

# Chemisches Recycling von Kunststoffabfällen – Forschung und Entwicklung für eine klimaneutrale Kreislaufwirtschaft

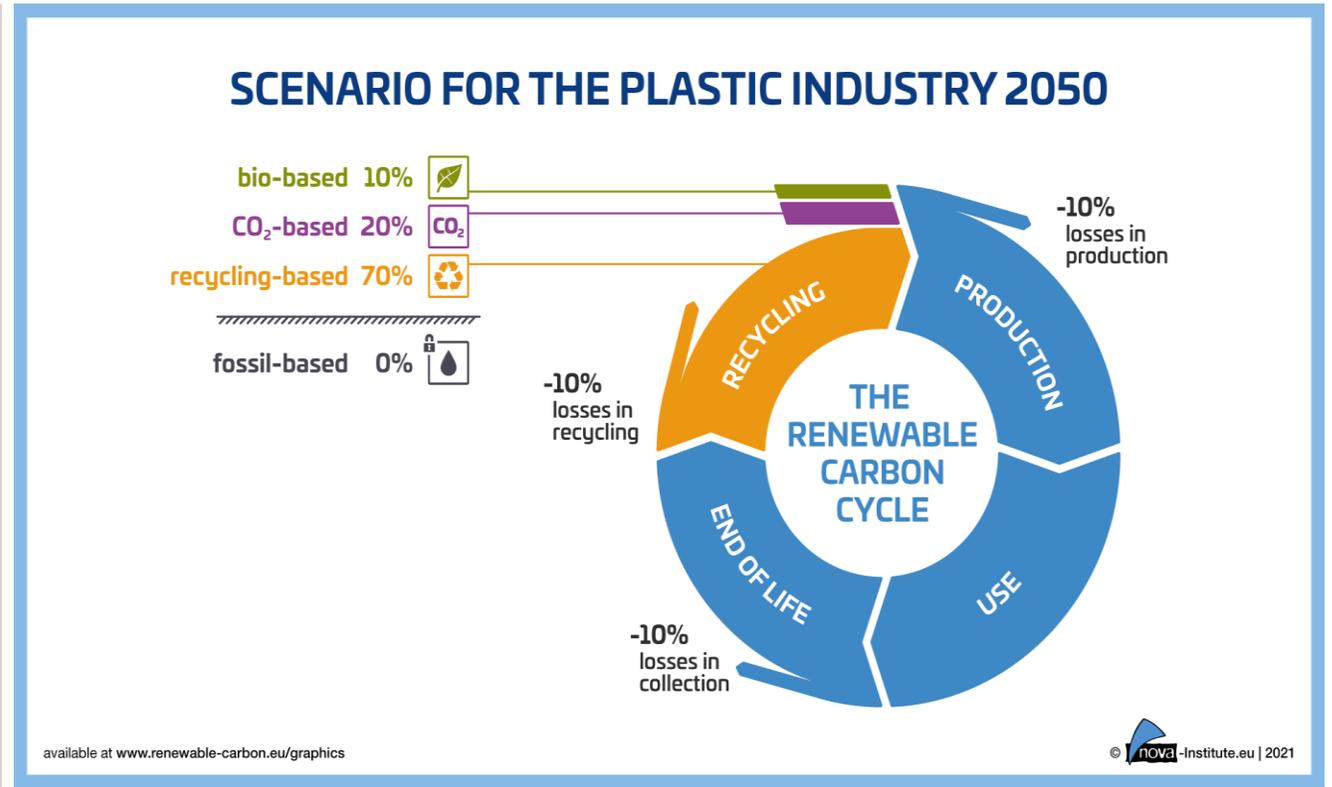
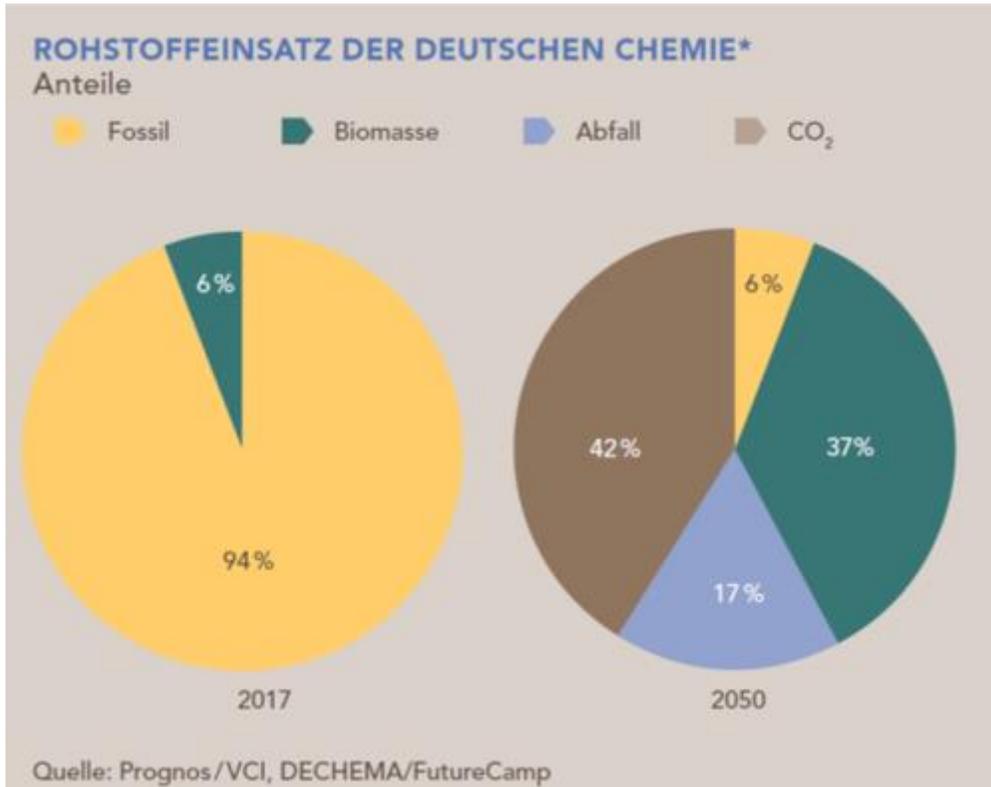
Dieter Stapf

Neuland Innovationstag, 6. Juli 2022



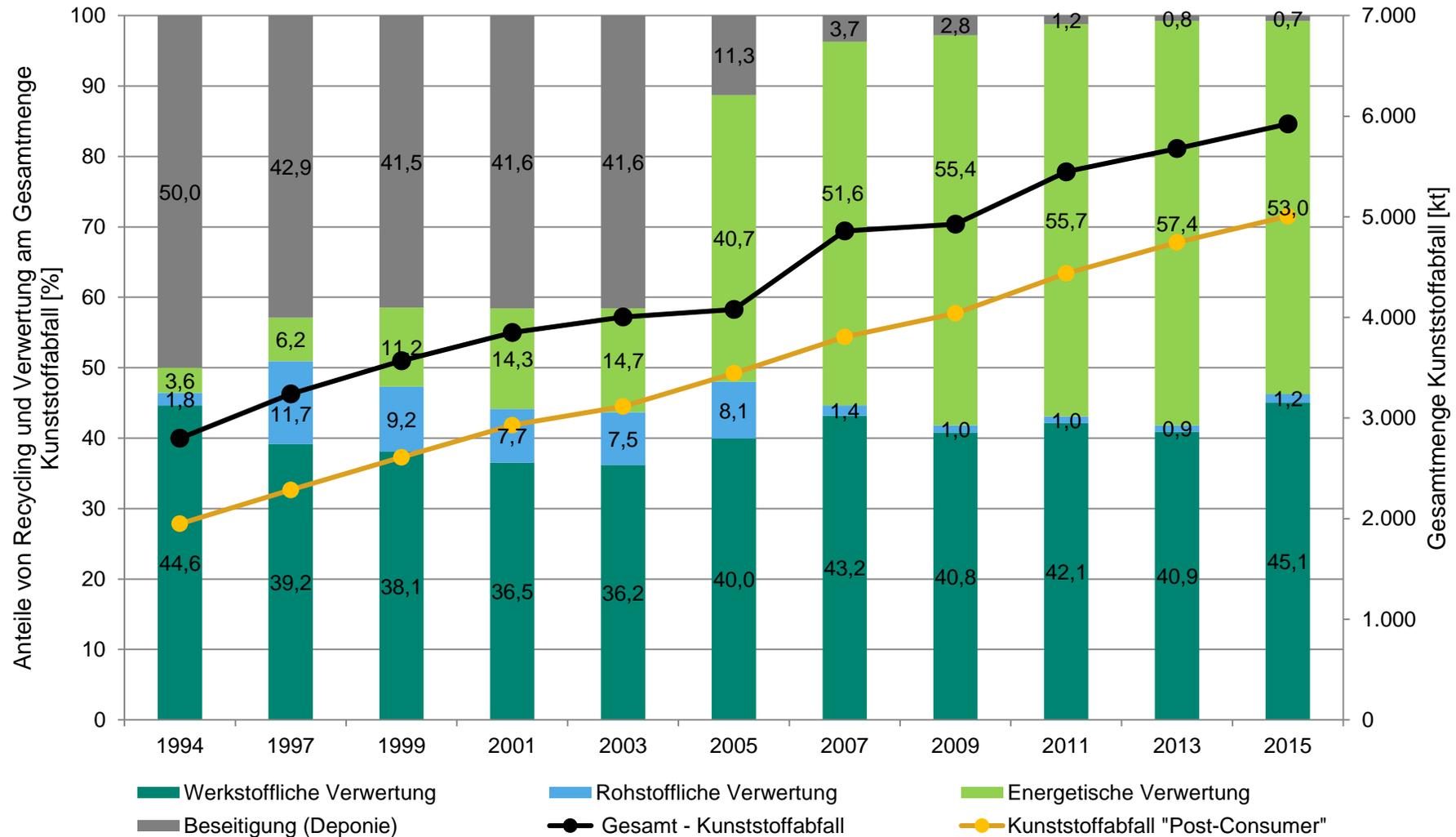
# Rohstoffwandel in der Chemischen Industrie

## Energiewende und Kreislaufwirtschaft



**Kunststoffrecycling als ressourcen- und energieeffizientester Beitrag zur Defossilisierung des Kohlenstoffkreislaufs**

# Kunststoffabfallaufkommen, stoffliche und energetische Verwertung in Deutschland



Umweltbundesamt, 2016

# Kunststoffproduktion und Abfallaufkommen

[ Millionen t / a ]	EU 28+2*	Deutschland**
Kunststoffproduktion	61,8	19,9
Kunststoffverbrauch	51,2	12,6
Kunststoffabfälle	29,1	6,2
- Deponie	7,2	< 0,1
- Energetische Verwertung	12,4	3,2
- Recycling	9,4 (in EU: 7,6)	2,9 (in D: 2,3)

**Zusätzlicher Recyclingbedarf Kunststoffabfälle EU bis 2030: 11 Mt/a**

\*) Lindner,C. et al., Circular Economy of Plastics 2018 EU-28+2, Conversio Market & Strategy GmbH, Mainaschaff (2019)

\*\*\*) Lindner,C., Schmitt, J., Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017, Conversio Market & Strategy GmbH, Mainaschaff (2018)

# Mechanisches Recycling – Sammlung und Sortierung der Verpackungsabfälle



[www.awg-info.de/index.php?id=65](http://www.awg-info.de/index.php?id=65)

[www.erema.com/de/erema\\_news/IDobj=200](http://www.erema.com/de/erema_news/IDobj=200)

[www.reclaygroup.com/de/images/Content/Presse/pressefotos/bilddatenbank/sortierung/161010\\_Sortieranlage\\_Reclay\\_by-ASP\\_DSF3429.jpg](http://www.reclaygroup.com/de/images/Content/Presse/pressefotos/bilddatenbank/sortierung/161010_Sortieranlage_Reclay_by-ASP_DSF3429.jpg)

# Chemisches Recycling von Mischkunststoffabfällen

Technologieforschung am KIT

Shredderleichtfraktion SLF Altfahrzeug



Sortierreste aus LVP-Aufbereitung



Bedeutende  
kunststoffhaltige  
Abfälle

Elektro- / Elektronikabfälle WEEE



Gewerbeabfälle



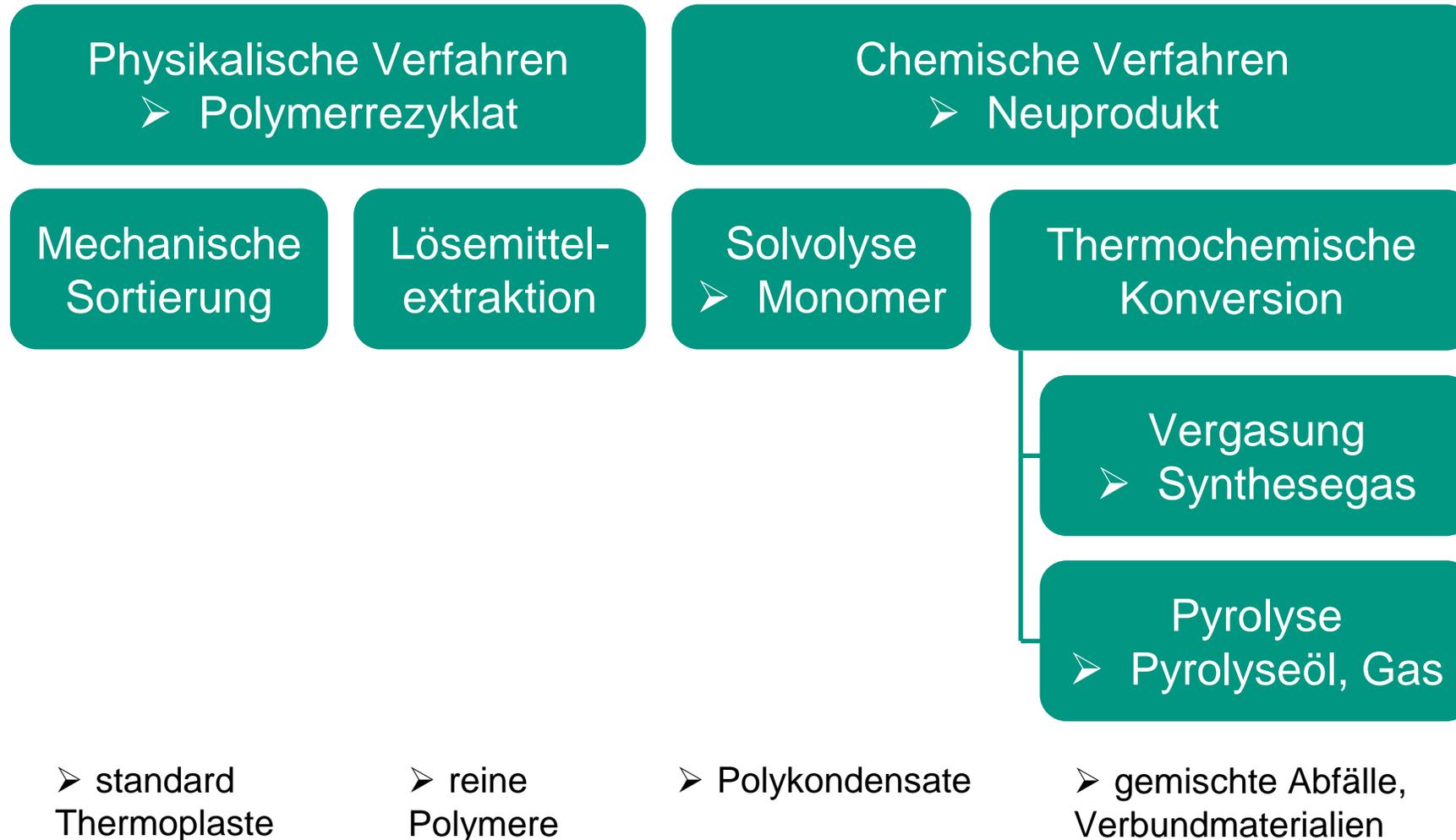
Wärmedämmverbundsysteme  
(EPS, XPS)



WEEE = **W**aste of **E**lectrical and **E**lectronic **E**quipment

LVP = Leichtverpackung

# Recyclingverfahren für Kunststoffabfälle



angewendet auf:

➤ standard Thermoplaste

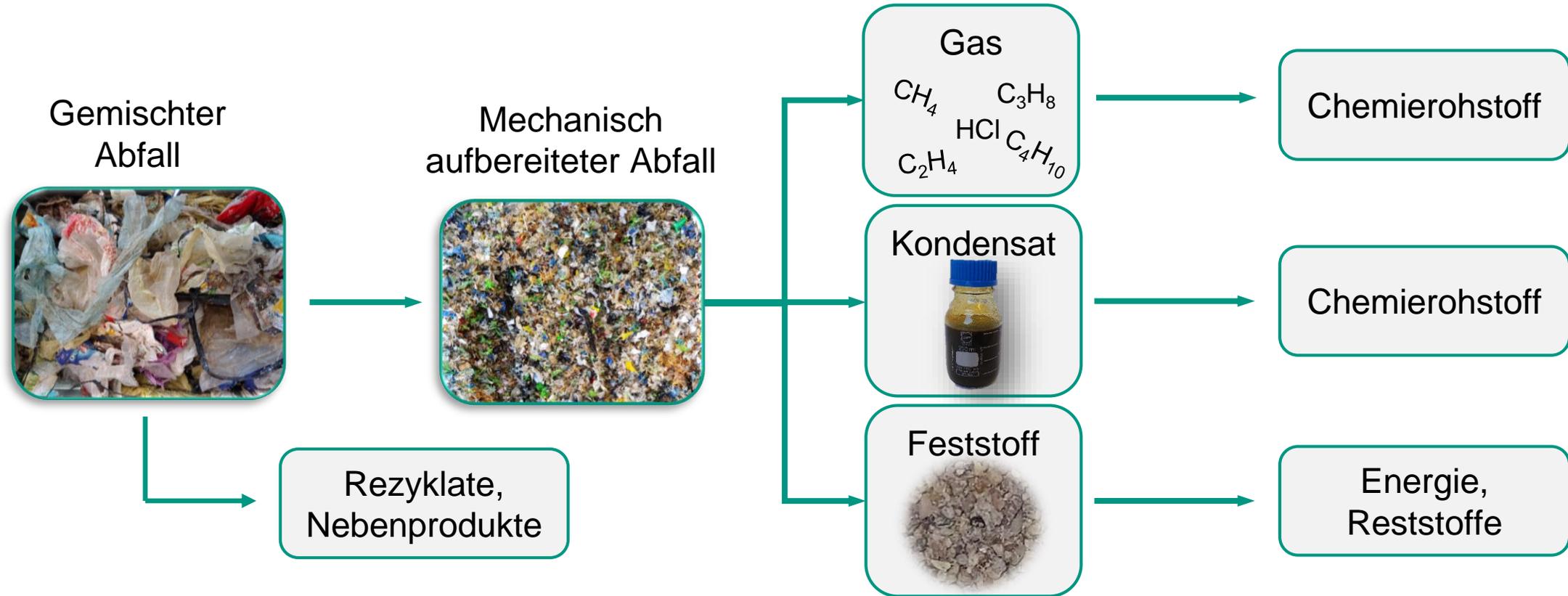
➤ reine Polymere

➤ Polykondensate

➤ gemischte Abfälle, Verbundmaterialien

# Chemisches Recycling von Mischkunststoffabfällen

## Wertschöpfungskette: Beispiel Pyrolyse



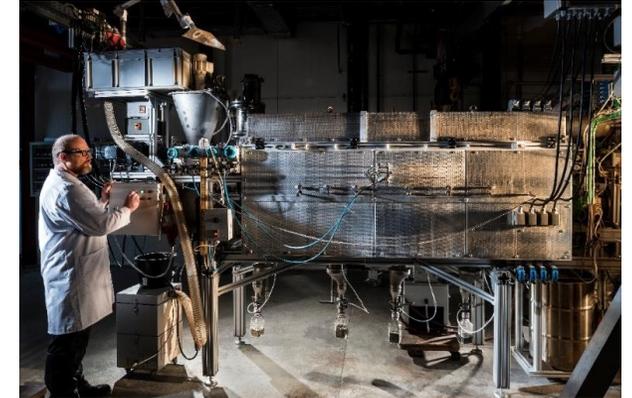
Vorbehandlung

Pyrolyse

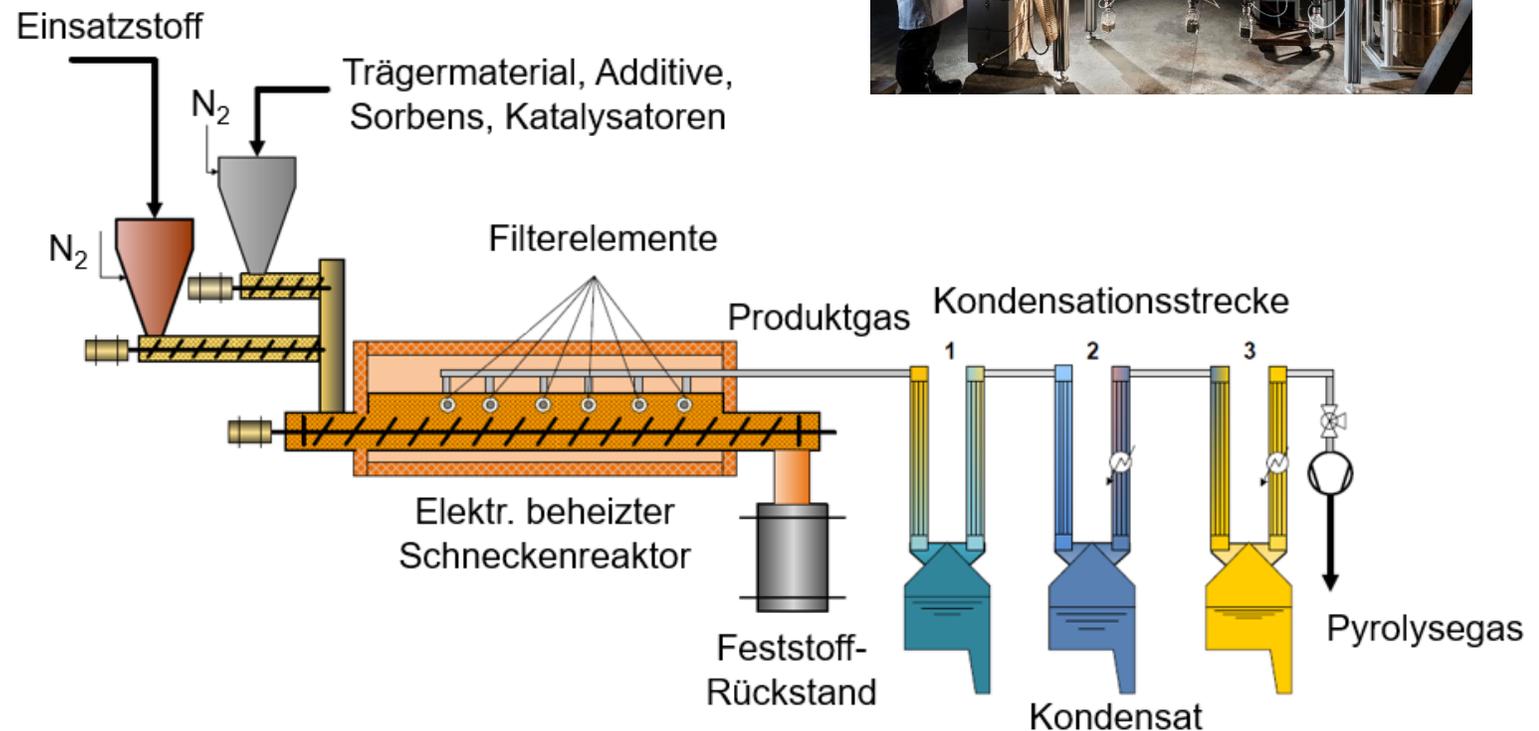
Aufbereitung und Synthese

# Pyrolyseforschung im Technikumsmaßstab

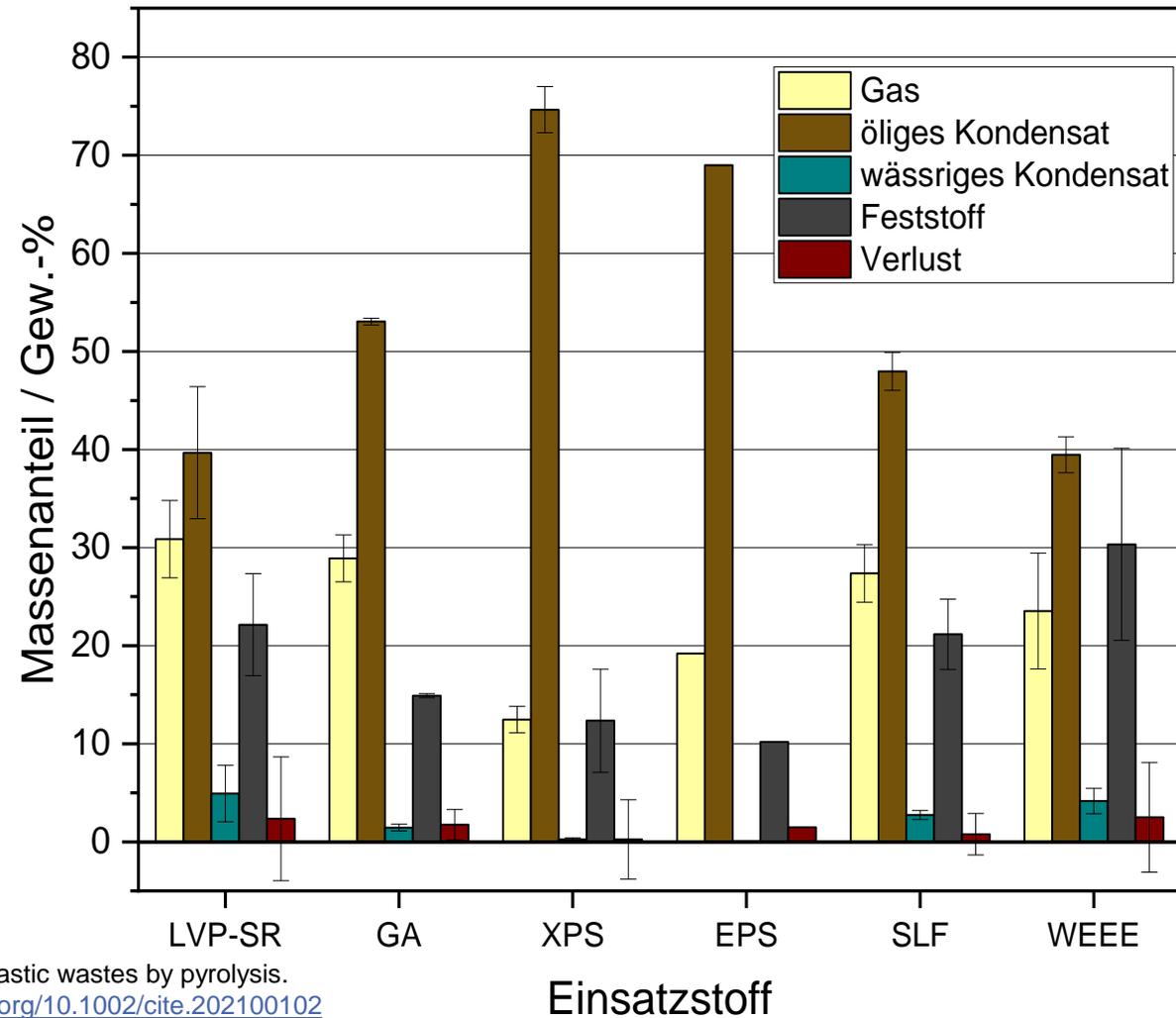
- Schneckenreaktor mit integrierter Heißgas-Filtration
  - Lokale Feststoff- und Gasentnahmestellen
  - In-Situ Schadstoff-Sorption
  - Online Gasmesstechnik



Charakteristische Betriebsgrößen		
Durchsatz	< 10	kg/h
Temperaturbereich	< 550	°C
Druck	1	atm
Feststoff-Verweilzeit	< 60	min
Aufheizrate	100-200	K/min



# Massenbilanz der Pyrolyse

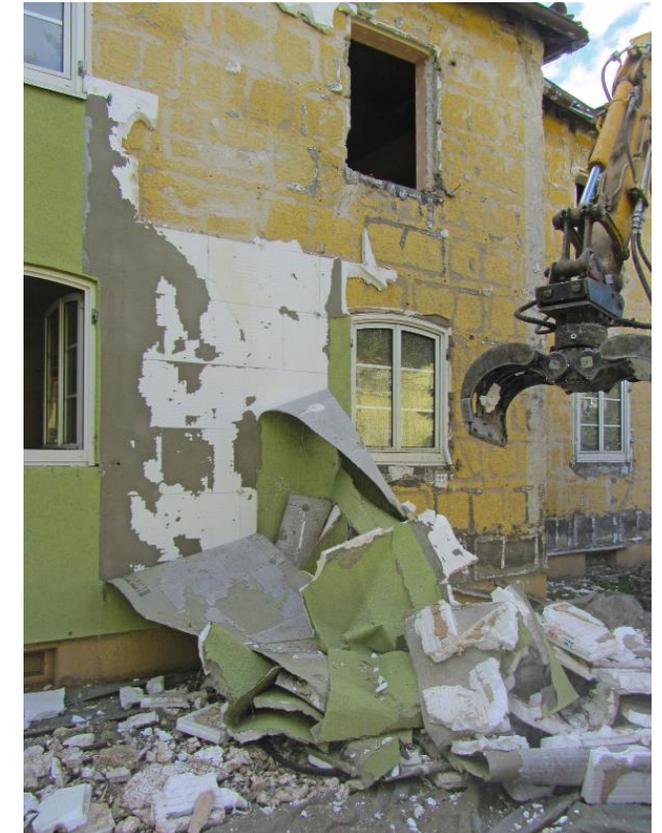


Zeller, M., et al.: Chemical recycling of mixed plastic wastes by pyrolysis.  
 Chem. Ing. Tech. 2021, 93 (11), 1-9. <https://doi.org/10.1002/cite.202100102>

# Energiebilanz der Pyrolyse

Deckung aus den Nebenprodukten des chemischen Recyclings

Einsatzstoff	Energiebedarf für Erwärmen, Schmelzen, Pyrolyse, Verdampfung
	[% des Einsatzstoff-Heizwerts]
LVP-Sortierrest	5,1
Gewerbeabfälle	5,2
Wärmedämmung XPS	4,9
SLF Altfahrzeug	5,4
WEEE	3,7



[www.recovery-worldwide.com/en/artikel/disposal-of-exterior-external-thermal-insulation-composite-systems-containing-eps\\_3187736.html](http://www.recovery-worldwide.com/en/artikel/disposal-of-exterior-external-thermal-insulation-composite-systems-containing-eps_3187736.html)

Quelle: Zeller, M., et al.: Chemical recycling of mixed plastic wastes by pyrolysis. Chem. Ing. Tech. 2021, 93 (11), 1-9. <https://doi.org/10.1002/cite.202100102>

# Kohlenstoff – Recycling

## Pyrolyseöl als Erdölersatz

Einsatzstoff	Anteil an Einsatzstoff-C im öligen Kondensat
	[Gew.-%]
LVP-SR	51,1
GA	60,0
XPS	74,6
EPS	72,9
SLF	57,5
WEEE	60,5

Zeller, M., et al.: Chemical recycling of mixed plastic wastes by pyrolysis. Chem. Ing. Tech. 2021, 93 (11), 1-9. <https://doi.org/10.1002/cite.202100102>

# Massenbilanz in der Wertschöpfungskette: mechanisch/ chemisches Recycling von Leichtverpackungsabfälle (LVP): Pyrolysepfad

