




**Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik**  
Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres


## Lasst uns über Recycling sprechen

15. Februar 2023




## Professional Career






**RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM** **RUB**

**1991**      **1995**


Dipl.-Ing.      Dr.-Ing.

»»»



**1991 - 1999**


Area Manager



**1999**


Professor

»»»



**2011**


Institute Director



**2013**

Head of Department



»»»



**2019**

Institute Director

© Leibniz Universität Hannover, IKK, Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres  
Seite 2 | Lasst uns über Recycling sprechen

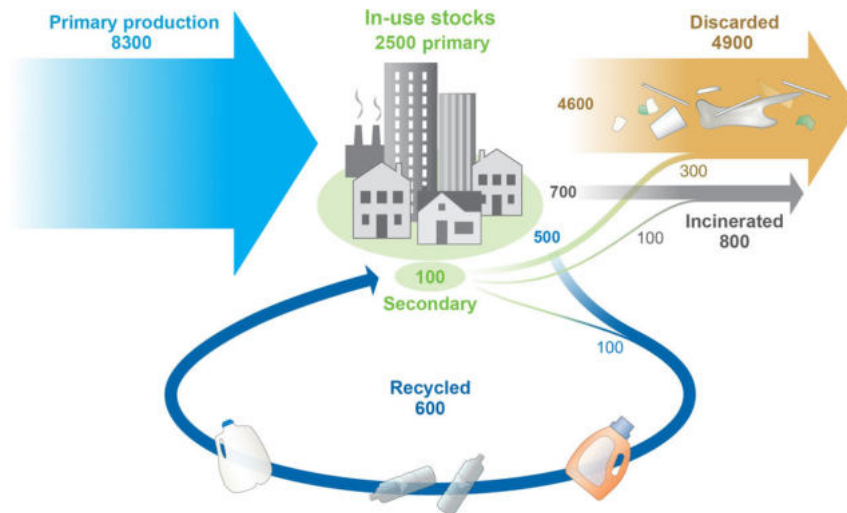
### Plastics – good, bad or both?



Source: www.unsplash.com


### Global plastic since 1950 and its fate

Global production, use, and fate of polymer resins, synthetic fibers, and additives  
(1950 to 2015; in million metric tons)



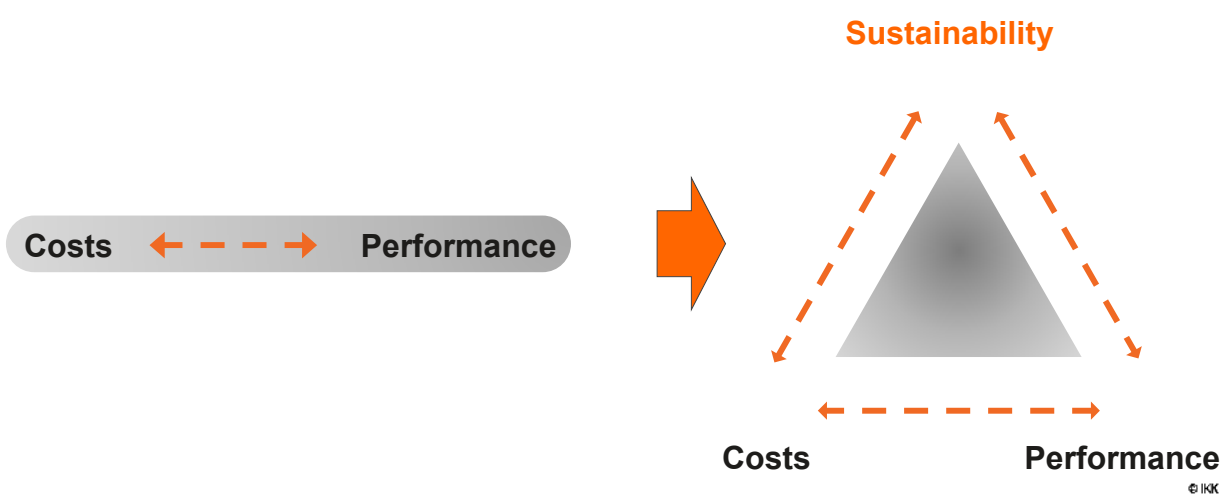
Source: Geyer et al 2015

## Costs - Performance - Sustainability



**IKK**  
Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik

**Sustainability**




**Costs**      **Performance**


**Costs**      **Performance**

© IKK

© Leibniz Universität Hannover, IKK, Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres  
Seite 5 | Lasst uns über Recycling sprechen




Leibniz  
Universität  
Hannover

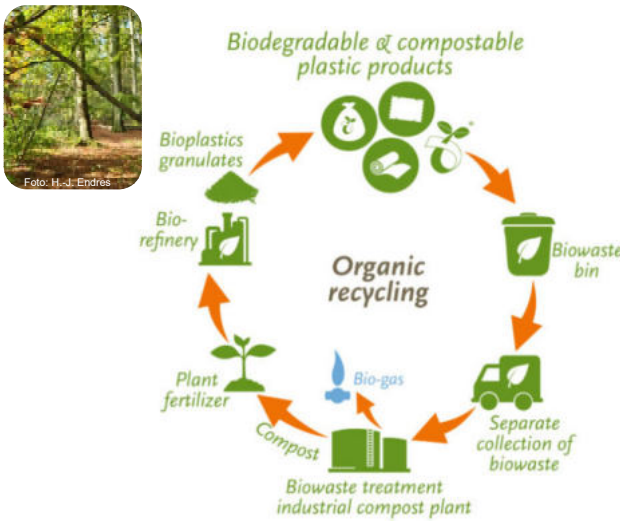


Produktionstechnisches  
Zentrum Hannover

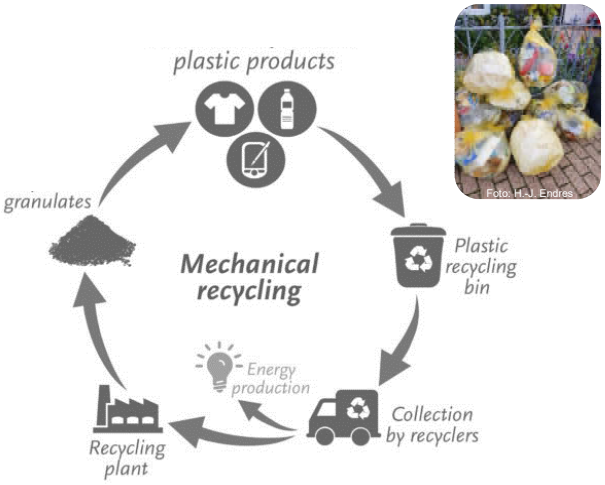
## Closing the Loop



**IKK**  
Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik




**Organic recycling**




**Mechanical recycling**

© European Bioplastics, modified

© Leibniz Universität Hannover, IKK, Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres  
Seite 6 | Lasst uns über Recycling sprechen




Leibniz  
Universität  
Hannover

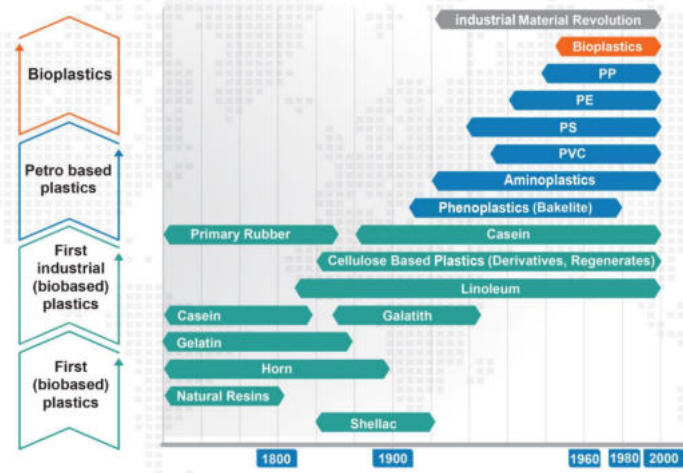


Produktionstechnisches  
Zentrum Hannover

# Plastics History



IKK  
Institut für Kunststoff-  
und Kreislauftechnik




Source: H.-J. Endres in „Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.“, Springer, 2017

150 Jahre Petrochemie/150 Jahre Kunststoffe



↔

4.600.000.000 Jahre Erde




Source: Pixabay

© Leibniz Universität Hannover, IKK, Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres  
Seite 7 | Lasst uns über Recycling sprechen

# Verpackungsgesetz



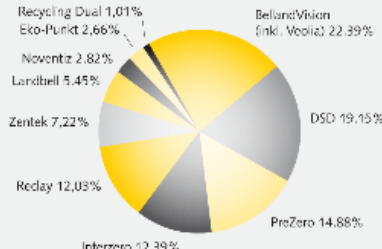
IKK  
Institut für Kunststoff-  
und Kreislauftechnik

Ursprüngliche Idee (vor mehr als 20 Jahren!):  
*Produzentenhaftung, d.h. Hersteller einer Verpackung ist auch für die Entsorgung verantwortlich*


Inzwischen: EU-Richtlinie 94/62/EG über Verpackungen und Verpackungsabfälle  
→ Deutsche Verpackungsgesetz mit verschiedenen dualen Systemen

Material	Quoten heute	Quoten VerpackG ab 1. Januar 2019	Quoten VerpackG ab 1. Januar 2022
Glas	76 %	80 %	90 %
Papier/Pappe/Karton	70 %	80 %	90 %
Eisenmetalle (WB)	70 %	80 %	90 %
Aluminium	60 %	80 %	90 %
Kunststoffe	60 % (davon 36 % werkstofflich)	90 % (davon 65 % werkstofflich)	90 % (davon 70 % werkstofflich)
Getränkekartonverpackungen		75 % (erstmalig eigene Quote)	80 %
Sonstige Verbundverpackungen	60 %	55 %	70 %

Duale Systeme Deutschland: LVP-Marktanteile  
 vorläufige Zahlen Q1/2023, nach Betreiber





© 2023 Kunststoff Information      Quelle: ZSVR



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1968591>

© Leibniz Universität Hannover, IKK, Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres  
Seite 8 | Lasst uns über Recycling sprechen

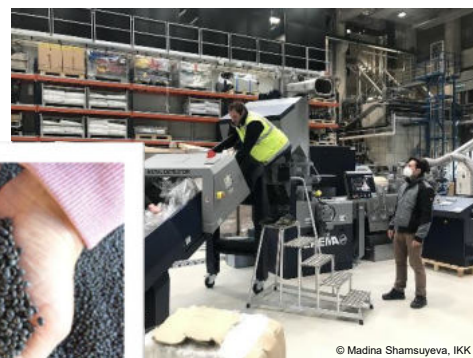



## Recycling processes

Recycling approaches	Process / procedure	Output
<b>Mechanical (95%)</b>	Mechanical crushing	Regrind (composition as input stream)
	Pre-treatment of the input stream with subsequent extrusion / granulation	Granulate: regranulate
<b>Solvent-based (3-4%)</b>	Pre-treatment of the input stream with subsequent extrusion / granulation and with the addition of further material components	Granulate: recompound / regenerate
	Selective dissolution and recovery of individual polymer types, i.e. change of physical state without changing the polymer structure	Polymers of one polymer type (e.g. PE dissolution with hexane or decalin, PS in toluene)
<b>Chemical (2-3%)</b>	Thermolysis	Pyrolysis
		Gasification
		Liquid gas hydrogenation
		Methanolysis
	Solvolysis/Chemolysis	Glycolysis
	Hydrolysis	
	Ammonolysis, Aminolysis	
		Pyrolysis oil, syngas and carbonised char
		High calorific value syngas and char
		Highly saturated liquid hydrocarbons
		PET: dimethyl terephthalate
		PET: glycolysate bis(hydroxyethyl) terephthalate, various acids, esters, polyols
		PET: Terephthalic acid
		Amides, ethylene glycol

Source: H.-J. Endres et. al: Recycling and circular economy are not always the same, Polyproblem-Report 2 / 2020, Röchling Stiftung, modified


## Recycling Technology - Research cooperation between and IKK and industry (KraussMaffei Extrusion, Erema)



### Additional features

- Integrated control of color (feeding of liquid color)
- Inline process analytic: viscosity rheometer and pellet residual moisture
- Improved melt filtration cascades
- Purge gas-injection with nitrogen or carbon dioxide (cooperation with Linde AG) to reduce odor or VOC content

## Extrusion and injection moulding At various scales



**IKK**  
Institut für Kunststoff-  
und Kreislauftechnik

▪ **Extrusion**

- Twin-screw and single screw extrusion
- Online analytics
- Diverse screw configuration


▪ **Injection moulding**

- Diverse geometries
- Robots systems
- Different injection units

Material output:  
0,5 – 2,5 kg/h


Material output:  
5 – 150 kg/h

Material  
150 -




Closing force:  
5000 kN


Closing force:  
6500 kN




Granulate air dryer ckt500



Technical center





Injection moulding compounder




Injection moulding process

© Leibniz Universität Hannover, IKK, Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres  
Seite 11 | Lasst uns über Recycling sprechen

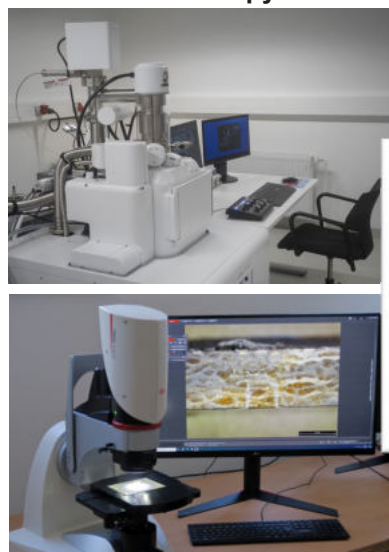



## Material testing and analytics

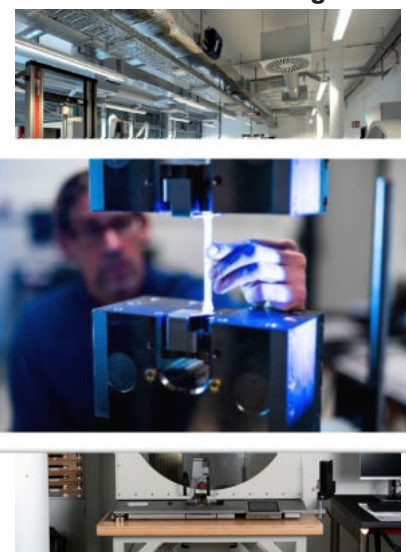


**IKK**  
Institut für Kunststoff-  
und Kreislauftechnik


**Microscopy**



**Mechanical testing**



**Polymer analytics**



© Leibniz Universität Hannover, IKK, Prof. Dr.-Ing. Hans-Josef Endres  
Seite 12 | Lasst uns über Recycling sprechen

