion der Gemischt-Kunststoffe. Verschiedene interessante Pilotprojekte sind z.B. mit der Niederdruckpyrolyse-Technik am entstehen.

Fazit:

Kunststoffe, insbesondere die polyolefinen Thermoplaste, bieten sowohl in der Anwendung wie auch im Recycling grosse Chancen mit weiterhin hohem Entwicklungspotential!

Kunststoff-Erkennung

Nicht nur für den Laien sind die einzelnen Kunststoffe schwierig zu erkennen. Der Einsatz von Verbundstoffen (mehrere Schichten, z.B. PE-/PP-Folie), Blends (z.B. PET/PA gemischt) oder auch Additive (z.B. UV-Schutz) erschweren die Erkennung zusätzlich.

Folgende Anhaltspunkte und Analysemethoden helfen bei der Erkennung:

- Kennzeichnung mit den internationalen Dreieck-Zeichen 1-7 (siehe DIN 6120)
- Produktart (oft werden Produkte aus dem gleichen Kunststoff hergestellt)
- Spezifisches Gewicht bzw. Schwimm-/Sink-Test (PE schwimmt, PC sinkt)
- Brandverhalten (inner- und ausserhalb der Flamme, Russ ja/nein, Geruch etc.)
- pH-Wert, da gewisse Kunststoffe sauer sind (Skala 0-7), wie z.B. PET, andere aber neutral (Skala bei 7) oder alkalisch (Skala 8-14), wie z.B. PA
- Beilsteinprobe zur Erkennung von Halogenen, wie z.B. Chlor bei PVC.

Weitere Möglichkeiten sind Bruchprobe, Härte, Löslichkeit etc.

Quelle: Rominger Kunststofftechnik und REDILO

Kunststoffe können bei Bedarf mit verschiedenen Analysegeräten (z.B. Gaschromatograph, Spektrometrie) identifiziert werden. Nachfolgend eine Auswahl mit ein paar Erkennungsmerkmalen.

WAS	PET	PE-HD	PE-LD	PVC	PP	PS	EPS
Schwimm/Sink-Test:							
Schwimmt im Wasser?	nein	ja	ja	nein	ja	nein	ja
Brandverhalten:							
Brennt selber weiter?	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja
Flamme?	bläulich	bläulich	bläulich	gräulich	bläulich	gelblich	gelblich
Schwarzer Russ?	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja
Beissender Rauch?	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein
Tropft schnell?	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein

Abbildung 3: Übersicht Kunststoff-Erkennung

Begriffe / Abkürzungen

Was	Details
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat
Additive	Zusätze, die die Produkteigenschaften verändern (z.B. Farbe, UV-Schutz)
Agenzien	Wirkungsmittel (Agens = Einzahl)
Akkumulation	Sehr langlebige Einsatzgebiete, z.B. Autoteile
amorph	Strukturlose Polymerketten
BAFU	Bundesamt für Umwelt
Bioplastics	Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen und / oder biologisch abbaubar
Blends	Polymer-Legierung
Duroplaste	Kunststoff-Art, die sich nicht umformen lässt
Elastomere	Kunststoff- Art, die bei Raumtemperatur elastisch ist (Gummi)
Epoxide	Bezeichnung für org. Verbindungen mit einer Epoxid-Gruppe (typischer Vertreter ist das Ethylenoxid)
Ethylenglykol	Wichtiges Ausgangsprodukt (Monomer) für PET
Flammschutzhemmer	Additiv, dass die Brennbarkeit beeinflusst
Gaschromatograph	Gerät zur Analyse verschiedenster Stoffe
Geschlossener Kreislauf (closed loop)	Der Kunststoff wird werkstoffliche rezykliert und in gleichen, ähnlichen Märkten wieder eingesetzt
Glasübergangstemp. T_g	Übergang von hart zu weich und elastisch
InnoPlastics	Schweizer Hersteller von Sekundär-Rohstoff
kristallin	Strukturierte Polymerketten
KVA	Kehricht-Verbrennungs-Anlage
KVS	Kunststoff Verband Schweiz
MF	Malamin-Phenol-Formmasse (Duroplast)
Near Infrared	Nah-Infrarot (Schwingungs-Spektrum ca. 200 - 400 nm)
nm	Nanometer (10^{-9} m)
PC	Polycarbonat
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat

Was	Details
PF	Phenoplast (Duroplast)
Polyolefine	Thermoplast-Art mit Hauptbestandteil Olefine (z.B. PE, PP)
POM	Polyoxymethylen
PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
PUR	Polyurethan (Duroplast)
Regranulat	Granulat, das aus rezykliertem Material besteht
Rohstoffliches Recycling	Molekülketten werden gekürzt, es entstehen Monomere
Schmelztemperatur T_m	Auch die geordneten (kristallinen) Moleküle brechen auf
Solvolyse	Überbegriff für Spaltreaktion mit Agenzien (z.B. Hydrolyse mit Wasser)
SwissPolyolefine	Fachgruppe des Kunststoffverbands Schweiz
Terephthalsäure	Wichtiges Ausgangsprodukt (Monomer) für PET
Thermische Verwertung	Kunststoff dient als Ersatzbrennstoff (z.B. Zementindustrie)
Thermoplaste	Kunststoff-Typ, der sich beliebig umformen lässt
TVA	Technische Verordnung über Abfälle
USG	Umweltschutzgesetz
Verbundstoffe	Verschieden Stoffe, die miteinander verbunden sind
VGv	Verordnung über Getränkeverpackungen
Werkstoffliches Recycling	Es entsteht ein Sekundär-Rohstoff mit gleichen, ähnlichen Eigenschaften wie der Rohstoff
Zersetzungstemperatur T_z	Molekülketten verändern und zersetzen sich irreversibel







Zeichen	Beschreibung	Beispiele
 <p>01 PET</p>	Polyethylen-Terephthalat	Oft Getränkeflaschen, Folien, Textilfasern etc.
 <p>02 PE-HD</p>	Niederdruck-Polyethylen	Verpackungsfolien, Baufolien, diverse Folien. Kanister, Kannen, Dosen, Flaschenverschlüsse, Shampoo- und Waschmittelflaschen, Milchflaschen etc.
 <p>03 PVC</p>	Polyvinylchlorid	Rohre, Elektrokanäle, Fensterrahmen, diverse Behältnisse, Fussboden etc.
 <p>04 PE-LD</p>	Hochdruck-Polyethylen	Schrumpffolien, Landwirtschaftsfolien, Tragtaschen, Stretch-Wickelfolien, Luftpolster-Schutzfolien Deckel, Kübel, Kannen, Dosen, Beutel etc.
 <p>05 PP</p>	Polypropylen	Verpackungs- und Kleiderfolien, Tiefziehfolien etc. Eimer, Gartenmöbel, Spulen, Blumentöpfe, Becher, Flaschenverschlüsse etc.
 <p>06 PS</p>	Polystyrol	Verpackungsfolien, Tiefziehfolien Blumentöpfe (Trays), Becher (z.B. Kaffee, Joghurt, Glacé), Verpackungs Dosen, Kleiderbügel etc.
 <p>06 EPS</p>	Expandierter Polystyrol-Hartschaum (wie Styropor, Sagex etc.)	Polstermaterial bei Transportverpackungen (Chips, Loose-Fill): Polsterung und Schutz für Produkte in Transportverpackungen (Formteile), Wärmedämmung

Abbildung 1: Kennzeichnung Kunststoffe nach DIN 61

Mitgliedfirmen der Fachgruppe

Armacell Switzerland AG	CH	6264	Pfaffnau	www.armacell.com
Borealis Polyolefine GmbH	A	4021	Linz	www.borealisgroup.com
Dow Europe GmbH	CH	8810	Horgen	www.dow.com
DuPont Polymer	CH	1630	Bulle	www.dupontpowder.ch
Fagerdala Airofom AG	CH	4852	Rothrist	www.fagerdala.ch
Folag AG	CH	6203	Sempach Station	www.folag.ch
InnoPlastics AG	CH	8360	Eschlikon TG	www.innoplastics.ch
Jacques Müller AG	CH	2502	Biel	www.jmbag.ch
Logo-Plastic AG	CH	4053	Basel	www.logoplastic.ch
PetroplastVinora AG	CH	9204	Andwil	www.petroplastvinora.ch
Polymag AG	CH	8803	Rüschlikon	www.polymag.ch
RESIN EXPRESS AG	CH	8807	Freienbach	www.resinexpress.ch
StaniPac AG	CH	3402	Burgdorf	www.stanipac.ch