

VBSA Jahrestagung
Kunststoffe: Leicht produziert –schwierig entsorgt

Die Technik des Kunststoffrecyclings

Möglichkeiten, Einschränkungen , Trends und
Erfahrungsberichte einzelner Projekte



INSTITUT FÜR WERKSTOFFTECHNIK
UND KUNSTSTOFFVERARBEITUNG

Prof. Daniel Schwendemann

Institutspartner / Fachbereichsleiter Compoundierung /
Extrusion

Olten, 6. Dezember 2013

Inhalt

- Motivation
- Erzeugung und Verbrauch
- Arten von Recycling
- Recyclingtechniken

- Erfahrungsberichte

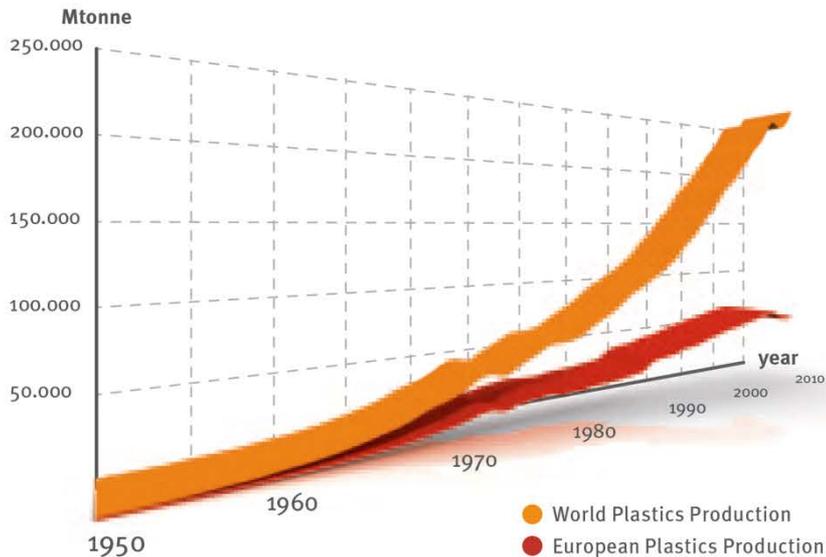
Motivation



Daten und Fakten

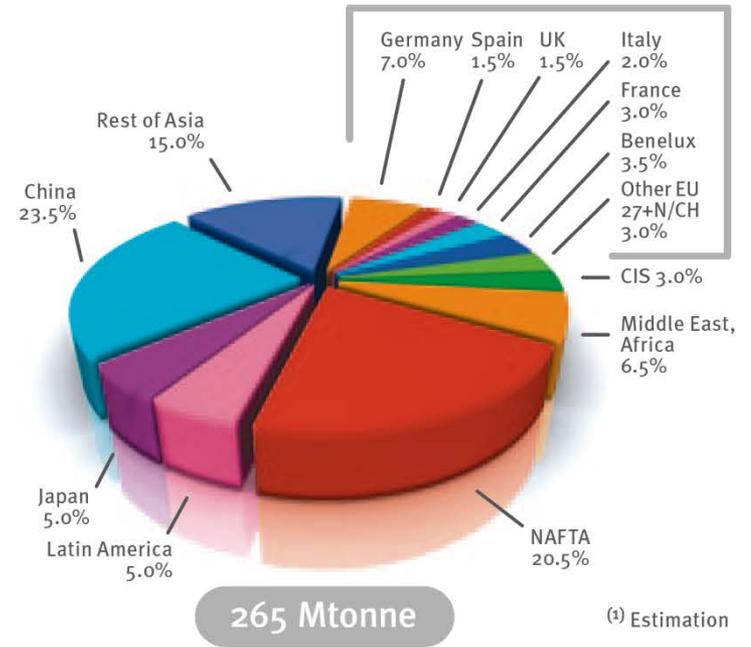
Plastics production in Mtonne:

1950	1976	1989	2002	2009	2010
1.7	47	99	204	250	265
0.35	19.8	27.4	56.1	55	57



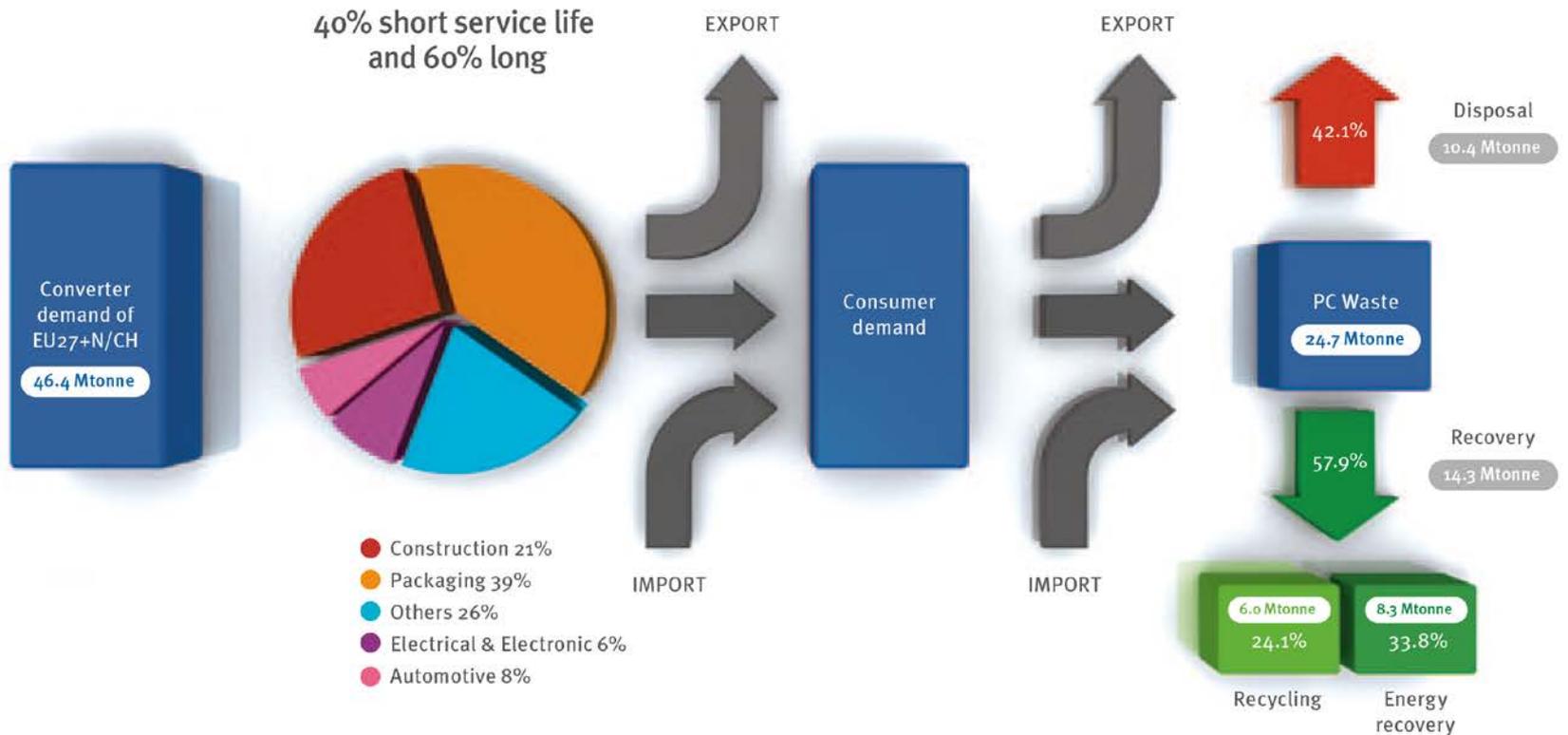
World Plastics Production 1950-2010
Source: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)

Europe (WE + CE) 21.5%, 57 Mtonne⁽¹⁾



World Plastics Production 2010
Source: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)

Daten und Fakten



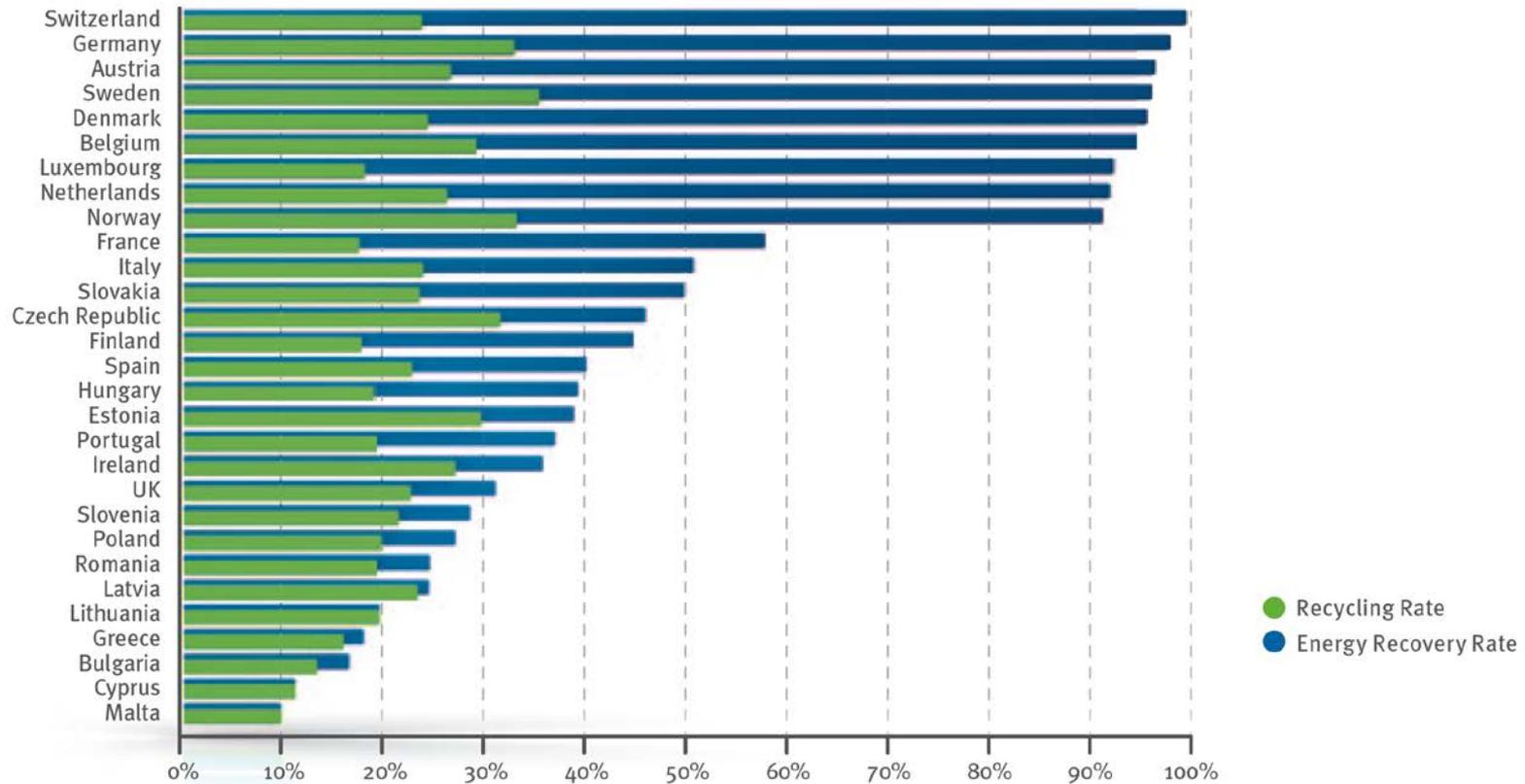
Recovery reached almost 58% in 2010 – and continues to increase (EU27+N/CH 2010)

The 26% Others in Figure 10 refers to furniture, leisure, sport and medical applications.

Recyclingcodes

Symbol	Acronym	Full name and uses
	PET	Polyethylene terephthalate - Fizzy drink bottles and frozen ready meal packages.
	HDPE	High-density polyethylene - Milk and washing-up liquid bottles
	PVC	Polyvinyl chloride - Food trays, cling film, bottles for squash, mineral water and shampoo.
	LDPE	Low density polyethylene - Carrier bags and bin liners.
	PP	Polypropylene - Margarine tubs, microwaveable meal trays.
	PS	Polystyrene - Yoghurt pots, foam meat or fish trays, hamburger boxes and egg cartons, vending cups, plastic cutlery, protective packaging for electronic goods and toys.
	Other	Any other plastics that do not fall into any of the above categories. For example melamine, often used in plastic plates and cups.

Daten und Fakten



Total Recovery Rate by Country 2010
 (Referred to Post-Consumer Plastic Waste)
 Source: Consultic

Stoffliches Recycling von Kunststoffen

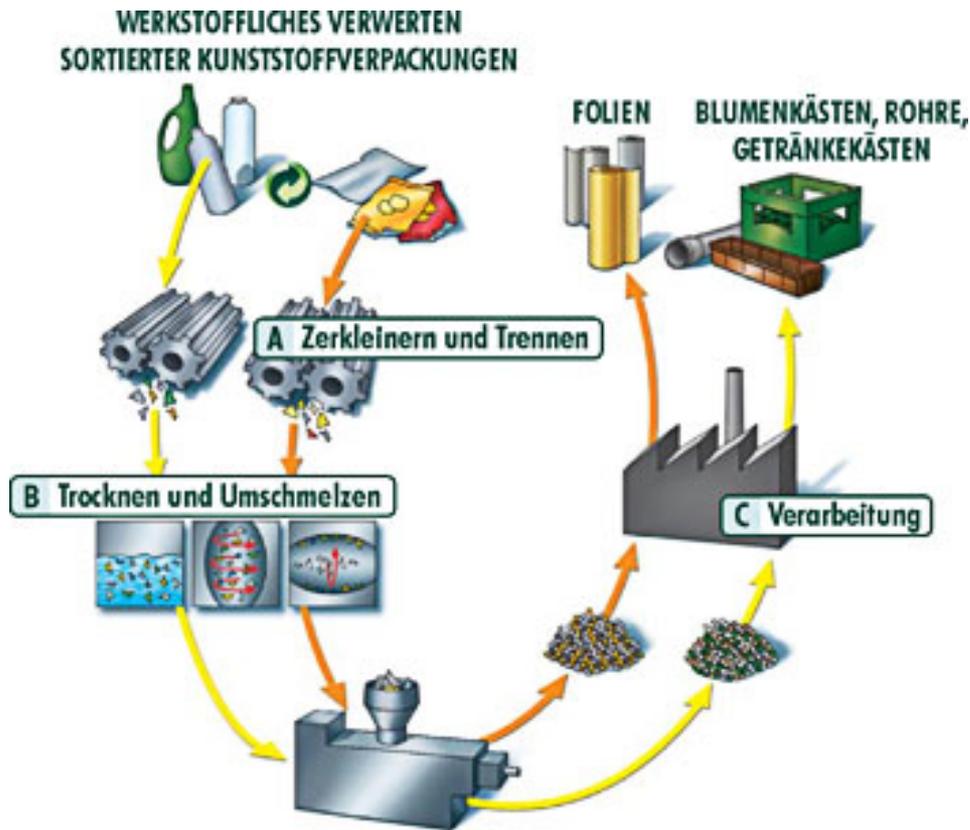


Die Schweiz ist führend beim Recycling, allerdings liegt der Focus auf der energetischen Verwertung.

Ein aktuelles Diskussionsthema im Bereich der Nachhaltigkeit ist die Möglichkeit, den sogenannten «Carbon Foot Print» mit Hilfe des Recyclateinsatzes zu reduzieren.

Ein Problem ist das schlechte Image der Recyclingteile.

Stoffliches Recycling von Kunststoffen



Recycling dient nicht nur dem Umweltschutz, sondern hilft vor allem in Zeiten steigender Rohstoffpreise die Kosten zu senken.

Quelle: berlin-sammelt.de

Stand der Technik: Klassische Kunststoffrecyclingbeispiele

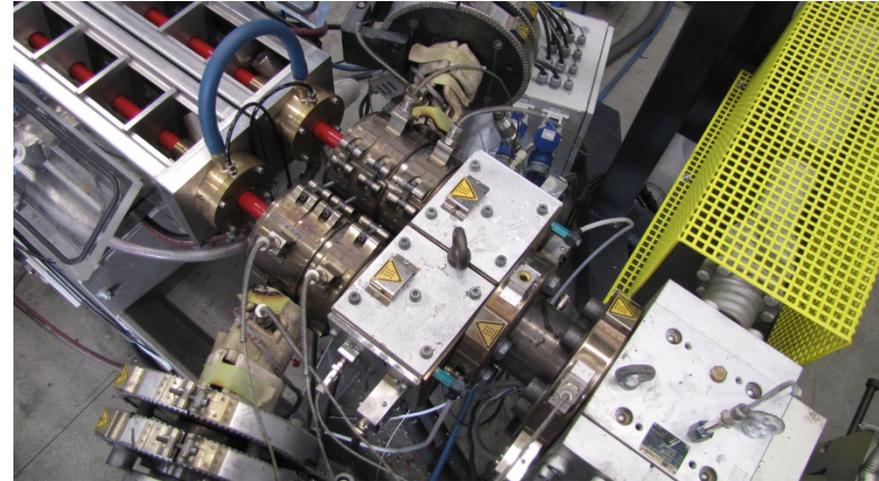


Nur bei „post consumer“ Recycling

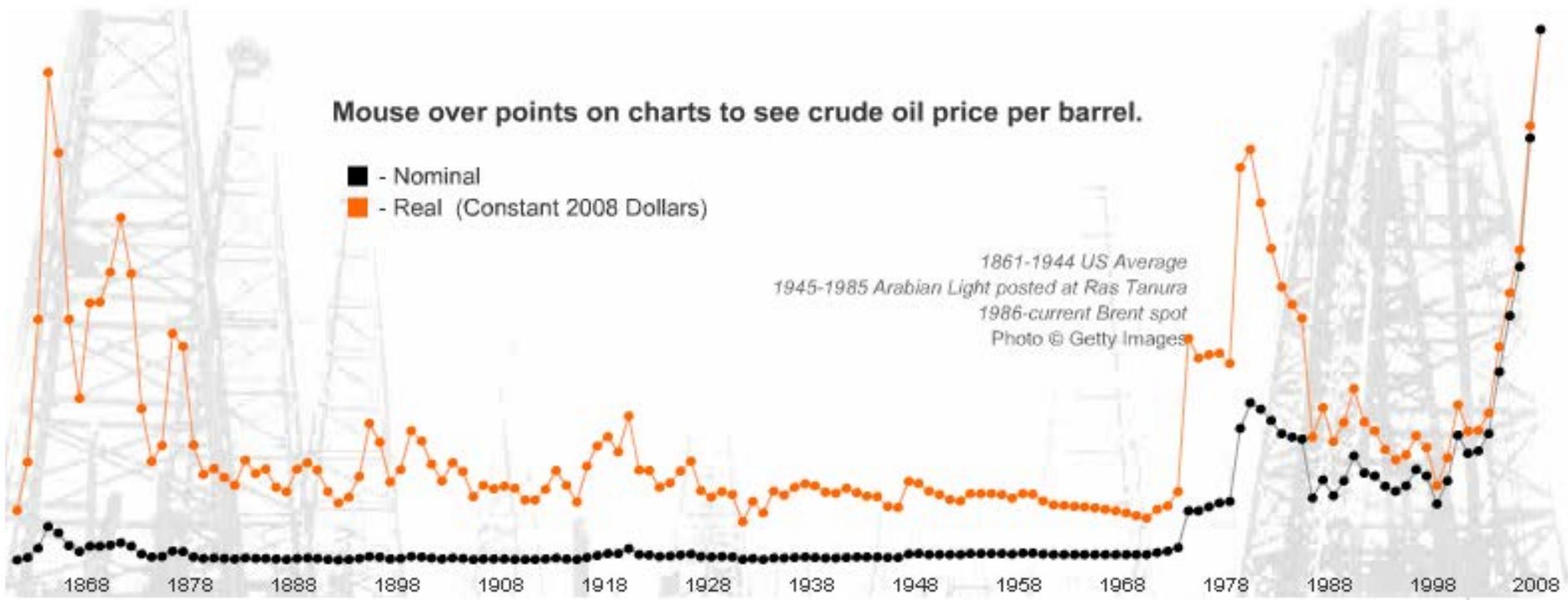
Ziel: „Post Consumer“ High end

Doppelrundprofilextrusion

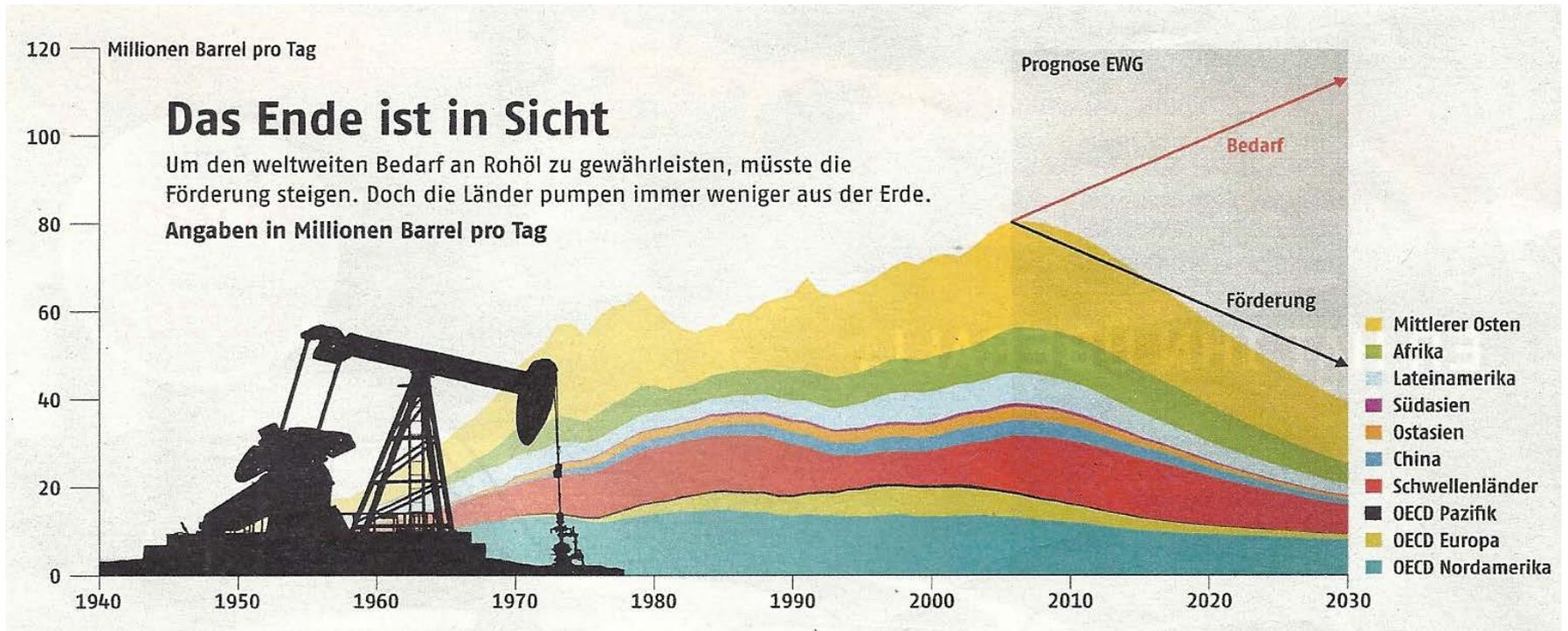
Bilder: Schwendemann



Ölpreisentwicklung



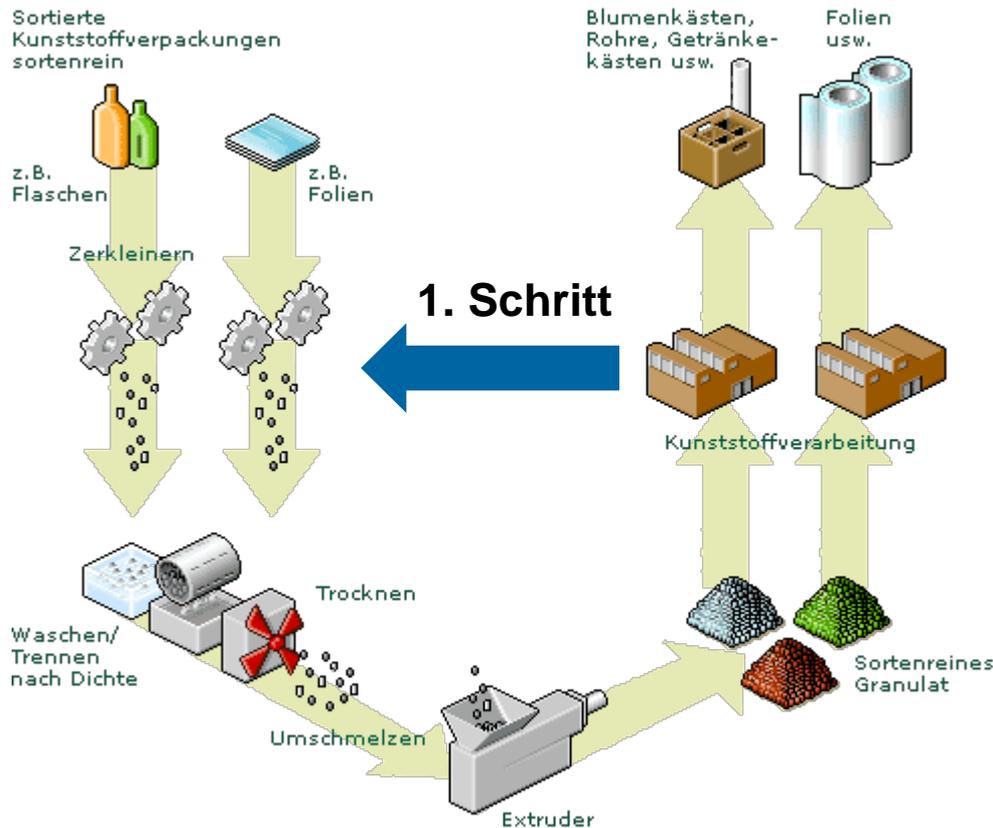
Zukunftsaussichten



Quelle: Energy Watch Group in
ADAC Motorwelt 9/2011

Wege des Kunststoffrecyclings

Recycling von Kunststoff - werkstofflich



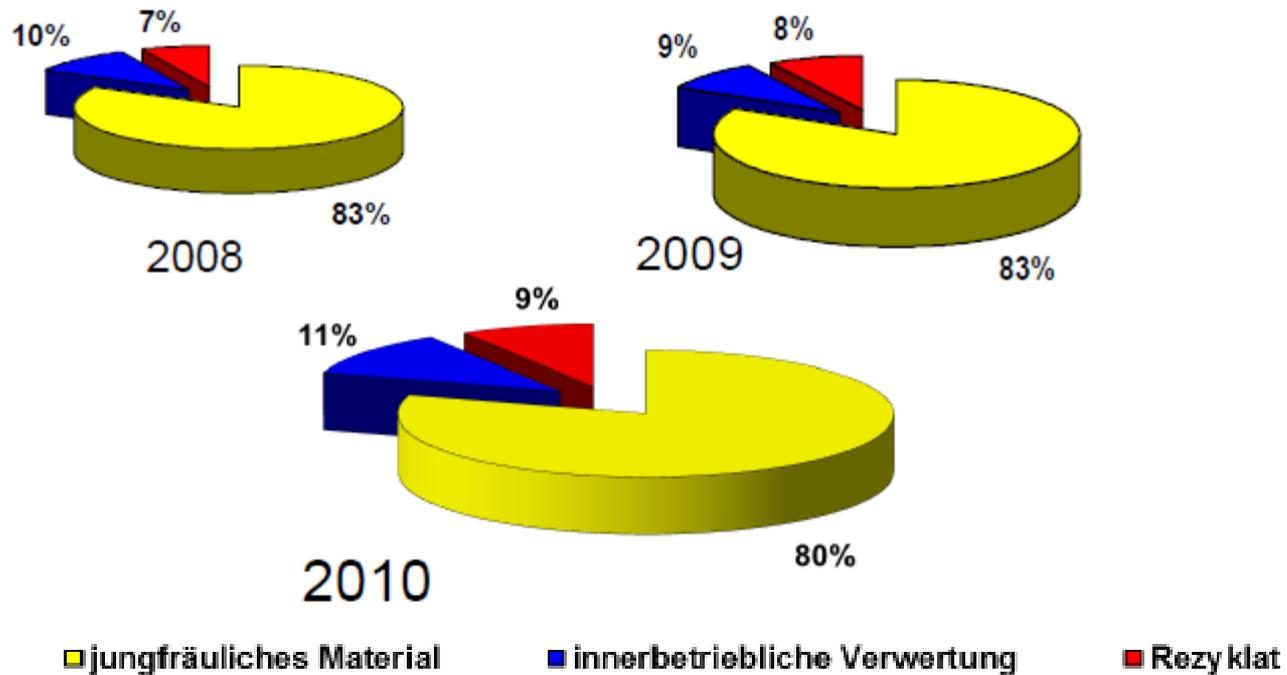
Quelle: awk-ak.de, modifiziert vom IWK

- Meist wird über das Recycling nach dem Gebrauch gesprochen.
- Das betriebliche Recycling wird weniger beachtet, da es auch häufig schon bei Angüssen und Ausschussteilen umgesetzt wird.
- Bei Materialmischungen gibt es noch ein grosses Potential, da es noch nicht verschmutzte Werkstoffe sind.

Kunststoffverarbeitung: Recyclingverfahren

■ Einsatz von Rezyklat, innerbetriebliche Verwertung

■ Zahlen Schweiz (Quelle KVS)



Kunststoffverarbeitung: Recyclingverfahren

Rezyklatherstellung

- **Verwertung von saubere, sortenreine Abfälle**
 - Meistens Produktionsabfälle
 - Qualitätskontrolle über MFR



Aufbereiten von Kunststoffen

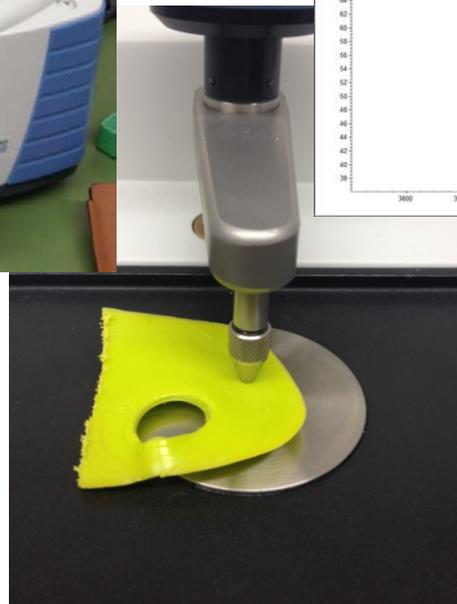
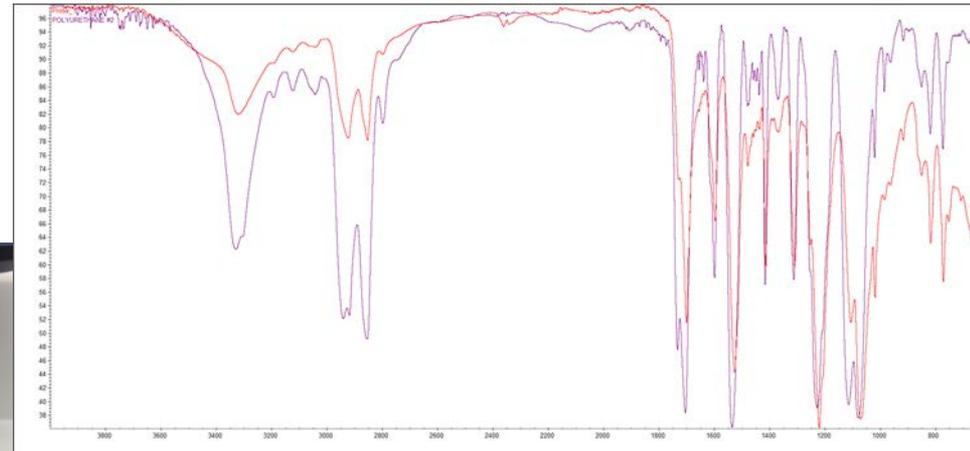
- **Zerkleinern**
- **Mischen**
- **Granulieren**



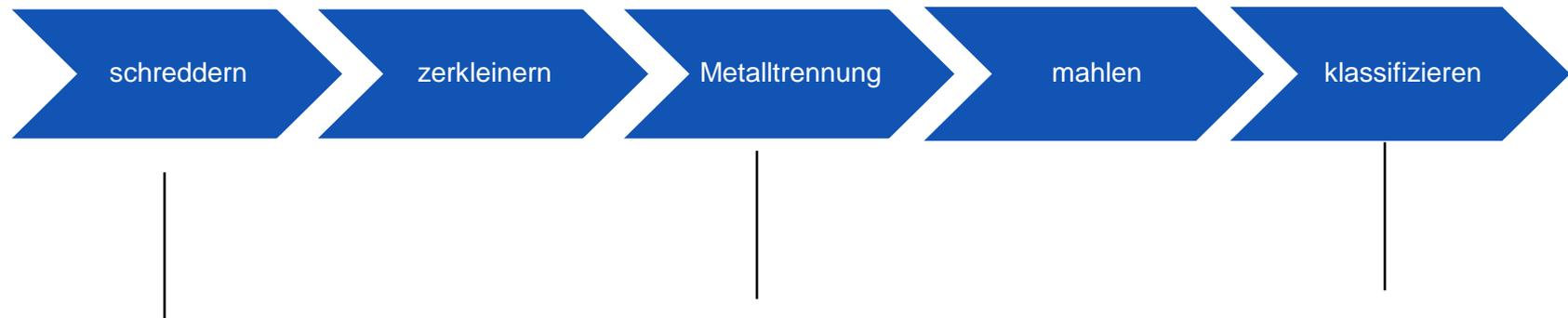
Materialbestimmung

Spektroskopie:

■ Analyse durch ein ATR-Spektrometer



Zerkleinerung



Je nach Feststoffgrösse muss es vor dem zerkleinern grob gehackt werden

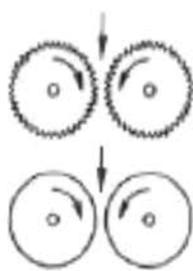
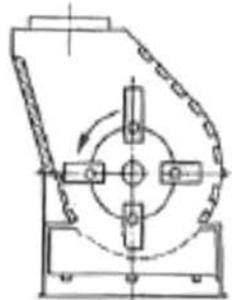
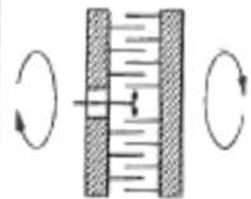
- Magnetscheidung
- Allmetalldetektor

- Dichtesortierung

Kunststoffverarbeitung: Recyclingverfahren

Zerkleinerungsmaschinen

- Meistens sind Schneidemühlen im Einsatz

Maschine	Walzenbrecher	Hammermühle	Schneidmühle	Stiftmühle
Stoffzustand				
spröd				
zäh				
elastisch				
z. B. geeignet für	PS, PF	PS, PF, PMMA	PVC, PE, PP, PA	PVC, PE, PF

Quelle: Kunststoffverarbeitung, Schwarz/Ebeling/Furth

Kunststoffverarbeitung: Recyclingverfahren

Mischen

■ Hauptsächlich Schneckenkneteter

■ Doppelschnecken-Extruder

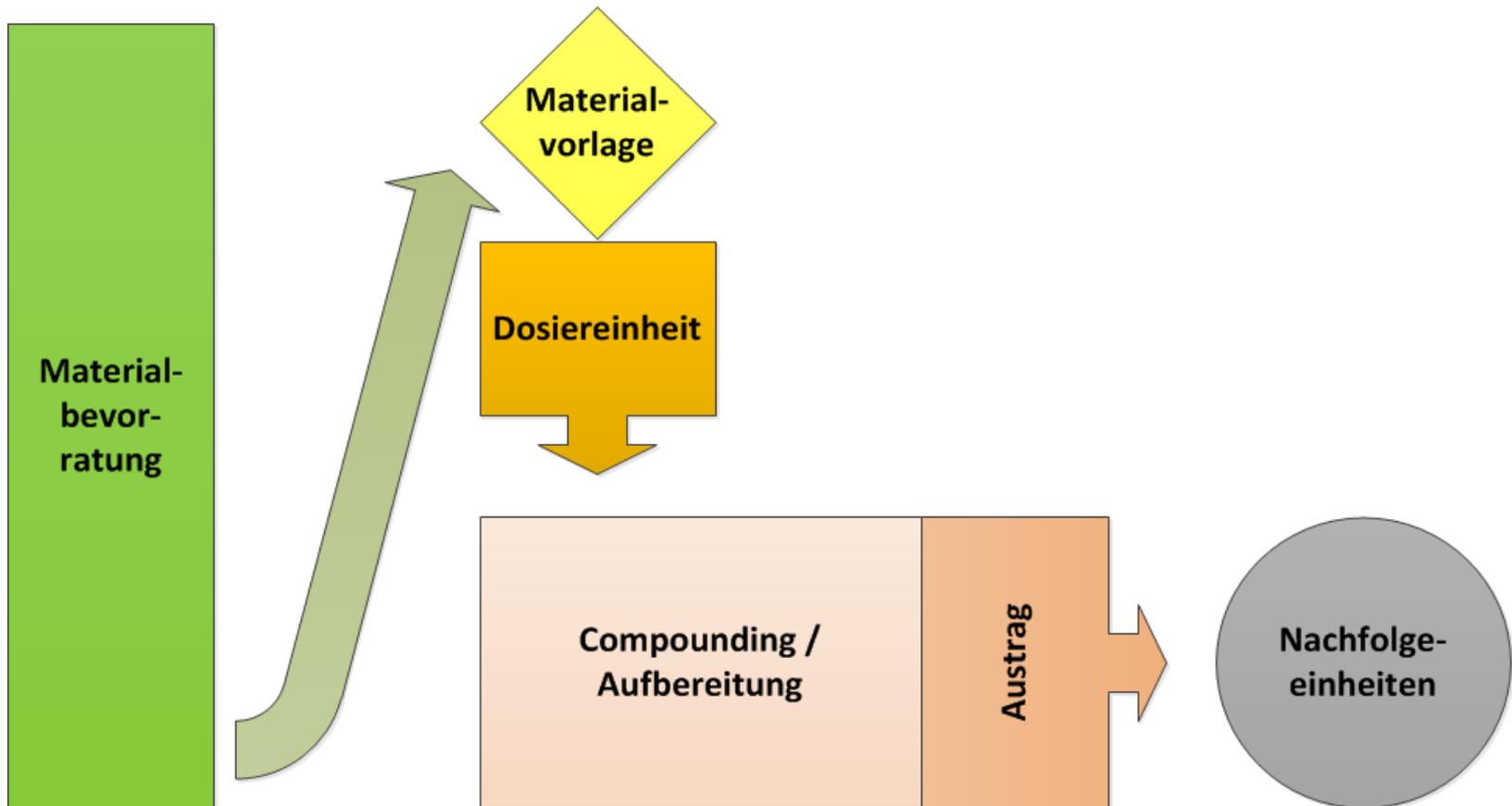
■ Einschnecken-Extruder

Verfahren Maschine	diskontinuierlich						kontin.
	Rührwerk	Taumel- mischer	Schaufel- mischer	Wirbel- mischer	Mischkneteter	Misch- walzwerk	Schnecken- kneteter
Stoff- zustand							
▲ Rohstoffe ● Zuschlagstoffe							
pulverförmig	▲ ●						
hochviskos - zäh	▲ ●						
niederviskos	▲ ●						
z. B. geeignet für	PVC-Paste, UP-Harz	PS, PE, PP, PMMA	PVC hart und weich	PVC hart und weich	PVC	PF, PVC	fast alle Thermo- plaste

Quelle: Kunststoffverarbeitung, Schwarz/Ebeling/Furth

Aufbereitung am Beispiel einer Compoundieranlage

Materialfluss einer Aufbereitungsanlage



Recycling Mahlgutformen

Bauteil-Recycling
- schwarz



- Einheitliche Partikelgrösse

Geschäumtes Mahlgut
- bunt



- Unterschiedlich grosse
Stücke

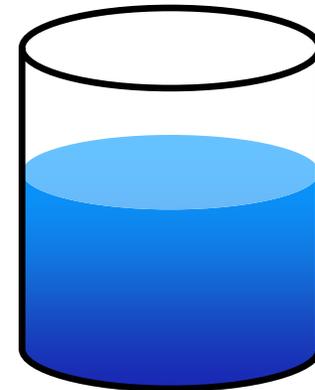
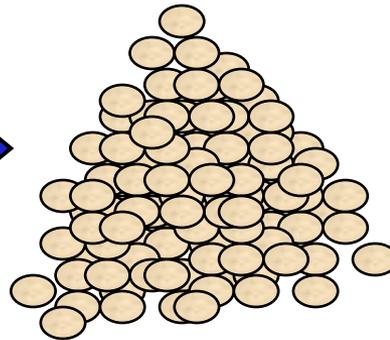
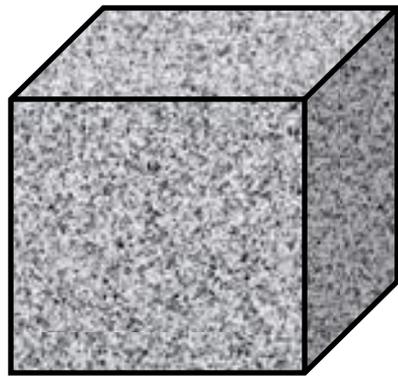
Faserige Stränge gemahlen
- bunt



- Schlecht rieselfähig
- Sehr geringe Schüttdichte

Exkurs: Was ist ein Schüttgut?

- Schüttgüter können, je nach Zustand, ihre Eigenschaften stark verändern. Sie können schwanken zwischen Festkörpern und Flüssigkeiten.



Festkörper

Flüssigkeit

verdichtet, verklumpt

Schüttgut

Schüttguteigenschaften der Mahlgüter - Probleme



Abb. 1.1: Spuren von Hammerschlägen am Trichter – Zeichen für Fließprobleme

Pulver und Schütt-
Güter, Dietmar Schulze

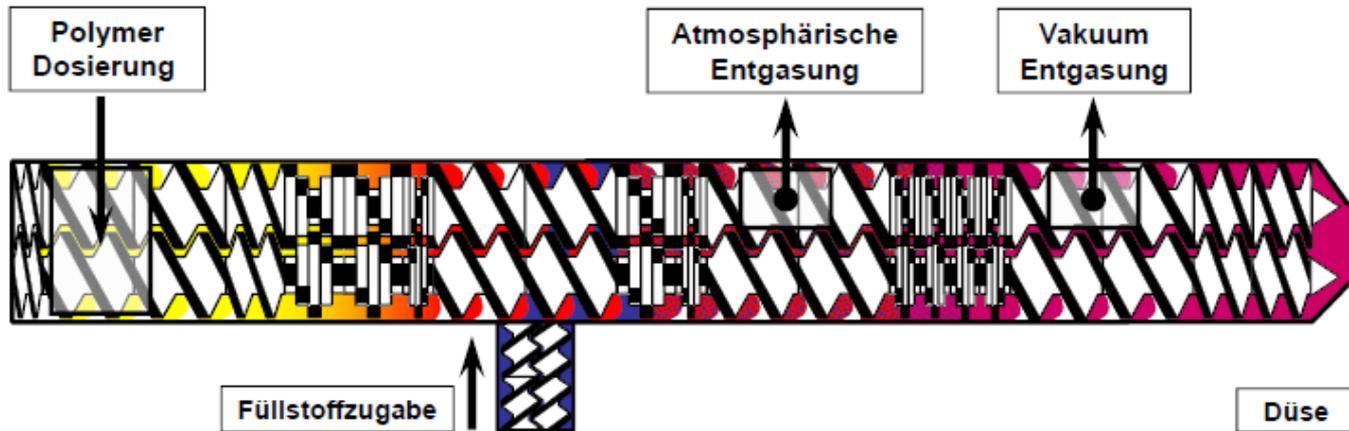
Kunststoffaufbereitung

Technikumsanlage am IWK

- ZSK 26 Mc mit 44 L/D
- Seitenbeschickung und Seitenentgasung
- Gravimetrische Dosieranlage für Pulver, Granulat und Fasern
- Beheizbare Flüssigdosierung
- Wasserbad mit Granuliereinrichtung



Kunststoffverarbeitung: Recyclingverfahren



Verfahrenszonen:

Einzug Fördern	Plasti- fizieren	Fördern und Einzug	Mischen	Entlüftung	Homo- geni- sierung	Entgasung	Druck- aufbau
-------------------	---------------------	--------------------------	---------	------------	---------------------------	-----------	------------------



Erfahrungsbericht Mehrkomponentenspritzgiessteilrecycling



Kunststoff-Recycling Lenzburg GmbH

PP / TPE Regranulat

Polypropylen / Thermoplastisches Elastomer

Aufbereitetes PP / TPE Mahlgut der KLR Kunststoff-Recycling Lenzburg GmbH
Compoundierung V4 / 18.04.2011

Physikalische Eigenschaften

	Wert	Einheit	Prüfmethode
Dichte	0,96	g / ml	ISO1183/DIN53479
MFR (230°C / 2,16 kg)	11,39	g / 10 min	DIN EN ISO 1133
MFR (190°C / 2,16 kg)	4,78	g / 10 min	DIN EN ISO 1133

Mechanische Eigenschaften

Kerbschlagzähigkeit (Charpy)	30,10	kJ / m ²	EN ISO 179 - 1/2
Schlagzähigkeit (Charpy)	118,49	kJ / m ²	EN ISO 179 - 1/2
Shore-Härte	53,31	Shore D	DIN EN ISO 868
E-Modul (Zug)	507,23	N / mm ²	DIN EN ISO 527 - 1/2
Zugfestigkeit	17,86	N / mm ²	DIN EN ISO 527 - 1/2
Bruchfestigkeit	17,26	N / mm ²	DIN EN ISO 527 - 1/2

Demonstrator 2 Komponenten-Spritzguss „Bumerang“



Transparente Deckschicht

Recyklat im Bauteilkern



Fallbeispiel Tube

- **Besteht aus 3 Einzelteilen**
- **Unterschiedliche Polyolefine**
- **Grundkörper zusätzlich Barrierschicht**
 - Aluminium oder EVOH
- **Produktion**
 - Ca. 300'000 Stück täglich
 - Ca. 90 kg Produktionsabfall
- **Rezyklat-Wiederverwertung**
 - Schulter



Erfahrungsbericht Skischuhrecycling





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Hochschule für Technik Rapperswil
Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung
Prof. Daniel Schwendemann
Institutspartner / Fachbereichsleiter Compoundierung /
Extrusion / Kunststoffrecycling
Oberseestrasse 10
CH-8640 Rapperswil
Tel. +41 55 222 4916
daniel.schwendemann@hsr.ch