

3 Verwertung von Kunststoffen

3.1 Definitionen und Begriffe

3.2 Eigenschaften des Primärmaterials

3.3 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung

3.4 Eigenschaften von gebrauchten Kunststoffen

3.5 Verwertungstechnologien und Produkte

3.5.1 Werkstoffliche Verwertung

3.5.2 Rohstoffliche Verwertung

3.5.3 Energetische Verwertung

3.6 PVC-Recycling



Quelle: http://www.basf.de/basf/img/corporate/innovationen/d/praesentiert/mobilitaet/Charts_HrMarcinowski.pdf

Kunststoffe

Werkstoffe aus hochmolekularen, organischen Verbindungen

Unterscheidung zwischen

vollsynthetischen Kunststoffen aus niedermolekularen Ausgangsstoffen wie Erdöl, Kohle, Erdgas, Kalk, Kochsalz, Wasser und

halbsynthetischen Kunststoffen aus hochmolekularen Naturstoffen wie Zellulose, Naturkautschuk, Eiweiß

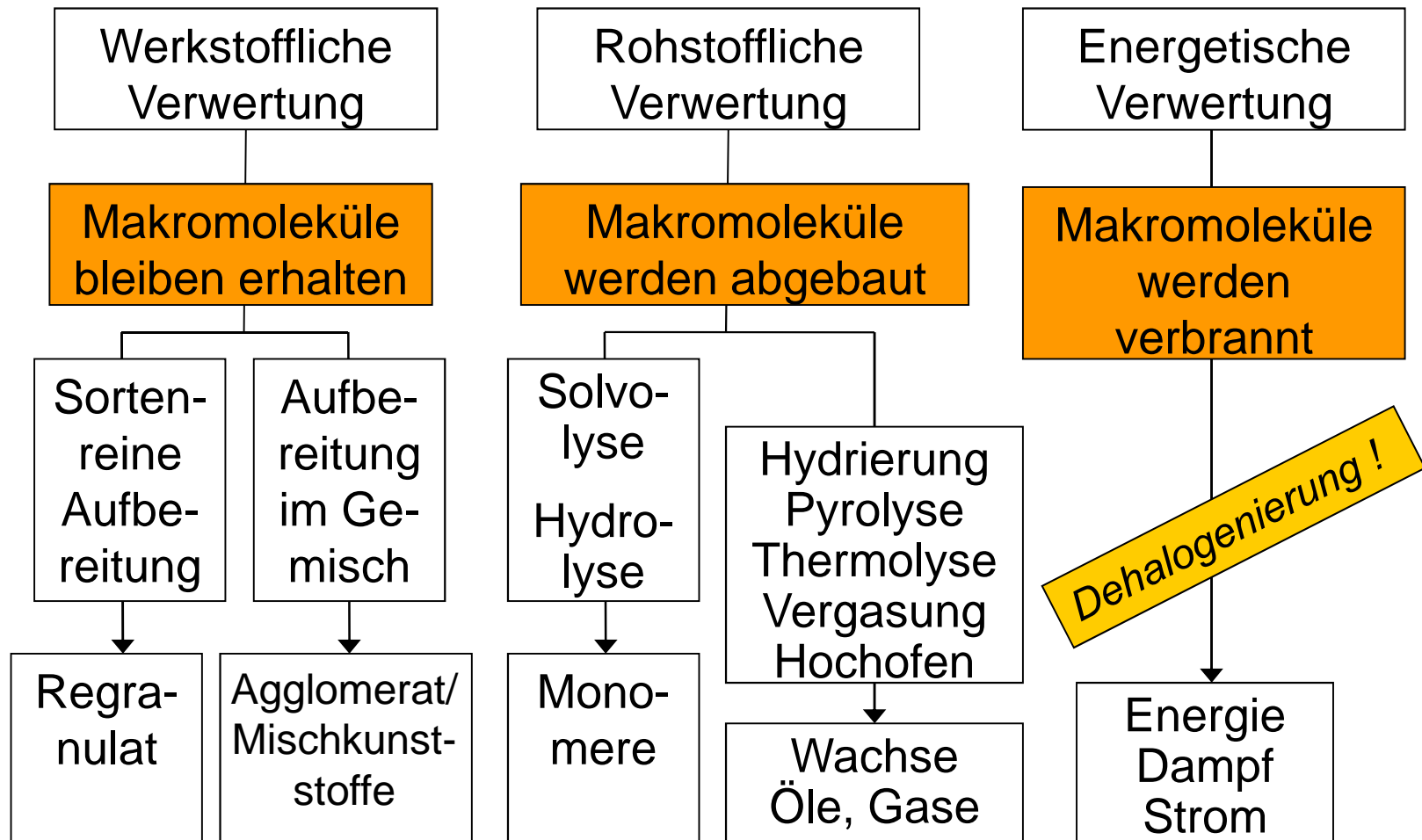
Recyclate

Kunststoffe, die bereits mindestens einem Verarbeitungsprozess unterzogen waren. Sie können entweder als Produktionsabfall oder als gebrauchtes (“post user”) Produkt vorliegen.

Mahlgut, Agglomerat, Regranulat

Zwischenprodukte beim Kunststoffrecycling

Verwertungsvarianten von Altkunststoffen in Anlehnung an das DSD



- 3 Verwertung von Kunststoffen
 - 3.1 Definitionen und Begriffe
 - 3.2 Eigenschaften des Primärmaterials**
 - 3.3 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 3.4 Eigenschaften von gebrauchten Kunststoffen
 - 3.5 Verwertungstechnologien und Produkte
 - 3.5.1 Werkstoffliche Verwertung
 - 3.5.2 Rohstoffliche Verwertung
 - 3.5.3 Energetische Verwertung
 - 3.6 PVC-Recycling



Quelle: http://www.basf.de/basf/img/corporate/innovationen/d/praesentiert/mobilitaet/Charts_HrMarcinowski.pdf

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Zusammensetzung von Kunststoffen

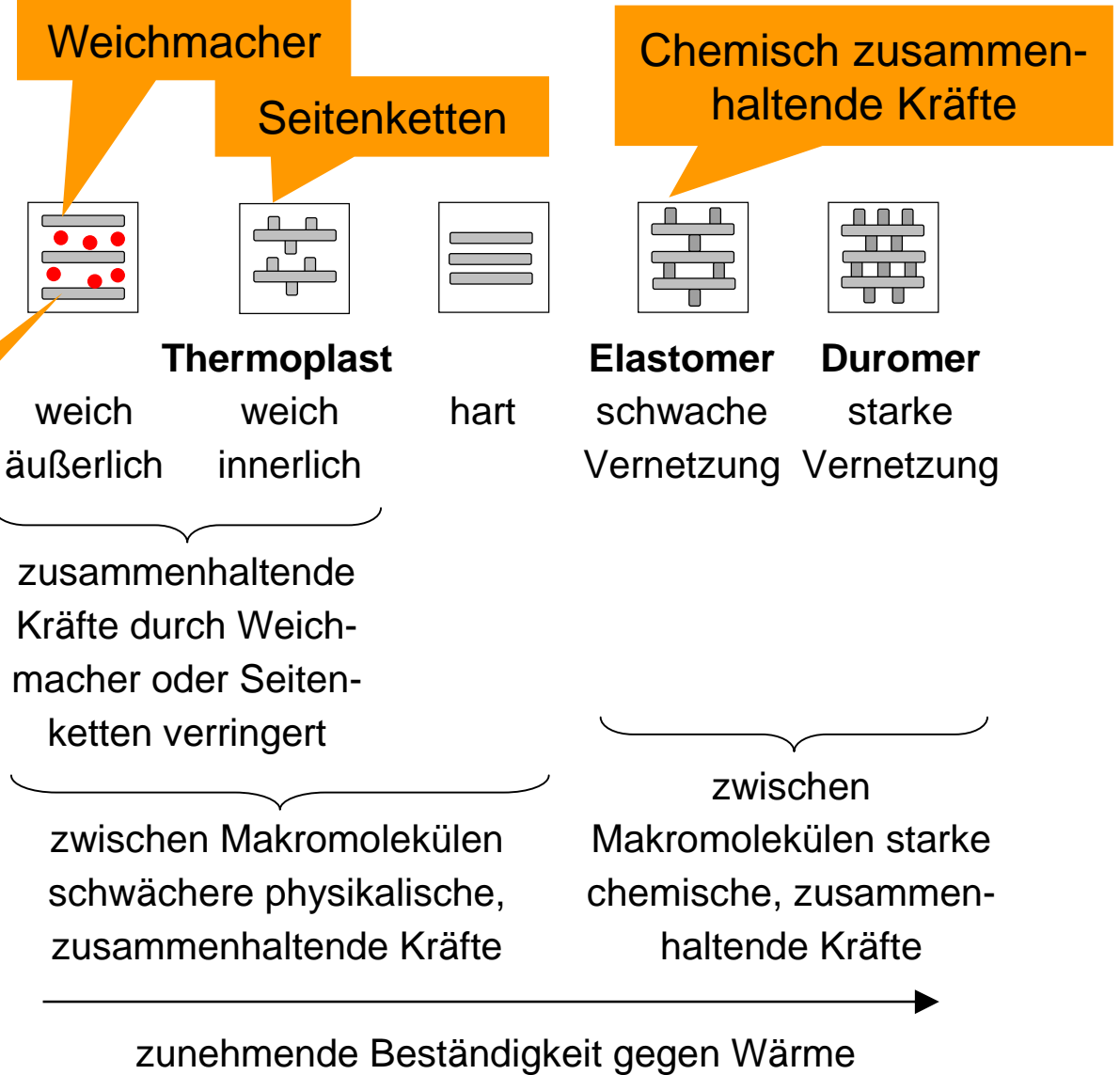
- Hauptbestandteile C, H, O
- weitere Bestandteile
 - Cl in PVC
 - N in Polyamiden
 - F in Teflon
 - S in Polysulfiden
 - Si in Siliconen
- Hauptbestandteile und weitere Bestandteile bilden die strukturbildenden Makromoleküle
- Additive zur Eigenschaftsbeeinflussung

Additiv	Wirkungsweise
Antistatika	Erhöhung der Oberflächenleitfähigkeit
Farbmittel	Im Kunststoff lösliche Farbstoffe oder Pigmente
Flammschutzmittel	
Füllstoffe	Modifizierung der Eigenschaften oder lediglich Füller
Gleit- und Trennmittel	
Stabilisatoren, Lichtschutzmittel	Chemischer Abbau, Kettenabbau bzw. UV-Strahlungseinflüsse werden verhindert.
Verstärkungsmittel	Verbesserung der mechanischen Eigenschaften
Weichmacher	Verringerung der Härte und Sprödigkeit

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Struktur von Kunststoffen (schematisch)

Makromoleküle



Typische physikalische Eigenschaften

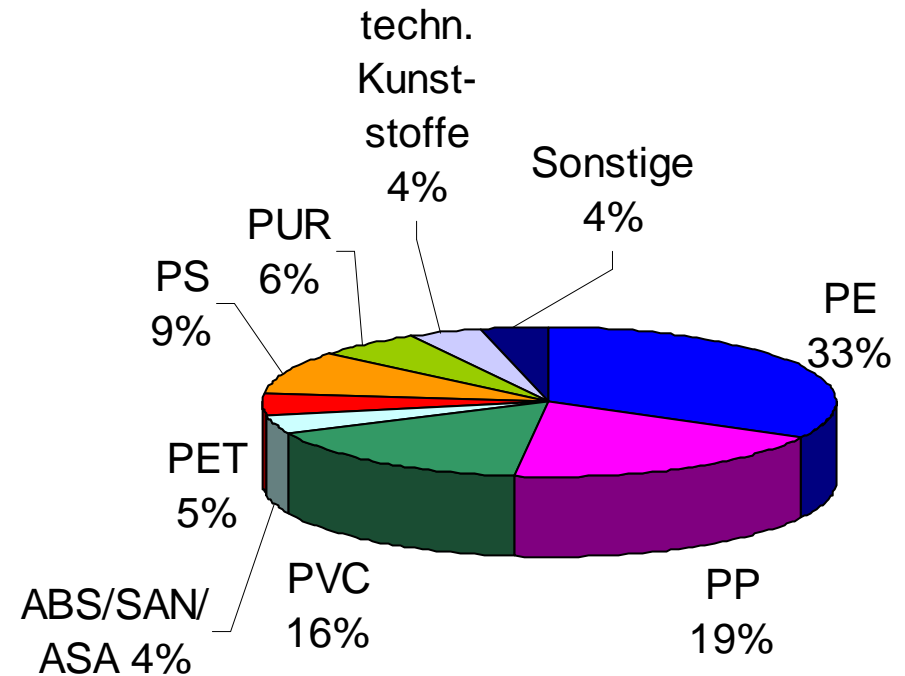
- low density 0.8...1.5 g/cm³
 - low thermal conductivity
 - high thermal expansion
 - low electrical conductivity
 - rather high tensile strength 10 MPa (soft polyethylene) ...100 MPa (epoxy glass)
 - high elongation at fracture
 - low modulus of elasticity 0.2 GPa (soft polyethylene) ...5 GPa (epoxy glass)
 - high durability against water and aggressive fluids
 - becomes brittle and brittle
 - not form stabile and
 - inflammable
- Alterung durch Fotooxidation führt zu Vernetzungs- und Molekülabbauprozessen. Folge ist u.a. die Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften, insbesondere die Versprödung.

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Kurzbezeichnungen

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol
CPE	Chloriertes Polyethylen
CR	Chloropren-Kautschuk
EAC	Ethylen-Acrylsäureester-Copolymer
EPDM	Ethylen-Propylen-Kautschuk
EPS	Expandierbares Polystyrol
GFK	Glasfaserverstärkte Kunststoffe
GUP	Glasfaserverstärkte Polyester
HDPE	Polyethylen high density (hart)
IIR	Isopren-Isobutylen-Kautschuk
LDPE	Polyethylen low density (weich)
NBR	Nitril-Butadien-Kautschuk
PB	Polybuten
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PIB	Polyisobutylen
PIR	Polyisocyanurat
PMMA	Polymethylmetacrylat
PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
UF	Harnstoff-Formaldehyd-Harz
XPS	Extrudiertes Polystyrol

Anteile produzierter Kunststoffsorten



nach BASF AG

Polyolefine = PP+PE+...

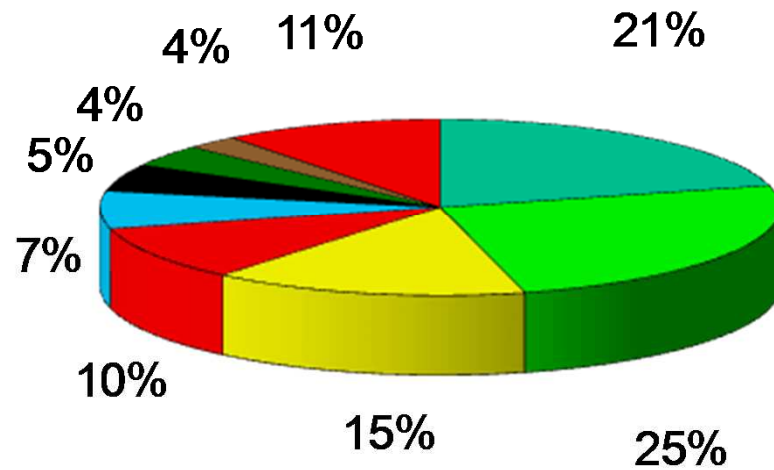
- 3 Verwertung von Kunststoffen
 - 3.1 Definitionen und Begriffe
 - 3.2 Eigenschaften des Primärmaterials
 - 3.3 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung**
 - 3.4 Eigenschaften von gebrauchten Kunststoffen
 - 3.5 Verwertungstechnologien und Produkte
 - 3.5.1 Werkstoffliche Verwertung
 - 3.5.2 Rohstoffliche Verwertung
 - 3.5.3 Energetische Verwertung
 - 3.6 PVC-Recycling



Quelle: http://www.basf.de/basf/img/corporate/innovationen/d/praesentiert/mobilitaet/Charts_HrMarcinowski.pdf

Kunststoffherstellung in D 1999: 10,2 Mio. t**

Anteile verschiedener Einsatzgebiete*



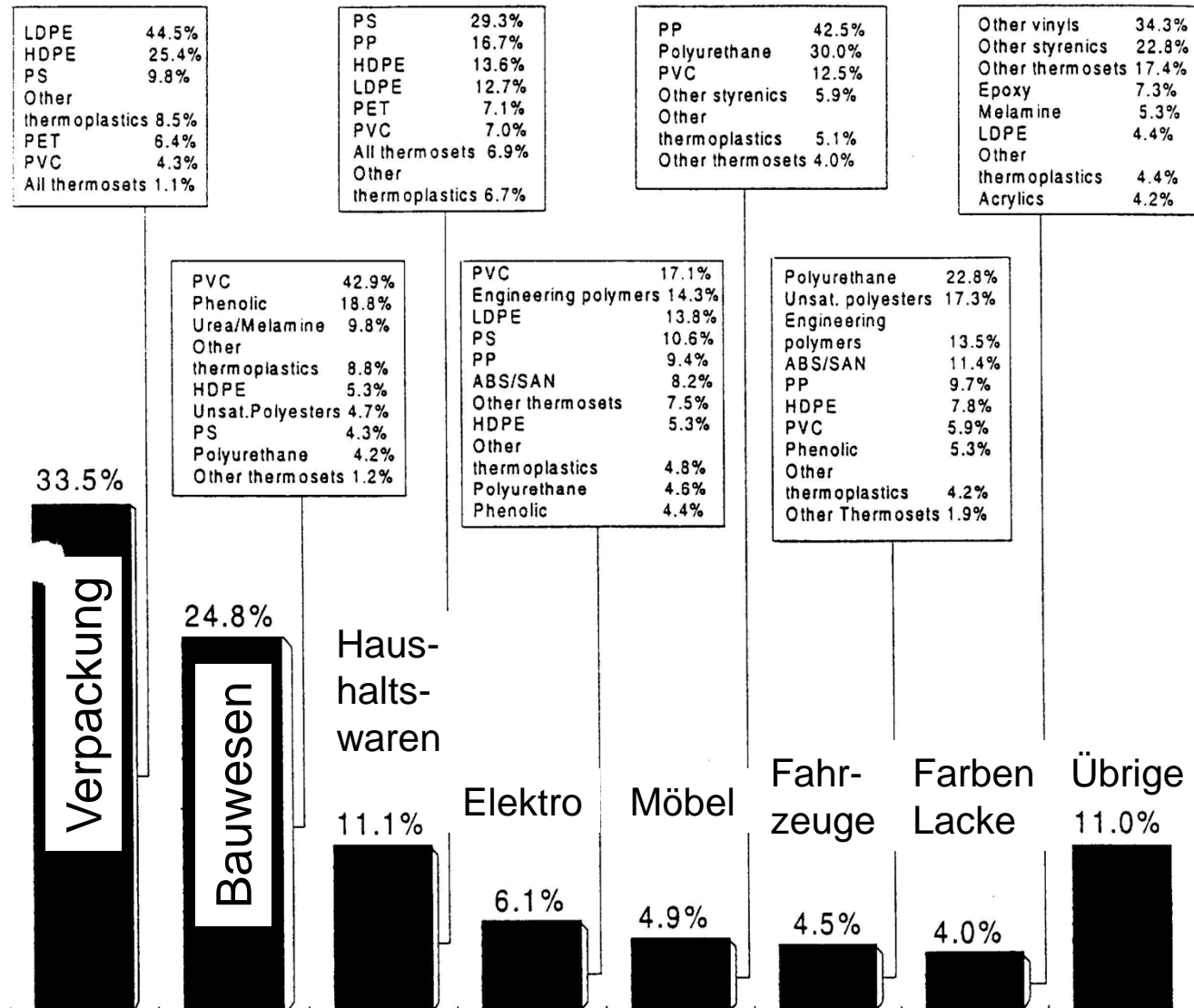
Einsatzgebiet	Lebensdauer**
Verpackungssektor < 1 a
Bauindustrie < 1 a bis > 40 a
Eletrotechnik < 1 a bis > 40 a
Klebstoffe, Farben, Lacke	
Fahrzeugindustrie 15 a
Möbel, Einrichtungen	
Landwirtschaft	
Haushaltswaren	
Übrige	

*Quelle: L. WOLTERS; J. V. MARWICK; K. REGEL; V. LACKNER; B. SCHÄFER

**Quelle: Christoph Lindner, Heike Feldmann
 Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft
 Technische Universität München München 2001 Nr. 162

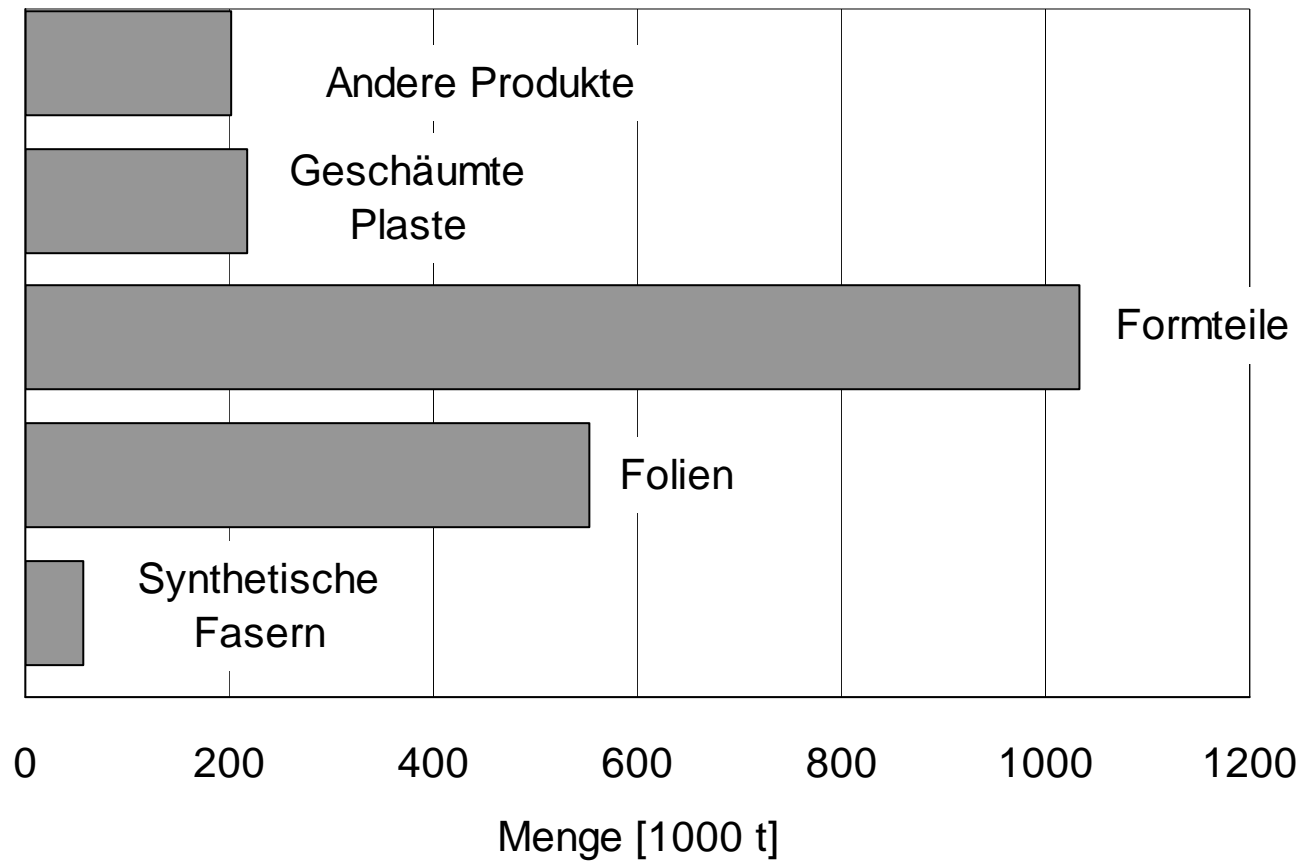
Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Anwendung verschiedener Kunststoffsorten in unterschiedlichen Industriezweigen

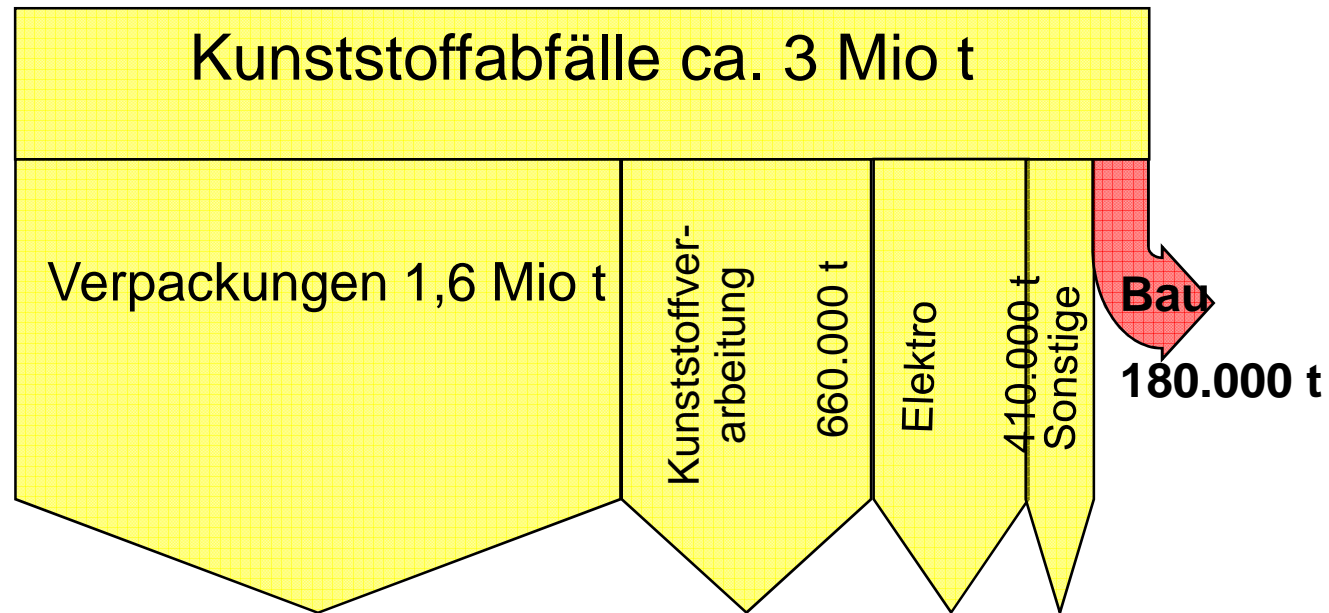


Quelle: Huiting Shent; Pugh, R.J.; Forssberg, E.: „A review of plastics waste recycling and the flotation of Plastics“. Resources, conservation and recycling, 25 (1999), 85-109.

Mengenangaben zu im Bauwesen verwendeten Plasteprodukten pro Jahr



Stoffflussdiagramm für jährlich entstehende Kunststoffabfälle



Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

- Werkstoffliche Verwertung: Altkunststoffe zu Regranulat
- Rohstoffliche Verwertung: Altkunststoffe zu Ölen, Gasen, Wachsen
- Energetische Verwertung: Altkunststoffe als Ersatzbrennstoff

Iststand Entsorgung von Kunststoffabfällen

Werkstoffliche Verwertung 1.120.000 t	Energetische Verwertung 570.000 t	Deponierung 1,3 Mio. t
– 660.000 t Verarbeitung, Produktion	– 150.000 t Bau	
– 100.000 t Bau, Elektro, Auto	– 150.000 t Auto	
– 280.000 t DSD	– 370.000 t Elektro	
– 80.000 t Restliche Verpackungen	– 1.000.000 t Verpackungen	
	– 210.000 t Sonstige	

nach L. WOLTERS; J. V. MARWICK; K. REGEL; V. LACKNER; B. SCHÄFER

- 3 Verwertung von Kunststoffen
 - 3.1 Definitionen und Begriffe
 - 3.2 Eigenschaften des Primärmaterials
 - 3.3 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 3.4 **Eigenschaften von gebrauchten Kunststoffen**
 - 3.5 Verwertungstechnologien und Produkte
 - 3.5.1 Werkstoffliche Verwertung
 - 3.5.2 Rohstoffliche Verwertung
 - 3.5.3 Energetische Verwertung
 - 3.6 PVC-Recycling



Quelle: http://www.basf.de/basf/img/corporate/innovationen/d/praesentiert/mobilitaet/Charts_HrMarcinowski.pdf

Unterscheidung zwischen Kunststoffabfällen
verschiedener Herkunft

Abfälle aus der Herstellung

- Verschnitt oder nicht qualitätsgerechte Erzeugnisse
- Sauber, sortenrein, an wenigen Standorten konzentriert

Abfälle aus der Verarbeitung

- Verschnitt oder nicht qualitätsgerechte Erzeugnisse
- Sauber, sortenrein, an mehreren Standorten

Abfälle aus dem Konsum oder nach der Nutzung

- nicht sauber, vermischt, an vielen Standorten

Eigenschaften von Kunststoffabfälle ergeben sich aus den Eigenschaften der Primärkunststoffe und den während des Gebrauchs eingetretenen Veränderung

Relevante Eigenschaften der Primärkunststoffe

- Verträglichkeit
- Schmelzverhalten
- mech. Eigenschaften
- Alterung

Während des Gebrauchs eingetretene Veränderungen

- Vermischung von Sorten und Typen
- Vermischung mit anderen Stoffen
- Verschmutzung

Verträglichkeit der Einzelkunststoffe

- verträglich
- ◐ beschränkt verträglich
- ◑ in kleinen Mengen verträglich
- nicht verträglich

		Zusatzwerkstoff											
		PE	PVC	PS	PC	PP	PA	POM	SAN	ABS	PBTP	PETP	PMMA
Matrixwerkstoff	Wichtige Konstruktions-Kunststoffe												
	PE	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
	PVC	○	●	○	○	○	○	○	●	●	○	○	●
	PS	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PC	○	◑	○	●	○	○	○	●	●	●	●	●
	PP	◑	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○
	PA	○	○	◑	○	○	●	○	○	○	◑	◑	○
	POM	○	○	○	○	○	○	●	○	○	◑	○	○
	SAN	○	●	○	●	○	○	○	●	●	○	○	●
	ABS	○	●	○	●	○	○	◑	○	●	◑	◑	●
	PBTP	○	○	○	●	○	◑	○	○	◑	●	○	○
	PETP	○	○	◑	●	○	◑	○	○	◑	○	●	○
PMMA	○	●	◑	●	○	○	◑	●	●	○	○	●	

Günter Röhrs
Umweltgerechtes Entwickeln und Konstruieren elektronischer und feinwerktechnischer Geräte
Vorlesungskript TU Dresden
http://www.tu-dresden.de/etifwt/wwwroot/lehre/recycling_konstr/umweltg_entwickeIn.pdf

Werkstoffliche Verwertung von Altkunststoff erfordert mindestens die während der Nutzung eingetretenen Veränderungen zu eliminieren.

Erforderliche Verfahrensschritte sind

- Korngrößenreduktion durch Zerkleinerung
- Reinigung durch Wäsche
- Aussortierung von Fremdstoffen
- Sortierung nach Kunststoffensorten

Der verfahrenstechnische Aufwand bestimmt die Qualität der erzeugten Recyclate!

- 3 Verwertung von Kunststoffen
 - 3.1 Definitionen und Begriffe
 - 3.2 Eigenschaften des Primärmaterials
 - 3.3 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 3.4 Eigenschaften von gebrauchten Kunststoffen
 - 3.5 **Verwertungstechnologien und Produkte**
 - 3.5.1 **Werkstoffliche Verwertung**
 - 3.5.2 Rohstoffliche Verwertung
 - 3.5.3 Energetische Verwertung
 - 3.6 PVC-Recycling

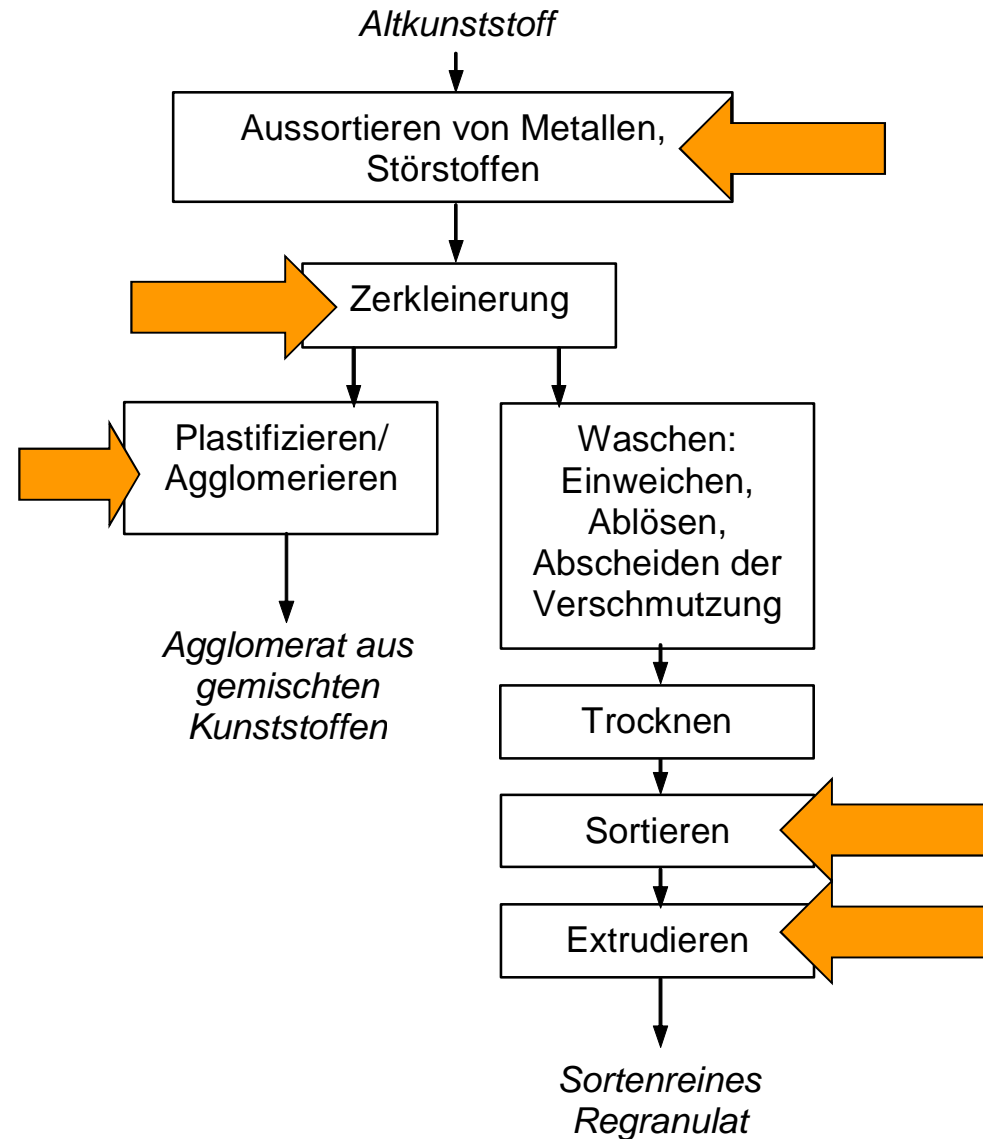


Quelle: http://www.basf.de/basf/img/corporate/innovationen/d/praesentiert/mobilitaet/Charts_HrMarcinowski.pdf

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Werkstoffliche Verwertung
von Altkunststoff

Verfahrensschema zur
Herstellung sauberer und
sortenreiner Kunststoff-
granulate



Zerkleinerung von Kunststoffen

Zerkleinerung ist Voraussetzung für die nachfolgenden Behandlungsverfahren. Ziele sind

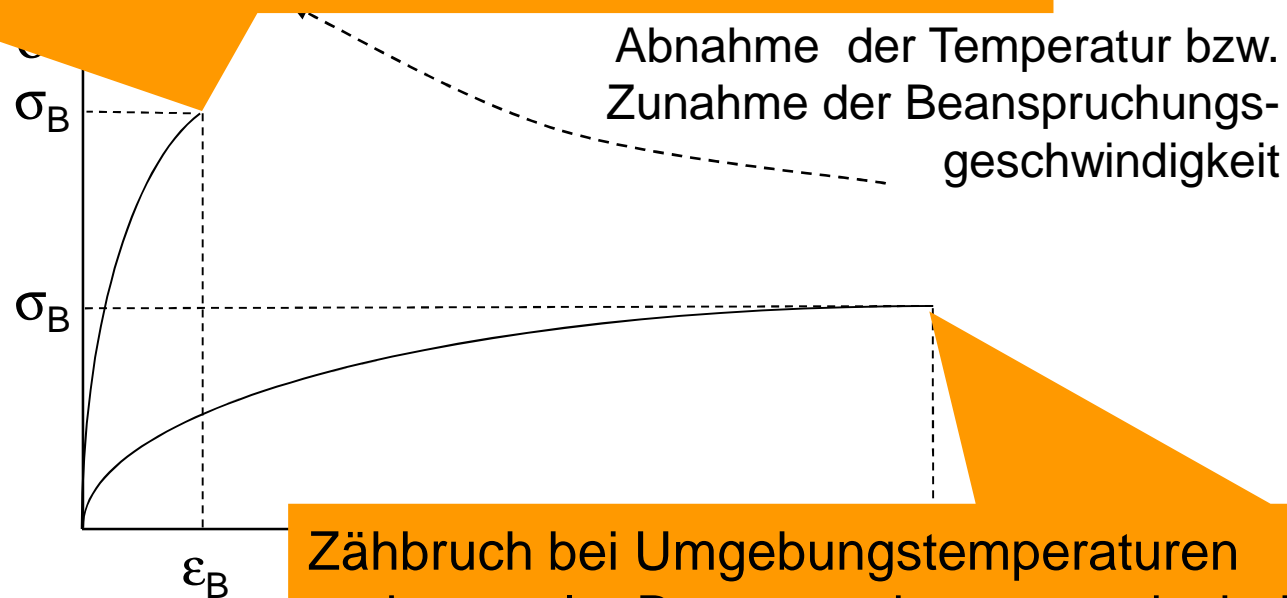
- Erzeugen einer geeigneten, gleichmäßigen Kornverteilung
- Aufschluss von Hohlräumen und gebundenen Fremdstoffen

Kunststoffe zeigen inelastisches Verformungsverhalten. Zerkleinerungsverhalten hängt von der Temperatur und der Beanspruchungsgeschwindigkeit ab. Deshalb müssen bei Kunststoffzerkleinerung andere oder modifizierte Beanspruchungsarten im Vergleich zu mineralischen Stoffen zur Anwendung kommen.

Zerkleinerung von Kunststoffen

Abhängigkeit des Spannungs-Dehnungs-Diagramms von Kunststoffen von der Temperatur und der Beanspruchungsgeschwindigkeit

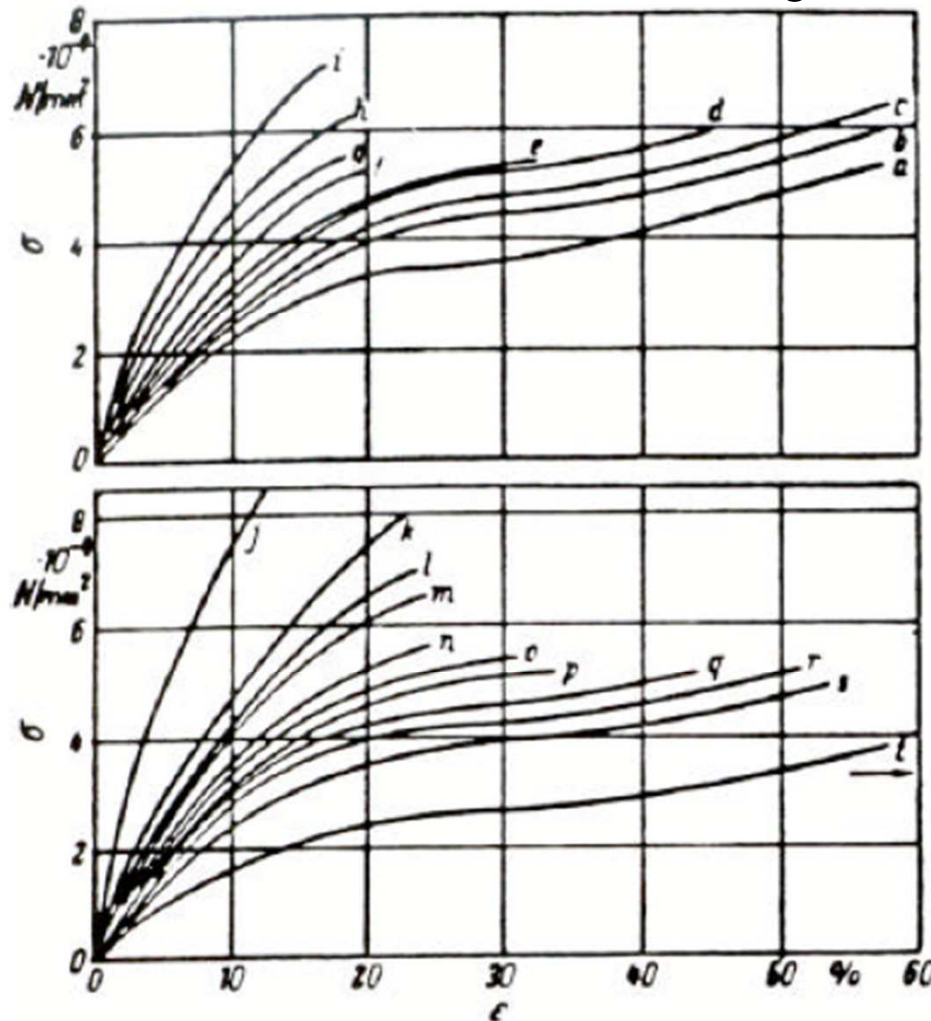
Sprödbbruch
durch Kühlung des Materials vor der Zerkleinerung oder durch hohe Beanspruchungsgeschwindigkeit



Zähbruch bei Umgebungstemperaturen und normaler Beanspruchungsgeschwindigkeit

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Abhängigkeit der Spannungs-Dehnungs-Kurven von modifiziertem PP von Dehngeschwindigkeit und Temperatur

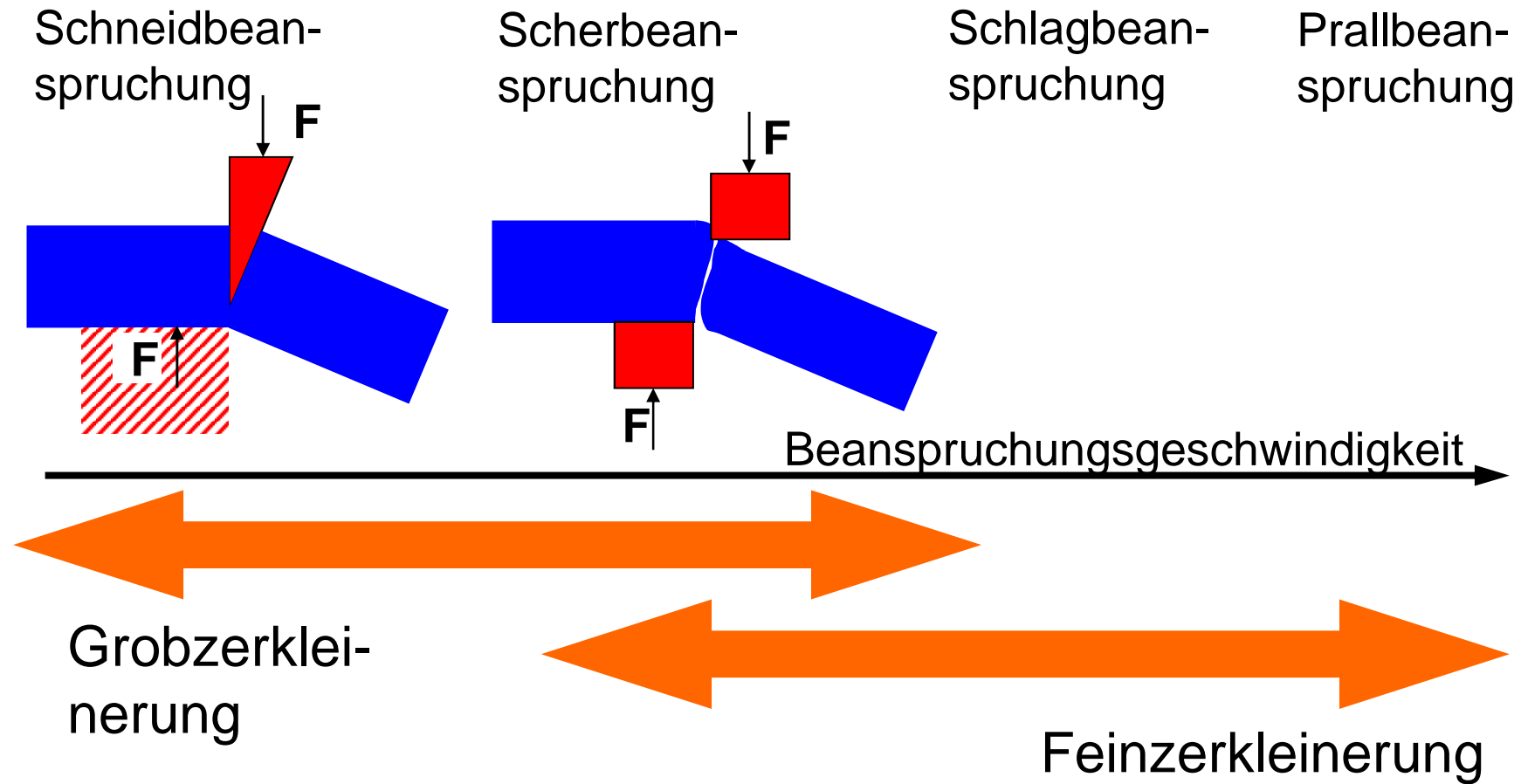


a - i: Zunahme der Dehngeschwindigkeit von 0,33 %/s bis 49000 %/s bei 20 °C

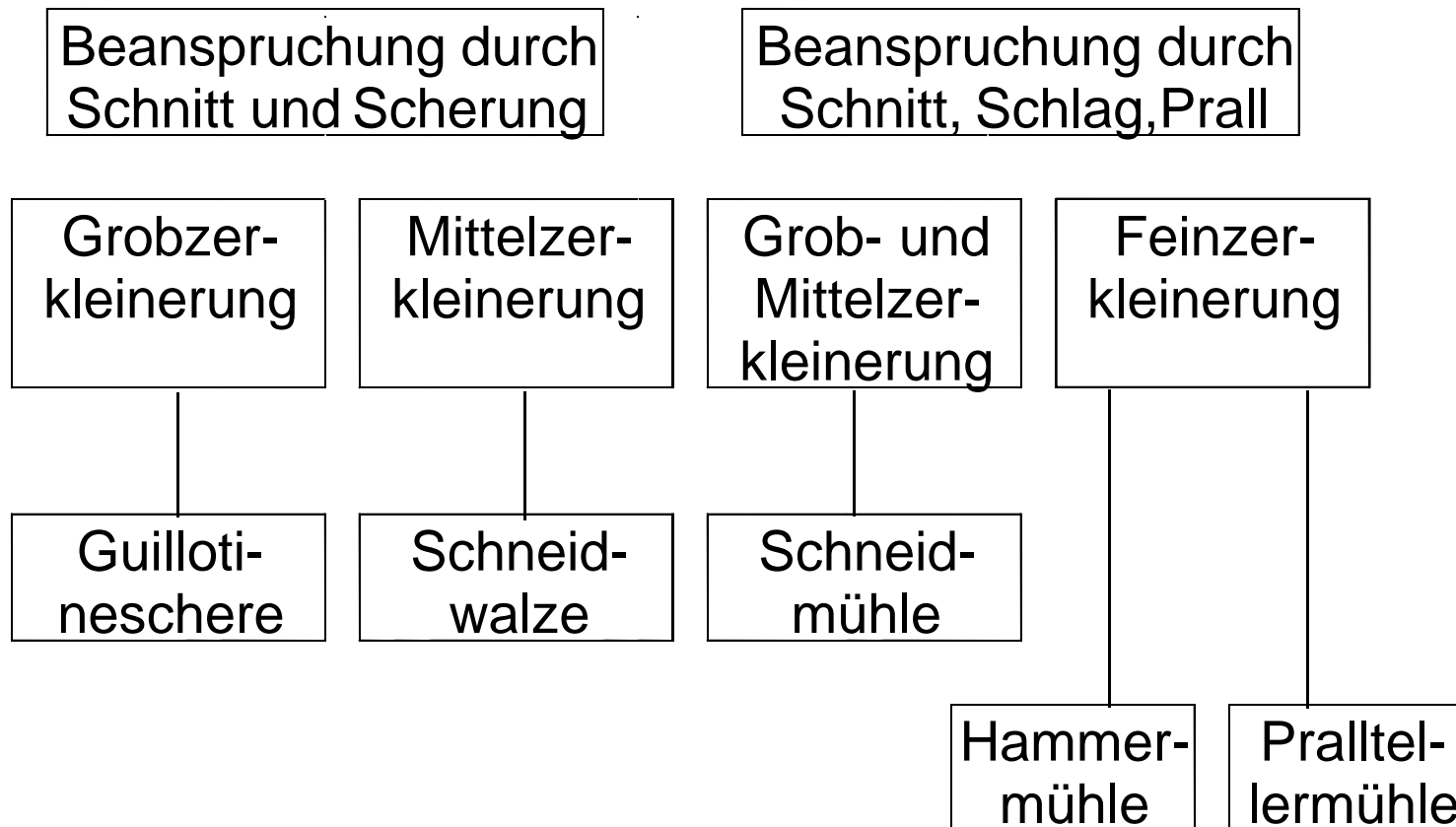
j - t: Zunahme der Temperatur von -183 °C bis +35 °C bei einer Dehngeschwindigkeit von 0,65 %/s

Beton: Spannung 100 N/mm²;
 Dehnung 0,1 %

Beanspruchungsarten



Überblick zu Zerkleinerungsverfahren für Kunststoffe



Maschinenarten für die Grobzerkleinerung und Beispiele für zerkleinerte Materialien

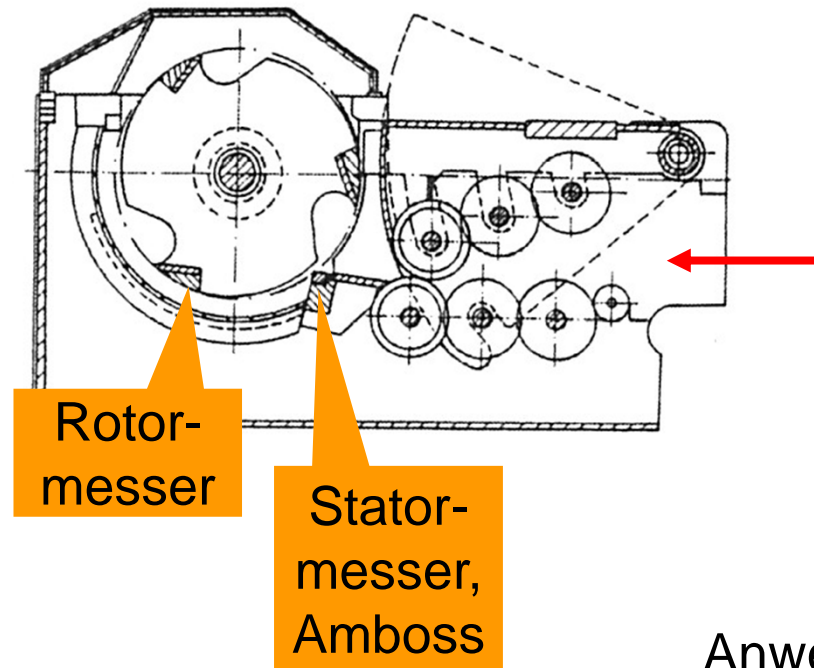
Guillotinescheren, Alligatorscheren

Anwendungsgebiete für Guillotine-
scheren und Alligatorscheren:
Schrotte, Textilabfälle

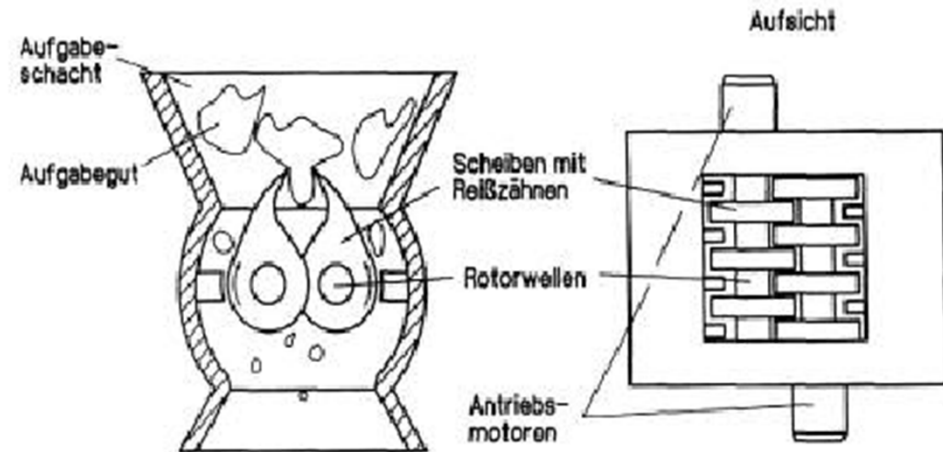


Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Shredder mit Zwangszuführung



Schneidwalzenzerkleinerer



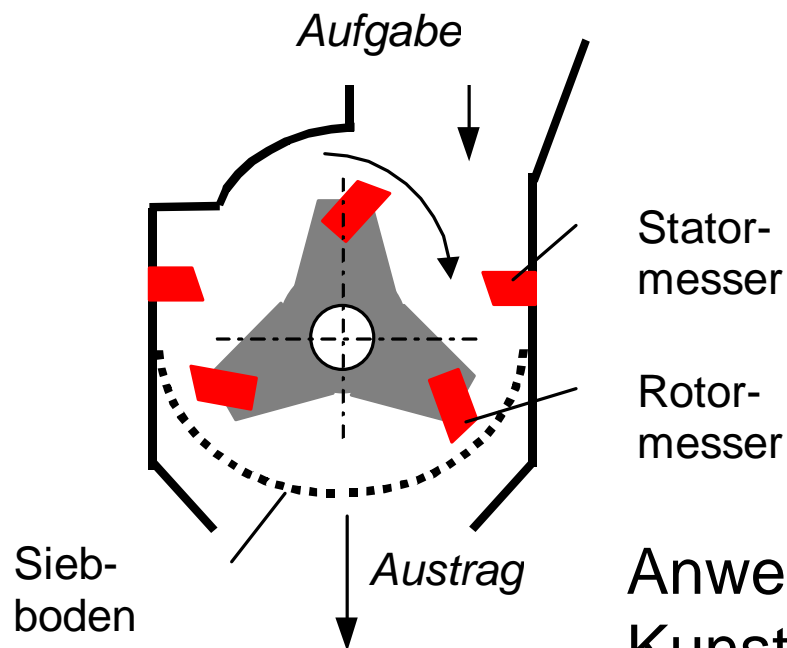
Quelle: TVollmarS9804.pdf

Quelle: Schubert, G. „Zerkleinerungstechnik für nicht-spröde Abfälle und Schrotte“ Aufbereitungstechnik 43 (2002) Nr.9, S.6-23

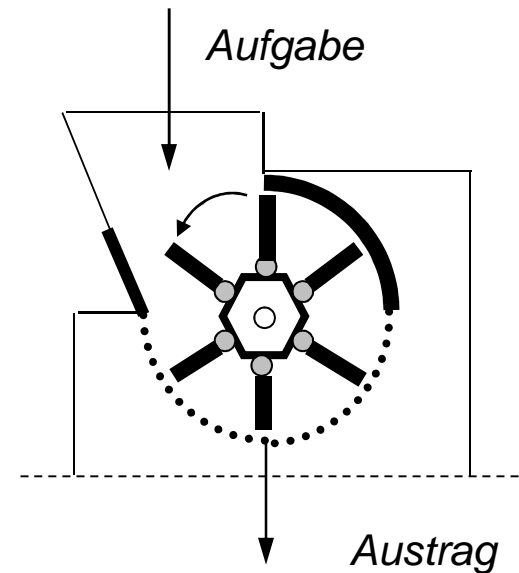
Anwendungsgebiete für Shredder, Schneidwalzenzerkleinerer, Rotorscheren:
 Sperrmüll, Holzabfälle, Altreifen, PKW- und Aluminiumschrotte, Sperrmüll, Hausmüll, Holz

Maschinenarten für die Mittelzerkleinerung und Beispiele für zerkleinerte Materialien

Schema Schneidmühle / Shredder



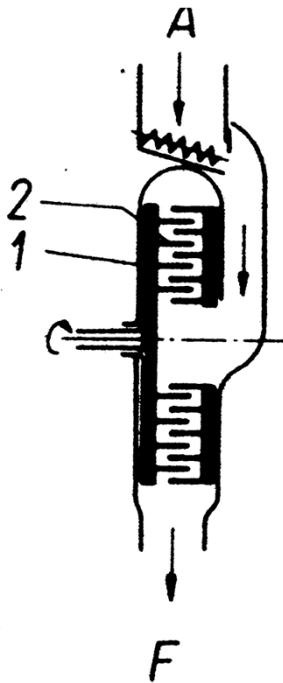
Hammermühle



Anwendungsgebiete für Schneidmühlen:
Kunststoffe, Holz

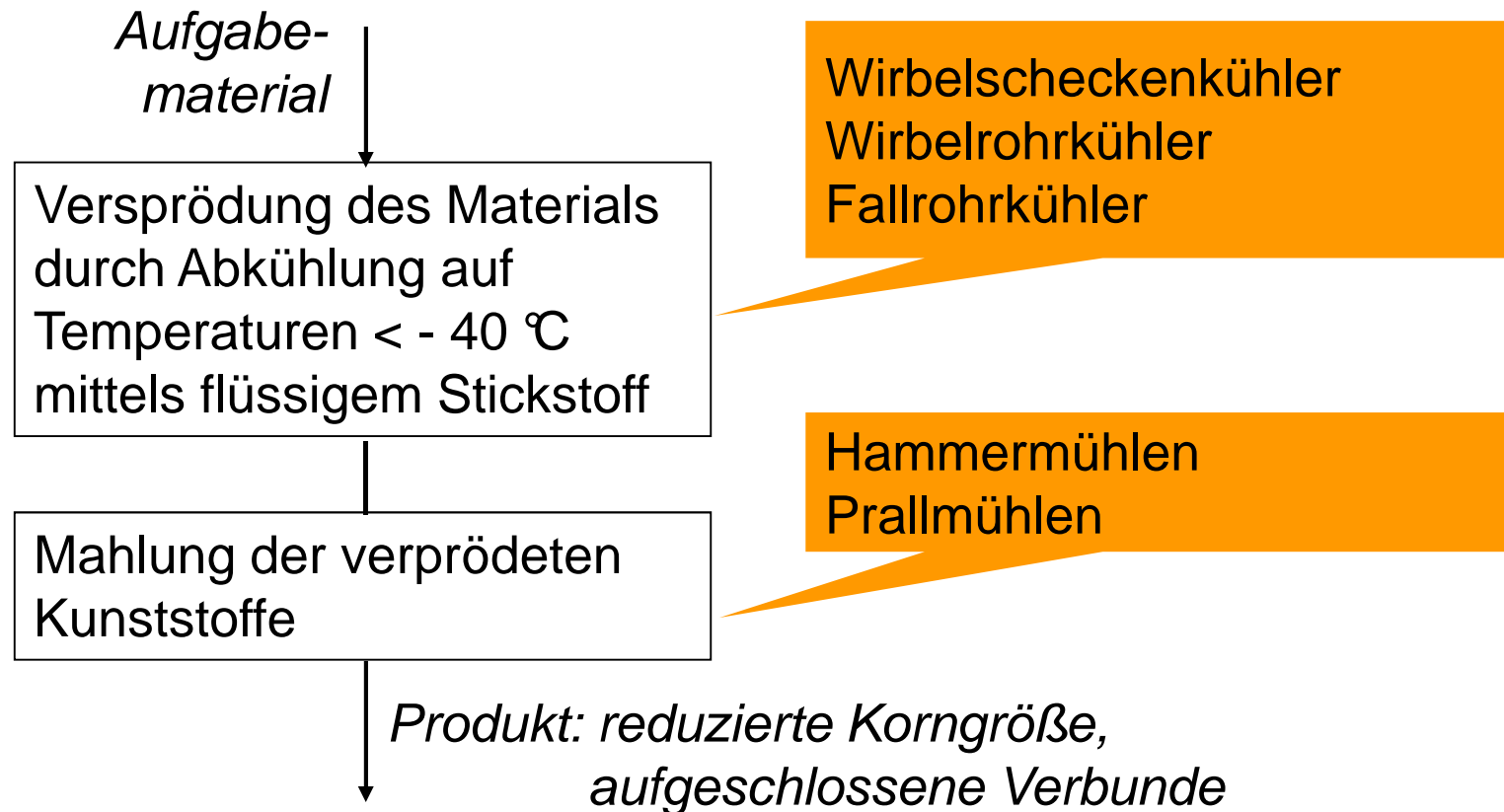
Maschinenarten für die Feinzerkleinerung

Schlagkreuzmühlen,
Zahnscheibenmühlen,
Stiftmühlen



Feinzerkleinerung von Kunststoffen durch Kryomahlung

Einsatz bei Zerkleinerung von verunreinigten Thermoplasten, bei der Gummizerkleinerung

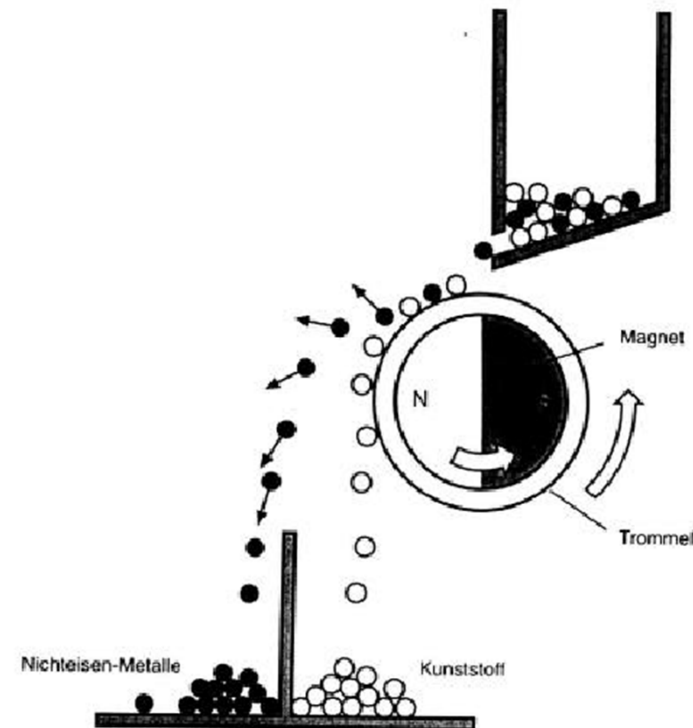


Aussortierung von Fremdstoffen

Magnetscheider zur Abscheidung ferromagnetische Metalle oder Legierungen

Wirbelstromscheider zur kontinuierlichen Abtrennung der NE-Metalle

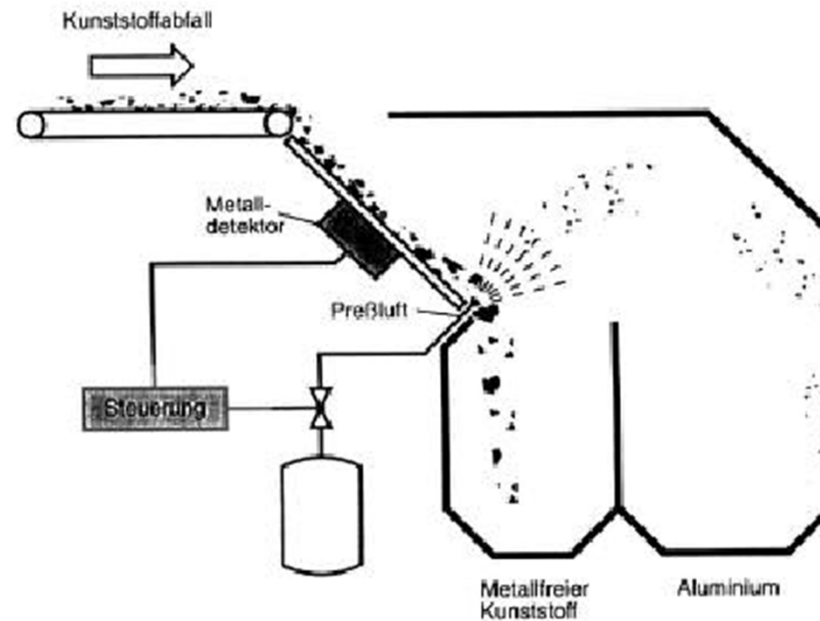
Schnellumlaufende Magnetrolle induziert in Nichteisenmetallen Wirbelströme. Jeder Wirbelstrom erzeugt ein Magnetfeld in entgegengesetzter Richtung. Dadurch werden die NE-Metalle am Förderbandabwurf weggestoßen.



Quelle: T.Vollmar

Metallsuchgeräte zur kontinuierlichen Abtrennung von Fe- und NE-Metalle

Abfälle werden durch das Feld einer Induktionsschleife geführt. Metallteile bewirken Feldverluste als Folge von Wirbelströmen. Feldverluste werden in ein elektrisches Schaltsignal umgesetzt, das Abscheidenvorrichtungen wie Weichen, Pendelrohre und Preßluftinjektoren steuert.



Sortierung von Kunststoffsorten

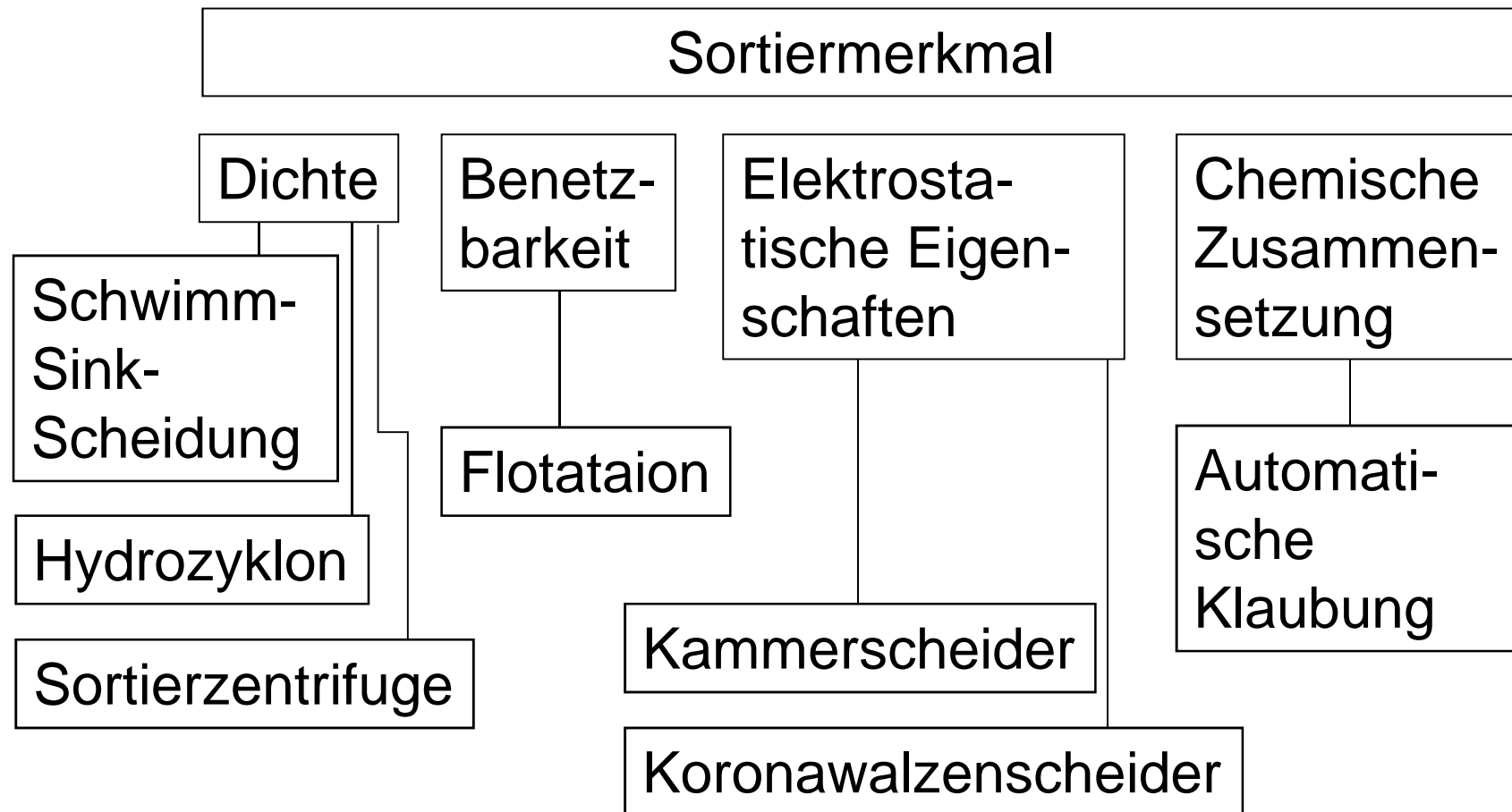
Sortiermerkmale von Kunststoffen sind:

- Dichte

	Dichte [g/cm ³]
Polypropylen (PP)	0,90 - 0,91
Polyethylen (PE)	0,91 - 0,96
Polystyrol (PS)	1,05-1,10
Polyvenylchlorid (PVC)	1,20 - 1,53
Polyethylenphthalat (PET)	1,37
Polyurethan (PUR)	1,15-1,23

- Benetzbarkeit
- elektrostatische Eigenschaften
- chemische Zusammensetzung, detektiert durch
 - Pyrolyse-Massenspektroskopie
 - Röntgenfluoreszenz
 - FT-NIR (Reflexionsspektroskopie im nahen Infrarot)
 - FT-IR (Reflexionsspektroskopie im mittleren Infrarot)

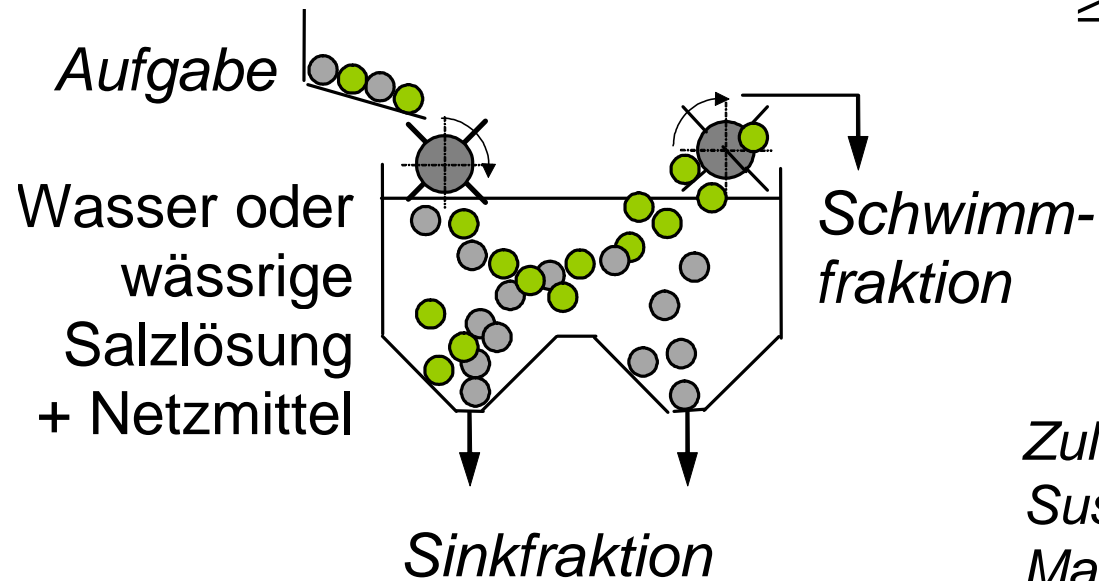
Überblick zu Sortierverfahren für Kunststoffe



Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

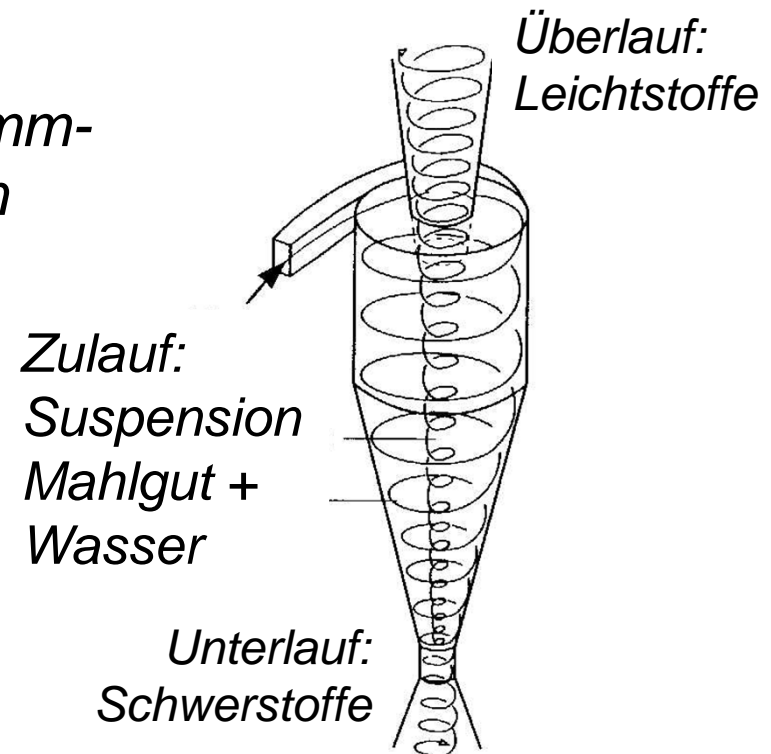
Schwimm-Sink-Scheidung

- hauptsächlich für Polyolefine



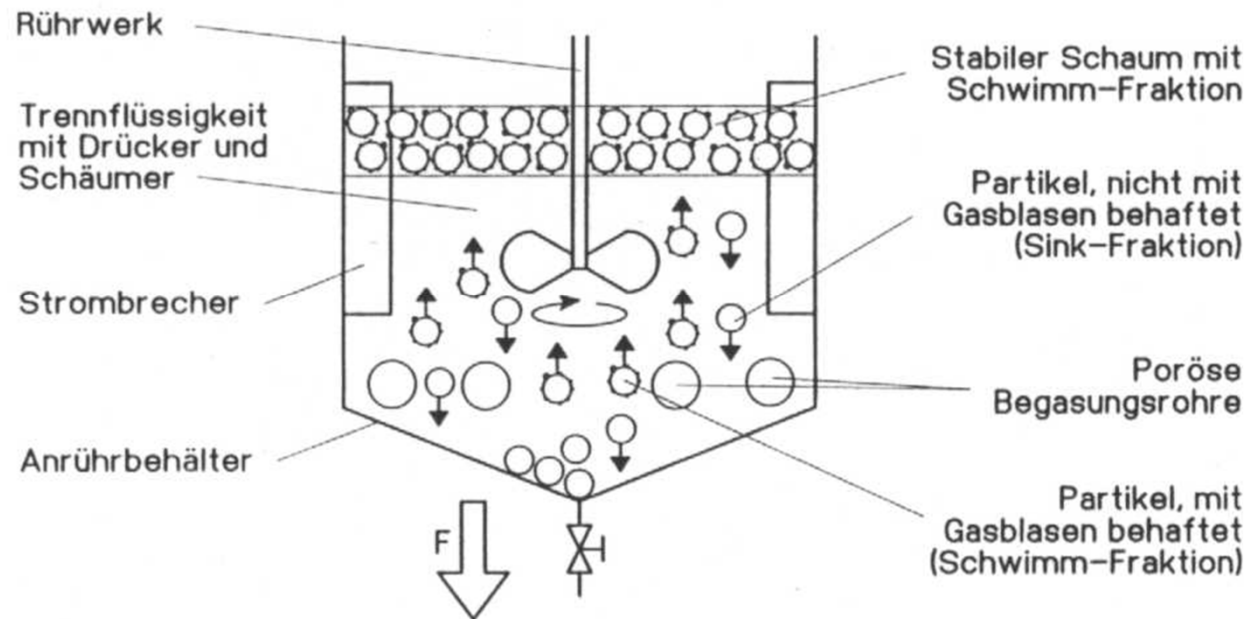
Hydrozyklon

- für Kunststoffsorten mit Dichteunterschieden $\geq 0,1 \text{ kg/dm}^3$



Flotation

Sammler setzen
 Benetzbarkeit herab
 Drücker erhöhen die
 Benetzbarkeit
 Schäumer bilden
 tragfähigen Schaum



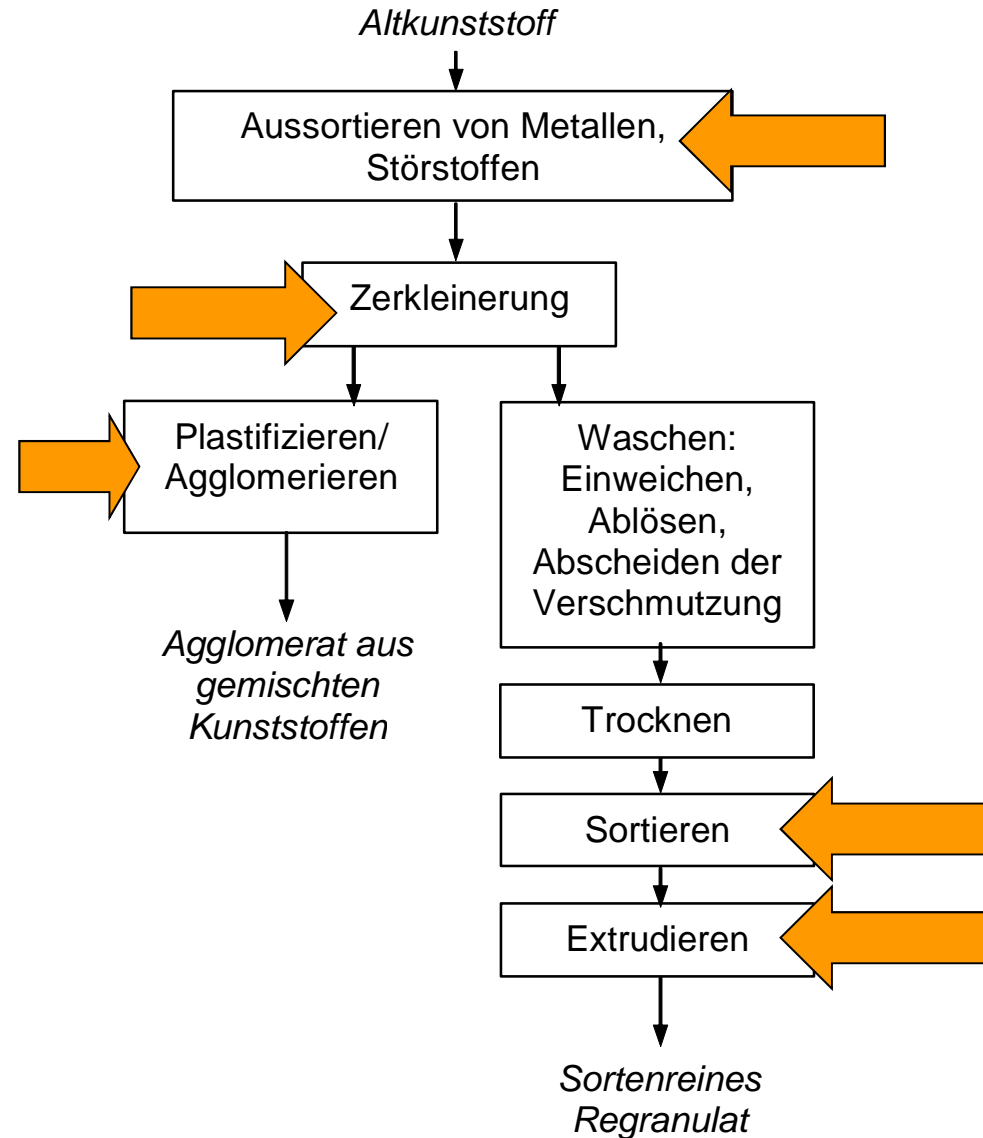
Handklaubung / automatische Klaubung

Ausleseverfahren z.B. mit NIR- Detektoren (NIR= nahes Infrarot).
 Identifizierung unterschiedlicher Kunststoffsorten anhand der
 aufgenommenen Spektren. Abscheidung mittels Druckluftimpulsen.

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Weitere Verfahrensschritte:

Waschen, Trocknen



Agglomerieren

Ziel: höhere Schüttdichte und

Vorgehensweise: Kunststoff
flächliches Anschmelzen mit

Pressagglomeration

- Kunststoffpartikel werden von Walze erfasst und durch eine Lochscheibe hindurchgedrückt.
- Anschmelzen der Oberflächen durch Reibung und Scherung im Walzenspalt und im Siebloch
- Agglomerate treten als Strang aus und werden von einem Messer in zylinderförmige Presslinge geschnitten

Qualitätsanforderungen an Agglomerate entsprechend DKR (Deutsche Gesellschaft für Kunststoff-Recycling mbH)

Korngröße < 10 mm

Restfeuchte < 1,0 Masse-%

Chlorgehalt < 2,0 Masse-%

Schüttgewicht > 300 kg/m³

Aschegehalt < 4,5 Masse-%

Metallgehalt < 3,0 Masse-%

Erweichen erhitzt.

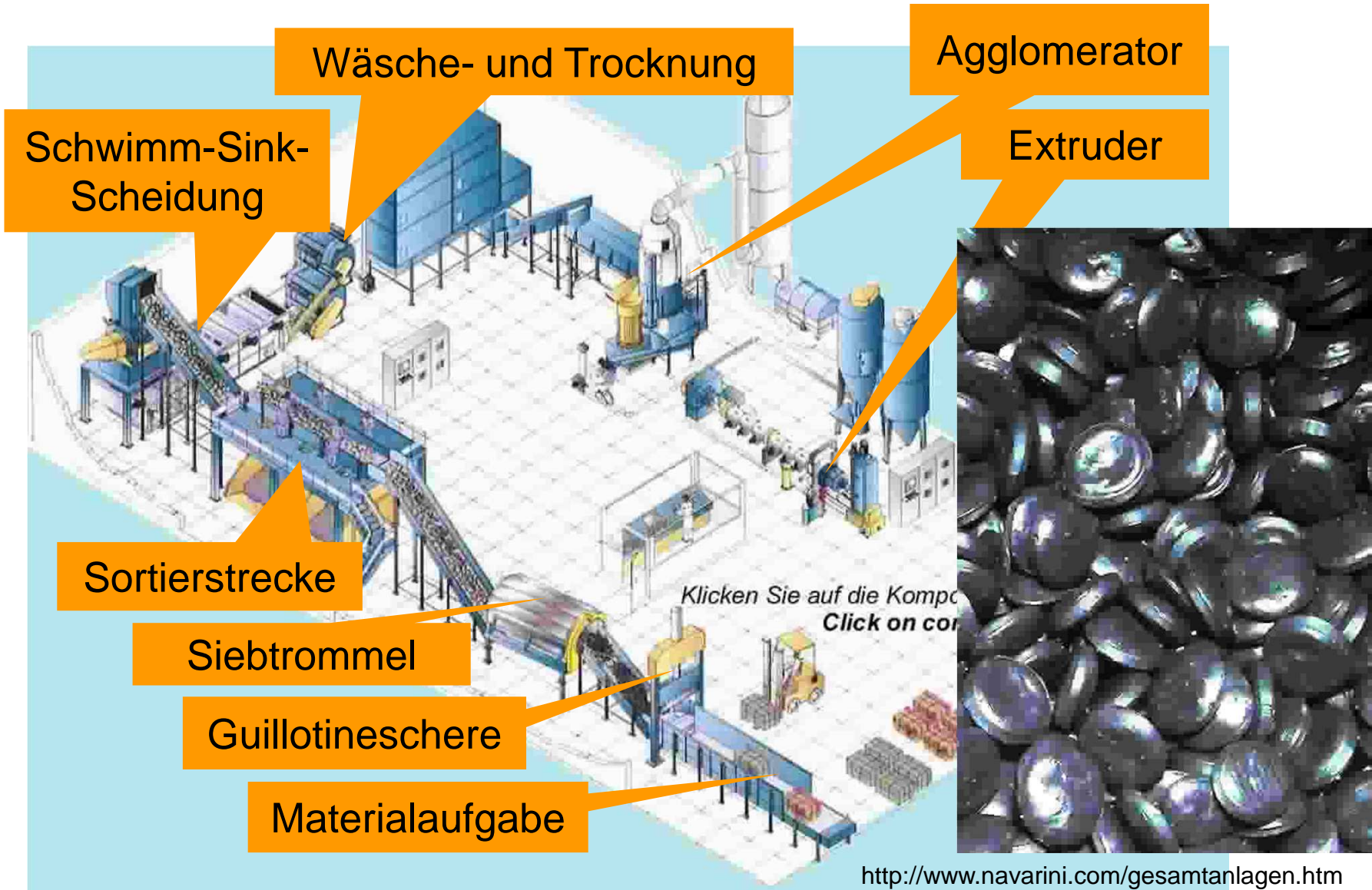
- Anschließend durch schlagartige Abkühlung mittels Eindüsen von Wasser Bildung von Agglomeraten

Regranulieren

Ziel: höhere Schüttdichte und einheitliche Kornform, zusätzlich Homogenisierung und Reinigung infolge Schmelzfiltration.

Vorgehensweise: Kunststoffpartikel werden in einem Extruder geschmolzen, zu einem Strang ausgeformt und anschließend durch einen Heiß- oder Kaltabschlag zu Granulat umgeformt.

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff



Eigenschaften von RC-Produkten aus Altkunststoffen

Beispiel für die Eigenschaften eines Produkts aus zwei Kunststoffsorten



Ausgangsstoffe		HDPE/PP	HDPE/LDPE
Biegefestigkeit	[MPa]	25	29
E-Modul	[MPa]	900	950
Druckfestigkeit	[MPa]	20	22
Schlagzähigkeit	[kJ/m ²]	36	41
Dichte	[kg/m ³]	920	930
Wärmeleitfähigkeit	[W/m ² K]	0,263	0,271

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Rückgang der mechanischen, chemischen und thermischen Eigenschaften von Kunststoffen aus sortenreinen Recyclaten infolge

- physikalischer und chemischer Alterung → Veränderung von Molmasse, Verzweigungsgrad, Farbe, Kristallinität
- undefiniertem Gehalt an Stabilisatoren → Veränderung durch Verbrauch, Zersetzung, Vermischung

Zusätzliche Einflüsse bei Kunststoffgemischen

- Mangelnde Verträglichkeit der Kunststoffsorten

Produkte aus Altkunststoffen werden genutzt

- im Garten- und Landschaftsbau
- im Hoch-, Tief- und Straßenbau
- im Wasserbau
- in der Landwirtschaft

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Behälter und Paletten

Kübel, Baueimer



Behälter für Flüssig- oder Streuprodukte, bis 60 Grad Celsius hitzebeständig, verschiedene Farben, pflegeleicht, recyceltes PE.

Lagerboxen



Lagerboxen für verschiedenste Materialien in unterschiedlichen Abmessungen, zum platzsparenden Stapeln während des Transports oder im Lager, recyceltes PE.

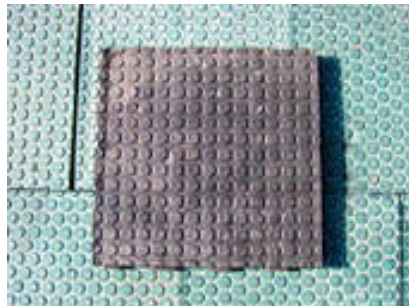
Stapelpaletten



Palette mit neun Füßen, für Lagerung und Transport, stapel- und mehrfach unterfahrbar, verschiedene Farben, recyceltes PE/PP.

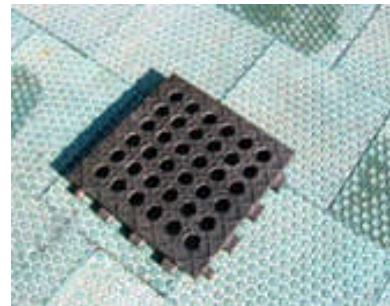
Bodenbefestigungen

Noppenplatten



Platten mit Noppenoberfläche und Montagezapfen, für Hallen- und Parkplatzböden, Gehwegbefestigungen etc., leicht elastisch, bruchfest, hitze- und kältebeständig, recyceltes PE/PP.

Gitterblöcke



Gitterplatten mit Montagezapfen, als temporärer Bodenbelag einsetzbar, natürliche Versickerung gewährleistet, sehr belastbar, bruchfest, hitze- und kältebeständig, recyceltes PE/PP.

Pflaster“steine“



Als Bodenbelag für Strassen, Zufahrten oder Parkplätze, bis 40 t belastbar bei einer Masse von 1520 g/Stk., leicht zu verlegen, bruchfest, hitze- und kältebeständig, recyceltes PE/PP.

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Baubereich

Dachdeckung



Dachsteine mit einer garantierten Haltbarkeit von 50 Jahren, algenresistent, bruchfest, verformungs- und verwitterungsbeständig, UV-stabil, sehr gute Wärme- und Schalldämmung, verschiedene Farben, recycelter Kunststoff.

Profile



Abstandhalter für Bewehrungen in der Betonschalung in variablen Querschnitten und Längen, U- und H-Stanzungen möglich, PVC-Mahlgut aus Produktionsabfällen der kunststoffverarbeitenden Industrie.

Rohre, Hülsen



Drucklose Rohre als Rohrleitung für Regenwasser, Abwasser oder Isolierung von Heißwasserleitungen, auch Fittings, Kabelschutzrohre und Hüllrohre, u.a. aus post-consumer Joghurtbecher-Mahlgut aus den Sammlungen des DSD.

Landschaftsbau

Wasserbau



Uferbefestigungen, Wellenbrecher, auch Pfähle, Platten, Bootsstege etc., chemisch resistent, verrottungsfrei, elastisch und mechanisch hoch belastbar, formstabil, wartungsfrei und biologisch inaktiv, recycelter Kunststoff.

Lärm- und Sichtschutzwände



Lärm- und Sichtschutzwände zur Landschaftsgestaltung, einfache Montage durch relativ geringe Masse der Einzelteile, formstabil, resistent gegen Witterungseinflüsse, bepflanztbar, recycelter Kunststoff.

Brettprofile



Brettprofile für den Koppel-, Zaun-, Geländer- und Torbau, einfache Pflege und lange Haltbarkeit ohne Imprägnierung, mit Heißdampf zu reinigen, feuchtigkeitsabweisend und frostbeständig, recycelter Kunststoff.

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Sportanlagen

Sportböden



Sportböden als Dämm- und Elastikunterlage unter punktelastische, strapazierte Böden, in Sporthallen, auf Spiel- und Sportplätzen oder Pausenhöfen, schalldämmend, sturzdämpfend, langlebig, widerstandsfähig, gute Ballsprungeigenschaften, leicht verlegbar, gute Drainage, recycelte Gummi- und EPDM-Farbgranulate.

Skisprunganlagen



Belag für den Aufsprunghang, der sich an das Schanzenprofil angleicht und somit in Verbindung mit der stabilen Seitenpressverschraubung jede seitliche Verformung verhindert, Material: Kunststoff-Spezialbretter mit umlaufender Nut und Feder aus „Relumat 2000“.

Pferdesport

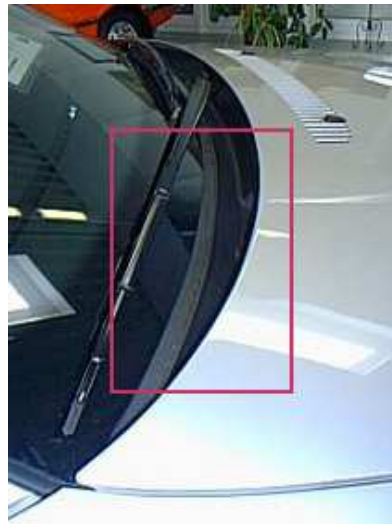


Hindernissockel im Pferdesportbereich, witterungsunempfindlich, durch abgerundete Kanten ungefährlich für Pferd und Reiter, wartungsfrei, fester und sicherer Stand, leichte Handhabung, Gewicht: 16,5 kg, Material: recycelte Kabel-Isolier- und Mantelstoffe.

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Autoindustrie

Windlauf



Gute Witterungsstabilität, gutes Fließvermögen, Material: Thermolast K+ PP.

Lüfterklappen



Temperaturbeständig, Dichtung gegen Leckluft, Material: Thermolast K + PP TV20.

Dichtungen Blinkerscheiben



Haftung auf PMMA, witterungsbeständig, Material: Thermolast K auf PMMA.

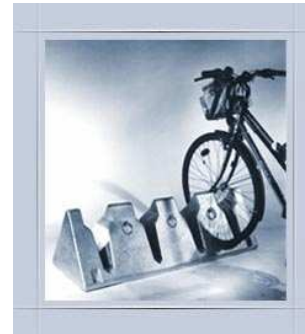
Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Haus und Garten

Komposter



Fahrradständer



Bänke



Abfallkörbe



Sandkästen



Blumenkübel



- 3 Verwertung von Kunststoffen
 - 3.1 Definitionen und Begriffe
 - 3.2 Eigenschaften des Primärmaterials
 - 3.3 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 3.4 Eigenschaften von gebrauchten Kunststoffen
 - 3.5 Verwertungstechnologien und Produkte
 - 3.5.1 Werkstoffliche Verwertung
 - 3.5.2 Rohstoffliche Verwertung**
 - 3.5.3 Energetische Verwertung
 - 3.6 PVC-Recycling



Quelle: http://www.basf.de/basf/img/corporate/innovationen/d/praesentiert/mobilitaet/Charts_HrMarcinowski.pdf

Hydrierung

Spaltung der Kunststoffe bei hoher Temperatur und hohem Druck in Anwesenheit von Wasserstoff.

Endprodukt → erdölähnliches Ölgemisch

Hydrolyse

Spaltung mit Hilfe von Wasserdampf bei hoher Temperatur und unter hohem Druck.

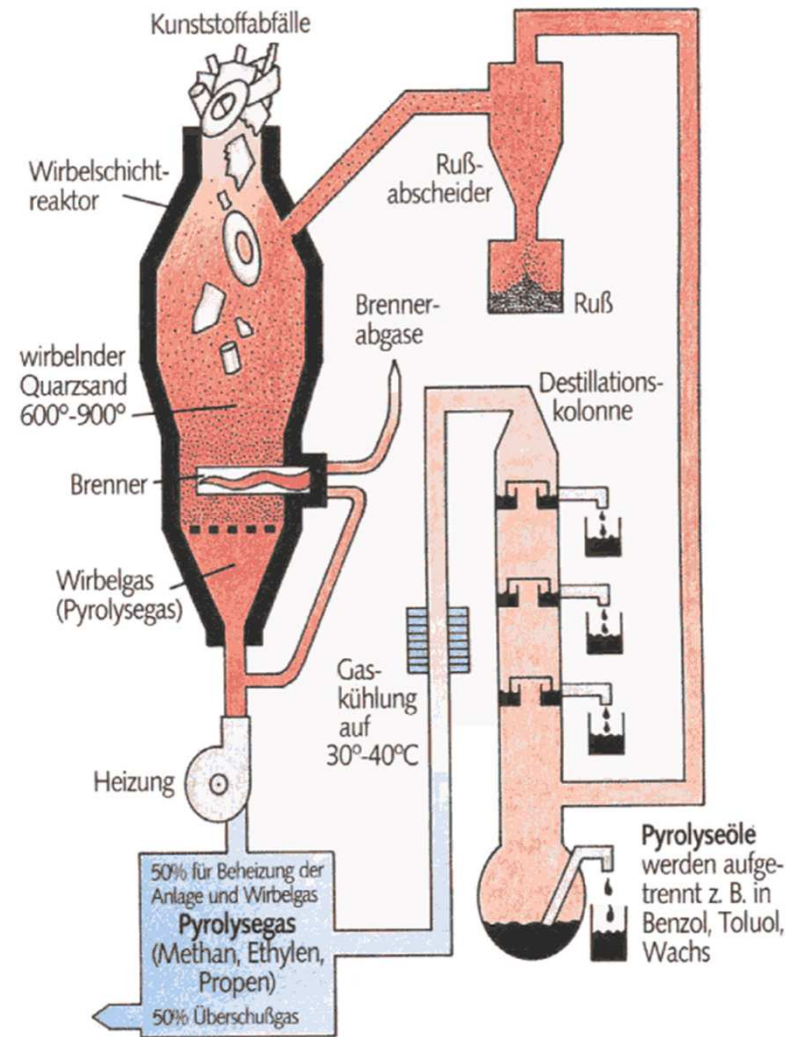
Endprodukt → Monomere

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Pyrolyse

Spaltung der Kunststoffe durch Hitzeeinwirkung (400-800 C) unter Luft- (Sauerstoff-)abschluss
 Endprodukte → Gase, Öle und ein fester Reststoff

Einsatz im Hochofen
 Erzeugung von Reduktionsgas



- 3 Verwertung von Kunststoffen
 - 3.1 Definitionen und Begriffe
 - 3.2 Eigenschaften des Primärmaterials
 - 3.3 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 3.4 Eigenschaften von gebrauchten Kunststoffen
 - 3.5 Verwertungstechnologien und Produkte
 - 3.5.1 Werkstoffliche Verwertung
 - 3.5.2 Rohstoffliche Verwertung
 - 3.5.3 Energetische Verwertung**
 - 3.6 PVC-Recycling



Quelle: http://www.basf.de/basf/img/corporate/innovationen/d/praesentiert/mobilitaet/Charts_HrMarcinowski.pdf

Energetische Verwertung basiert auf den hohen Heizwerten von Kunststoffen.

Polystyrol 46.000 kJ/kg

Polyethylen 46.000 kJ/kg

Polyvinylchlorid 18.900 kJ/kg

Dazu im Vergleich:

Holz 16.000 kJ/kg

Heizöl 44.000 kJ/kg

Papier 16.800 kJ/kg

Auch für die energetische Verwertung ist eine vorherige Aufbereitung erforderlich zur Erzielung einer Vergleichmäßigung, höherer Schüttdichten und besserer Handhabbarkeit.

- 3 Verwertung von Kunststoffen
 - 3.1 Definitionen und Begriffe
 - 3.2 Eigenschaften des Primärmaterials
 - 3.3 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 3.4 Eigenschaften von gebrauchten Kunststoffen
 - 3.5 Verwertungstechnologien und Produkte
 - 3.5.1 Werkstoffliche Verwertung
 - 3.5.2 Rohstoffliche Verwertung
 - 3.5.3 Energetische Verwertung
 - 3.6 PVC-Recycling**



Quelle: http://www.basf.de/basf/img/corporate/innovationen/d/praesentiert/mobilitaet/Charts_HrMarcinowski.pdf

Properties of PVC

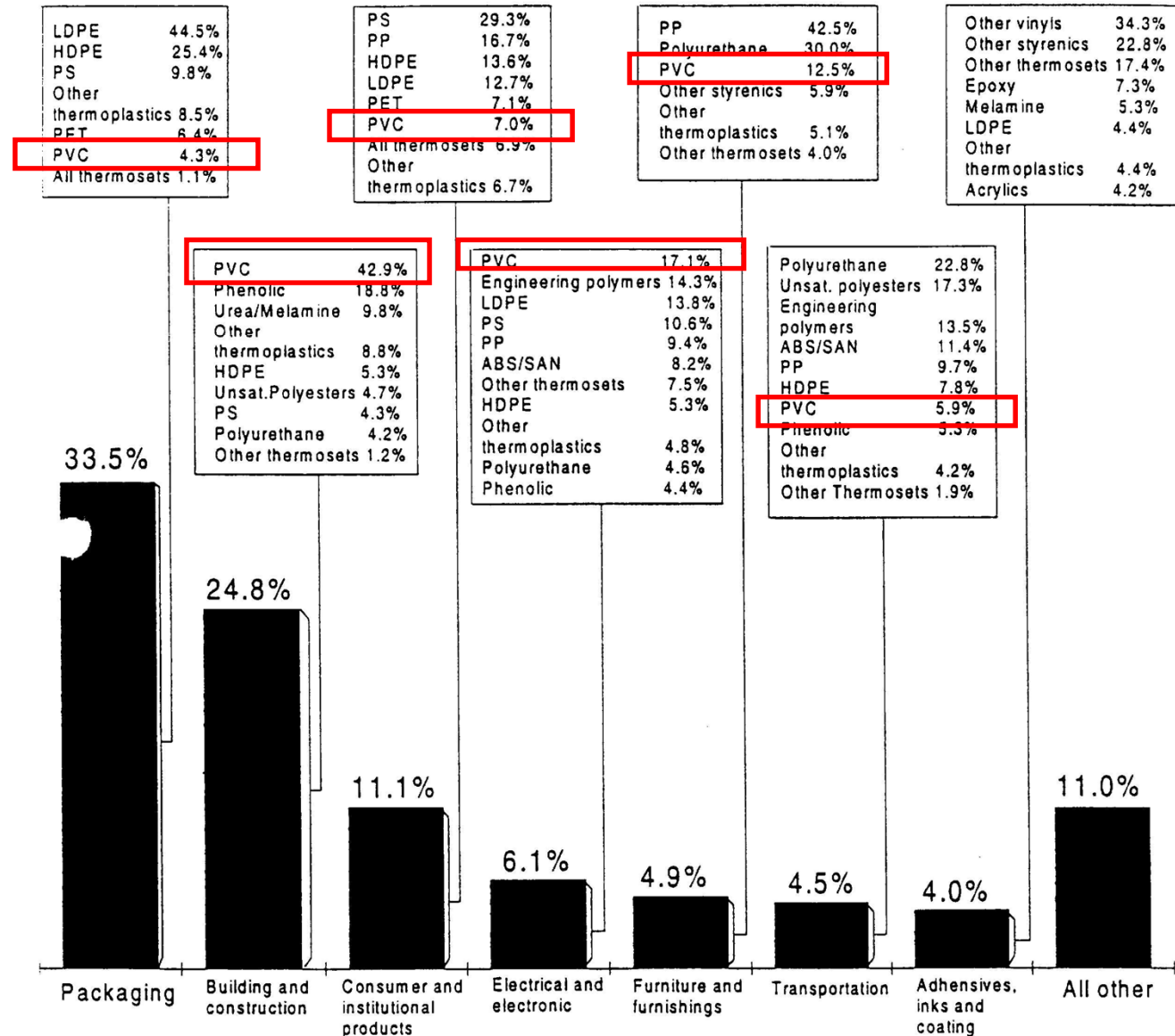
- C, H, > 50 % Cl
- + stabilisators, softening agents, filler, pigments
- density von 1,38 bis 1,4 g/cm³,
- at 20 °C elastic, at 74 bis 79 °C plastoelastic behavior,
- temperature of viscous flow at 170 °C, temperature of dissociation 230 °C,
- bad inflammable, but burnable in flame

Productions of PVC in construction

- PVC pipes
- PVC floor covering, roofing material
- window frames

Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

PVC-Anwendung in unterschiedlichen Industriezweigen



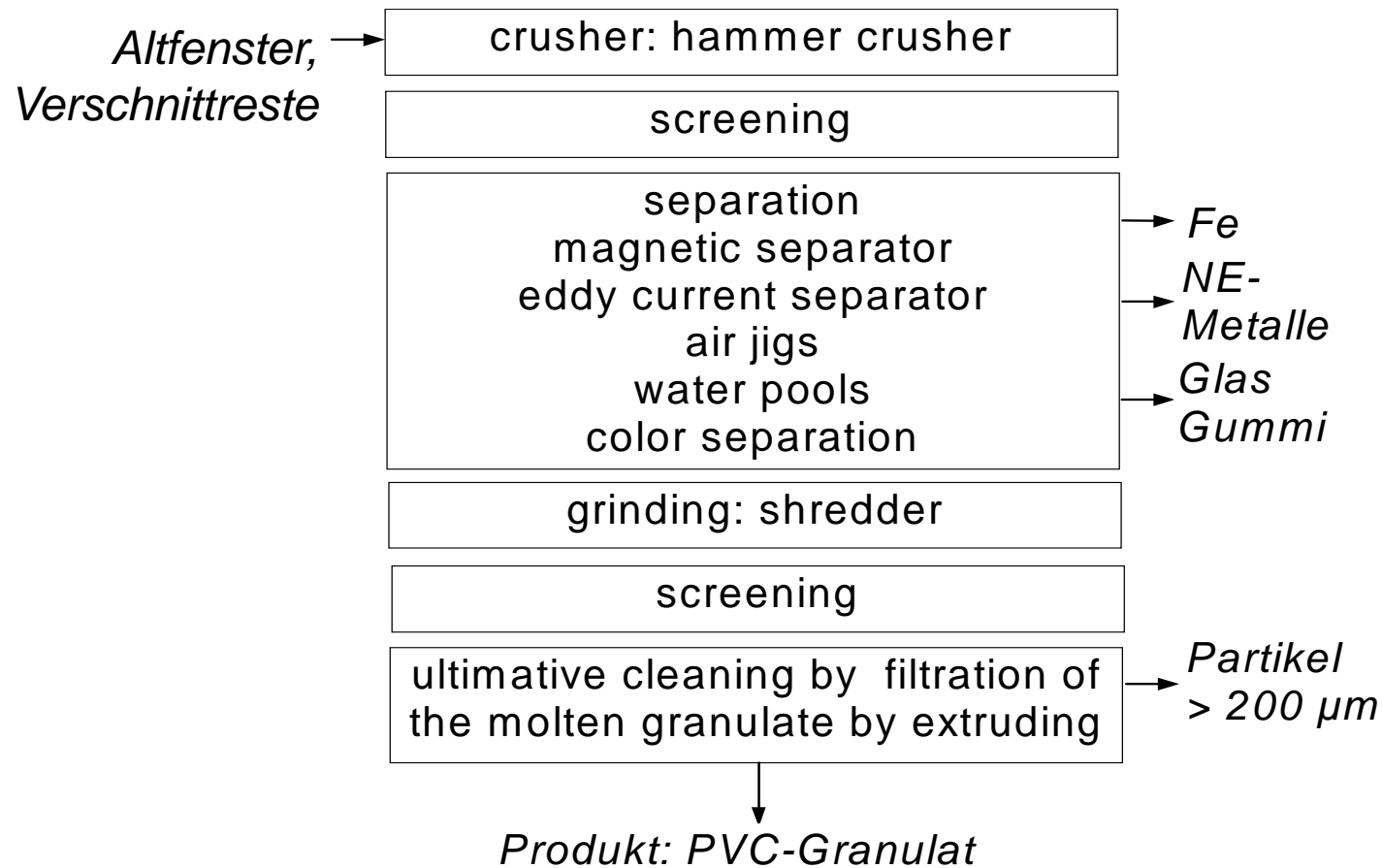
Entnommen aus Huiting Shent; Pugh, R.J.; Forssberg, E.: „A review of plastics waste recycling and the flotation of Plastics“. Resources, conservation and recycling, 25 (1999), 85-109.

PVC wird getrennt von anderen Kunststoffen verwertet wegen seiner hohen Chloridgehalte.

Es wurden verschiedene Verfahren entwickelt, um das PVC sortenrein zurückzugewinnen.

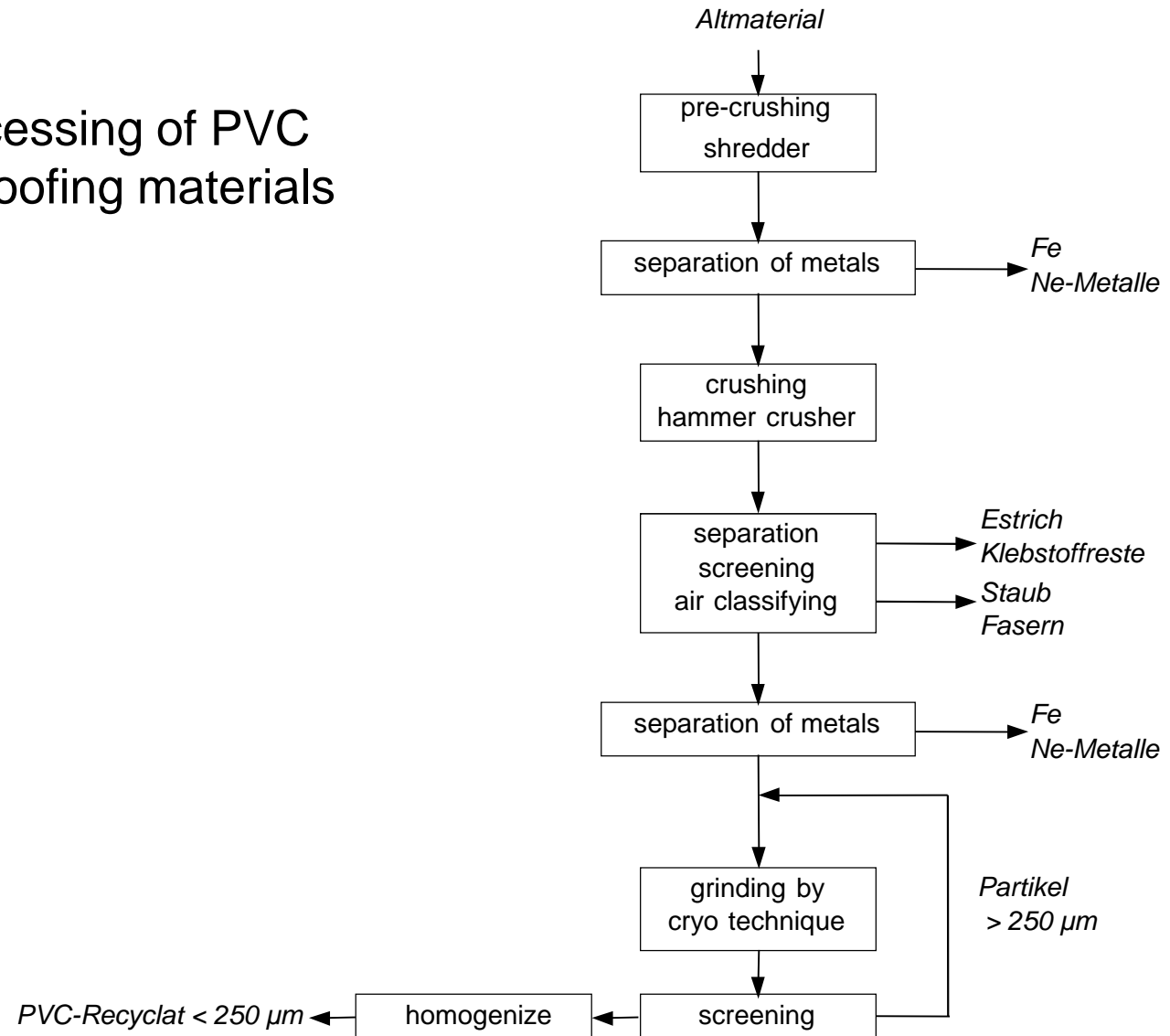
Weitere Alternative ist die thermische Verwertung.

Chart of the processing of PVC window frames



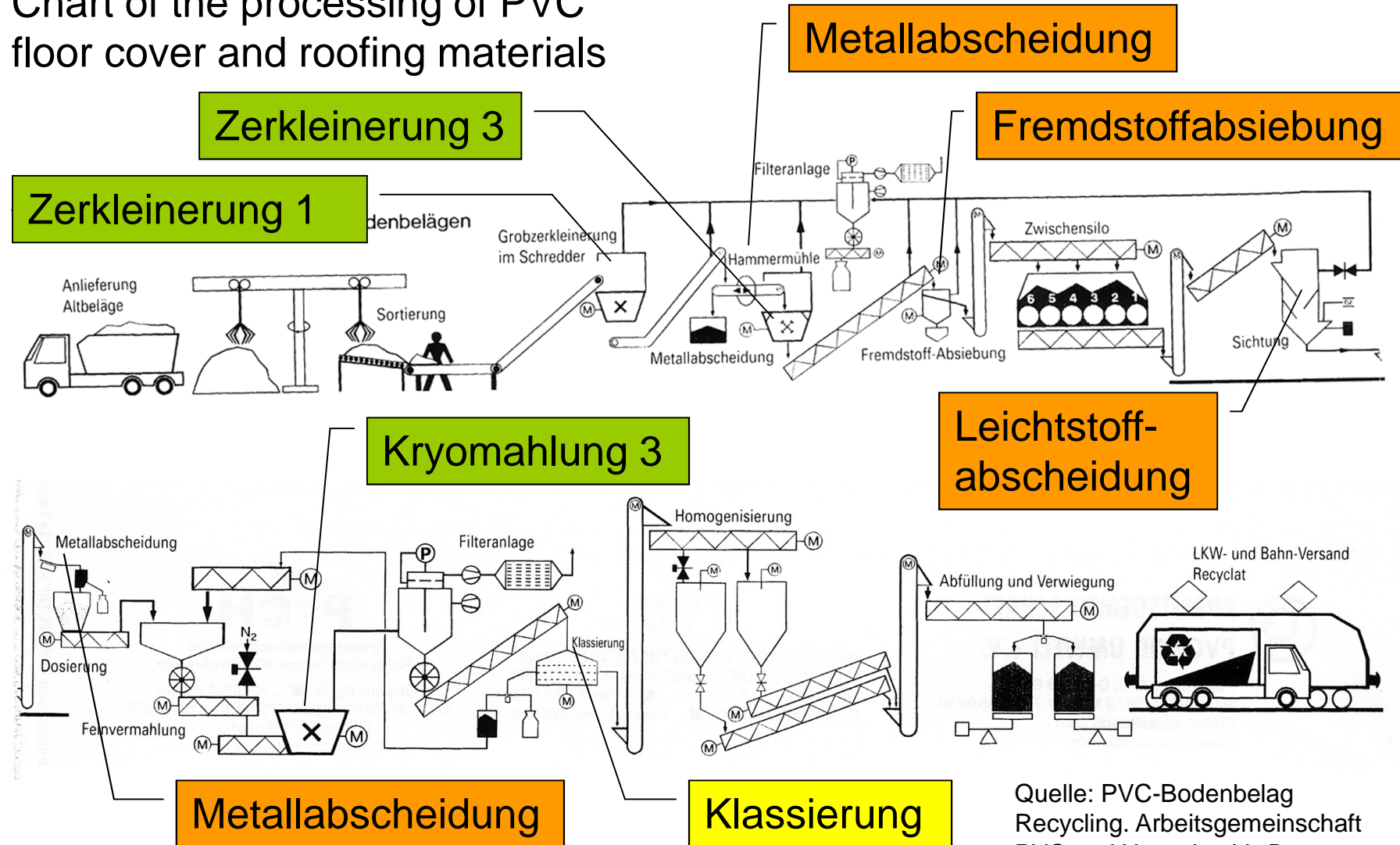
Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Chart of the processing of PVC floor cover and roofing materials



Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

Chart of the processing of PVC floor cover and roofing materials



Quelle: PVC-Bodenbelag Recycling. Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V., Bonn.

Chart of the termal treatment of PVC in rotary kiln

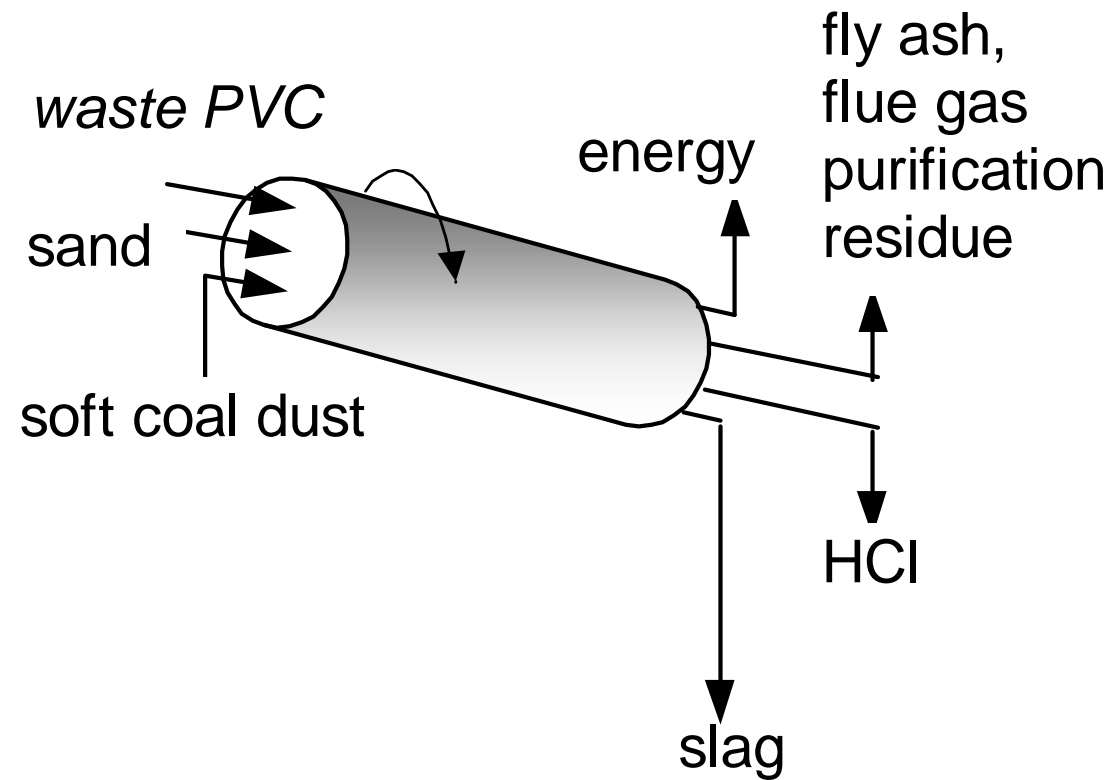
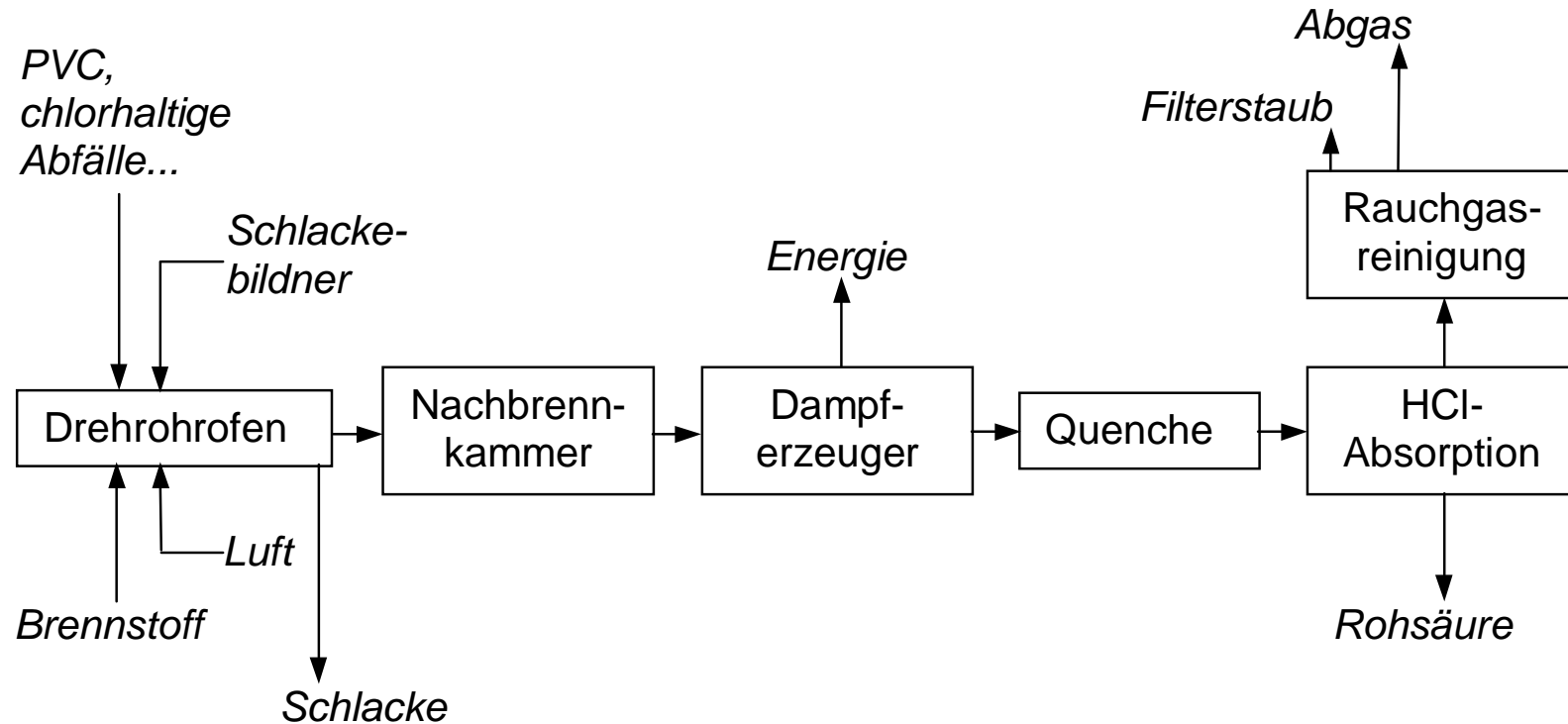
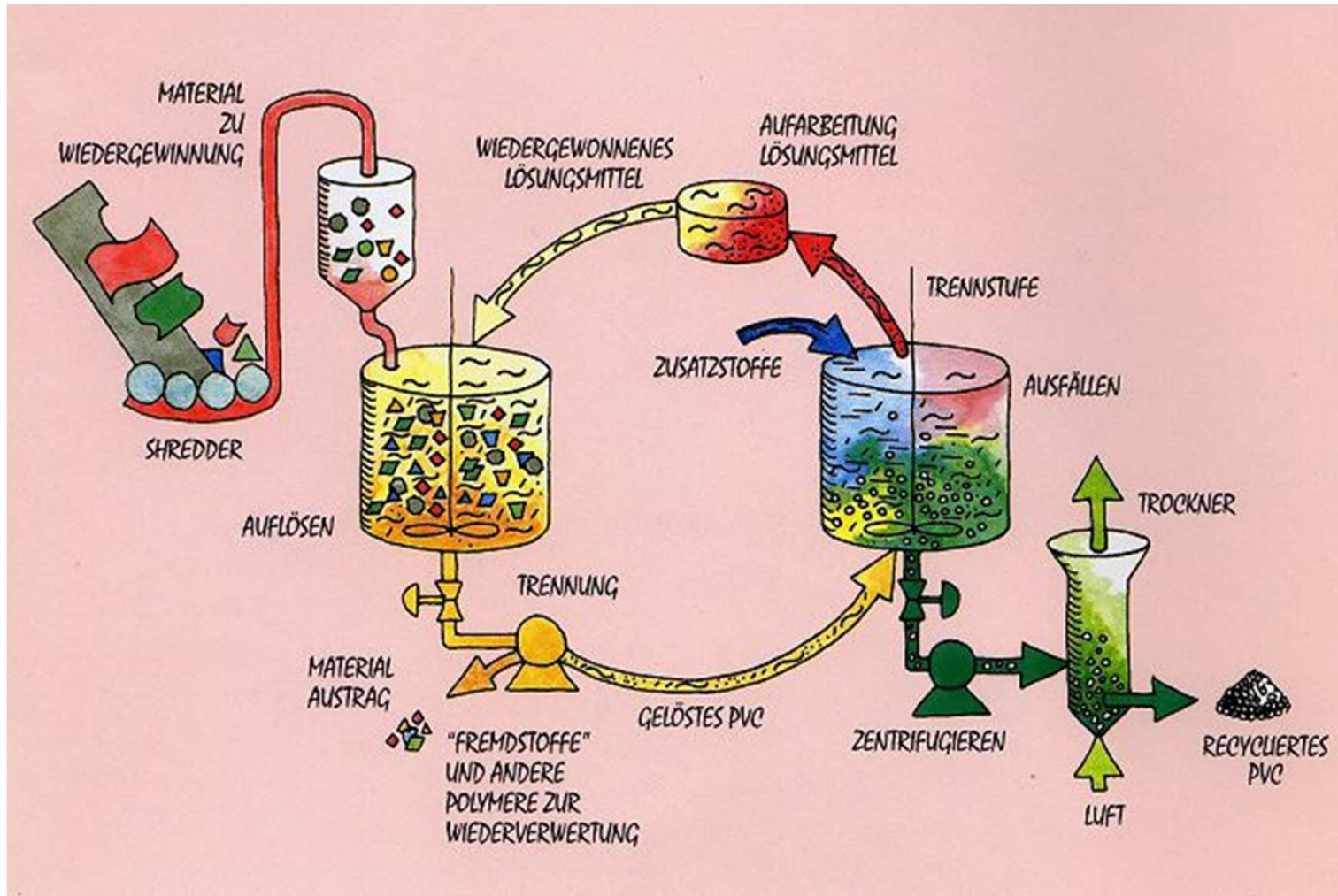


Chart of the thermal treatment of PVC



250.000 t PVC waste: 90.000 t HCl
 54.000 t slag
 20.000 t fly ash, flue gas purification residue

Advanced Recycling: Chemisches Aufschlussverfahren für PVC „Venyloop“



Vorlesung D/Kapitel 3: Kunststoff

The process separates the PVC compound from other materials (other plastics, rubber, metal, textile and others) by selective dissolution and filtration. It precipitates it into micro granules of PVC compound.

Standort: Vinyloop Ferrara

