

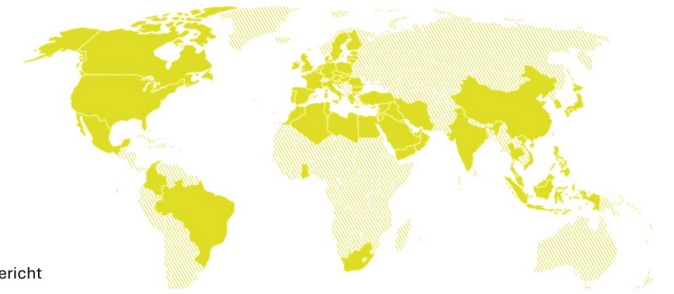
# Chemisches Recycling - Baustein für die stoffliche Verwertung: Potentiale in Deutschland

**BKV-Symposium 2025**

Dr. Klaus Wittstock, BASF SE



**CONVERSIO**  
| market & strategy



Finaler Bericht

**„ Chemisches Recycling in Deutschland –  
Ist-Situation 2024 und Ausblick bis 2030/2035 “**

Erstellt für: BKV GmbH  
Mainzer Landstraße 55  
60329 Frankfurt a.M.

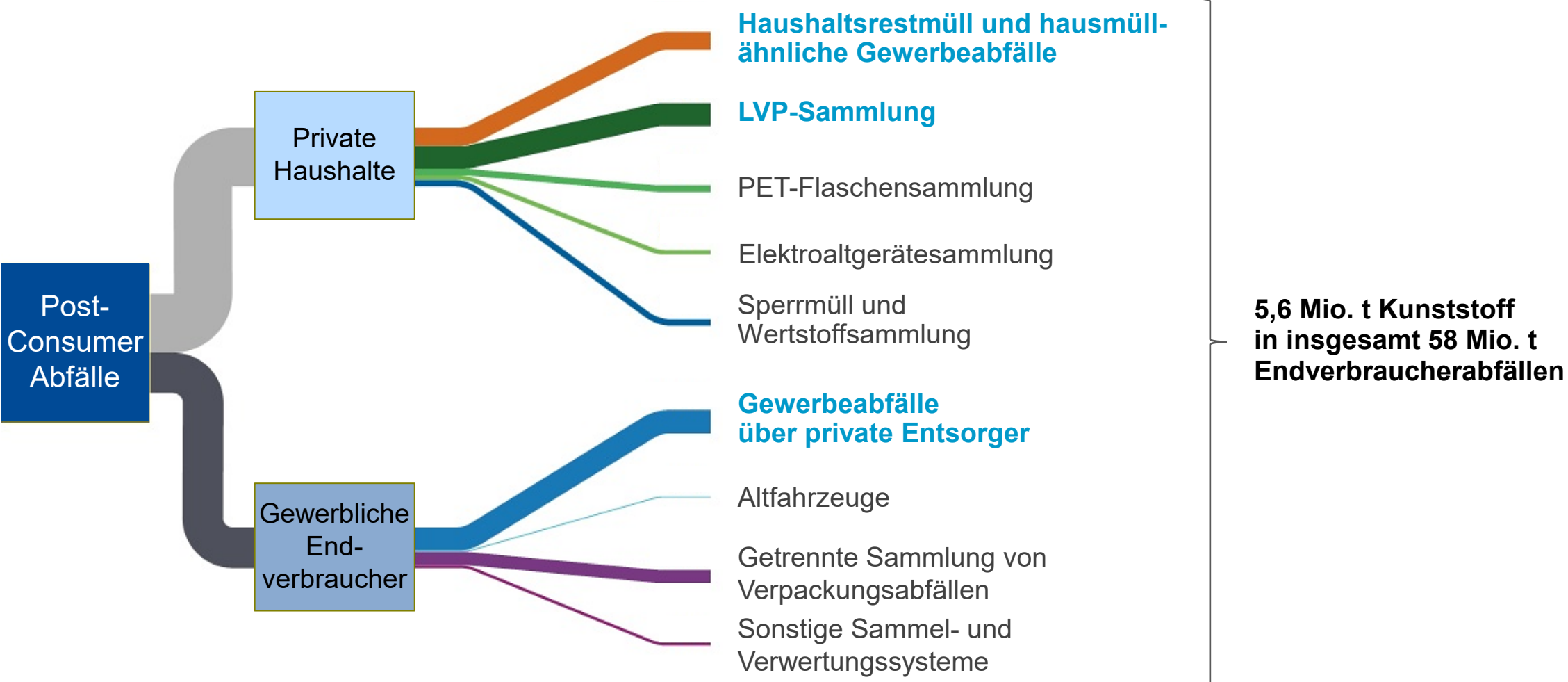
**BKV** KUNSTSTOFF  
KONZEPTE  
VERWERTUNG

# Wie nähern wir uns nun der Frage?

- Kohlenstoffkreisläufe?
- Resilienz der deutschen/europäischen Kunststoffindustrie (Herstellung, Verarbeitung, Recycling, Maschinenbau)?
- Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit?
- Mechanisches Recycling versus oder mit Chemischem Recycling?
- Was ist eigentlich genau Chemisches Recycling?
- Rezyklatqualitäten und Rezyklatbedarf?
- Recyclingkapazitäten – historisch, heute, Zukunft?

**➔ Zu allen Fragen gibt es BKV-Studien und praktische Erfahrungen**

# Kunststoff-Endverbraucherabfälle: Struktur der Abfallerfassung



# Große Kunststoffabfallströme in der EU



**Verpackungsabfall**  
~16 Millionen Tonnen

**Textilabfall**  
~6 Millionen Tonnen

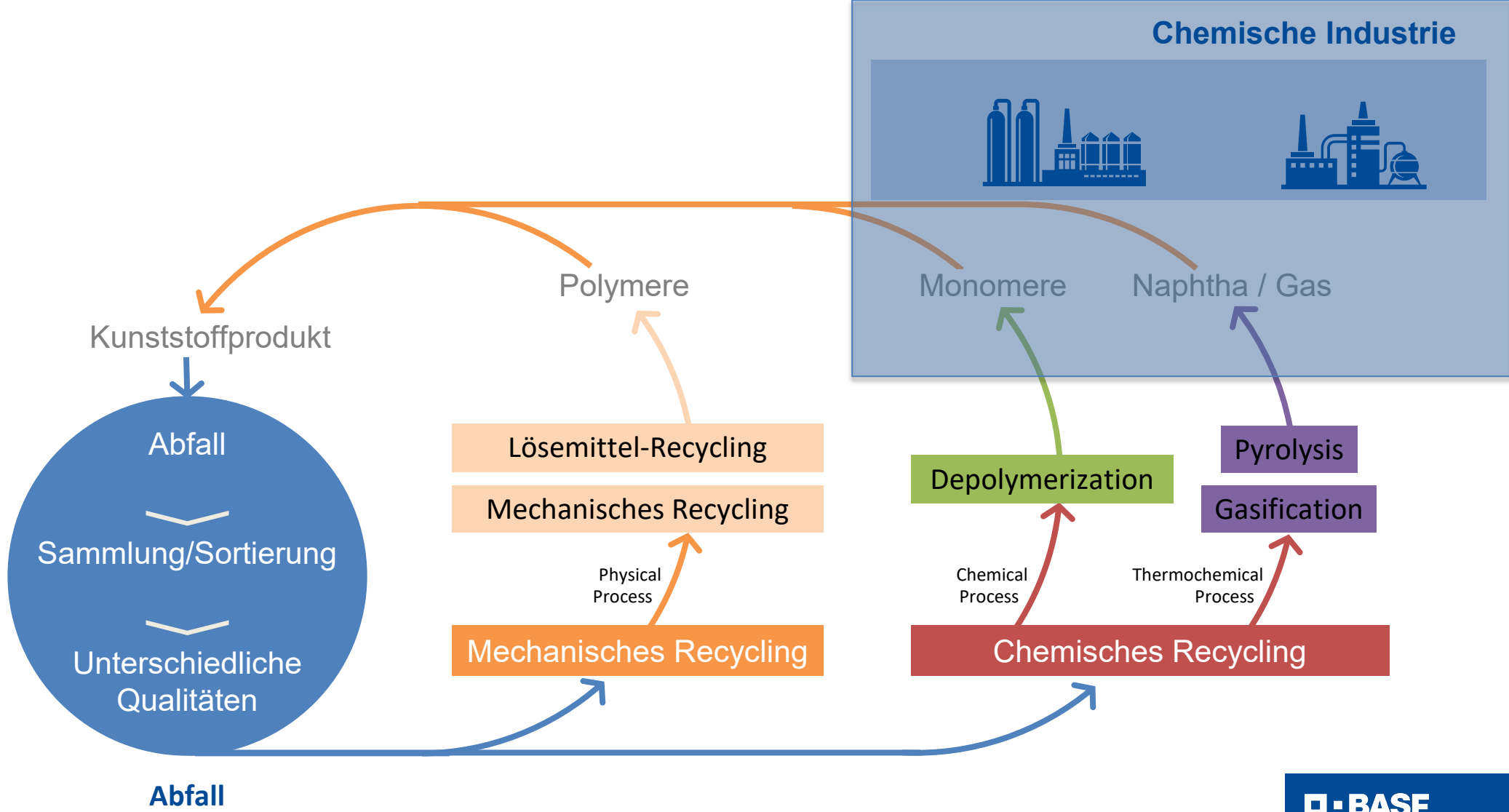
**Altreifen**  
~3 Millionen Tonnen

**Matratzen**  
~2 Millionen Tonnen

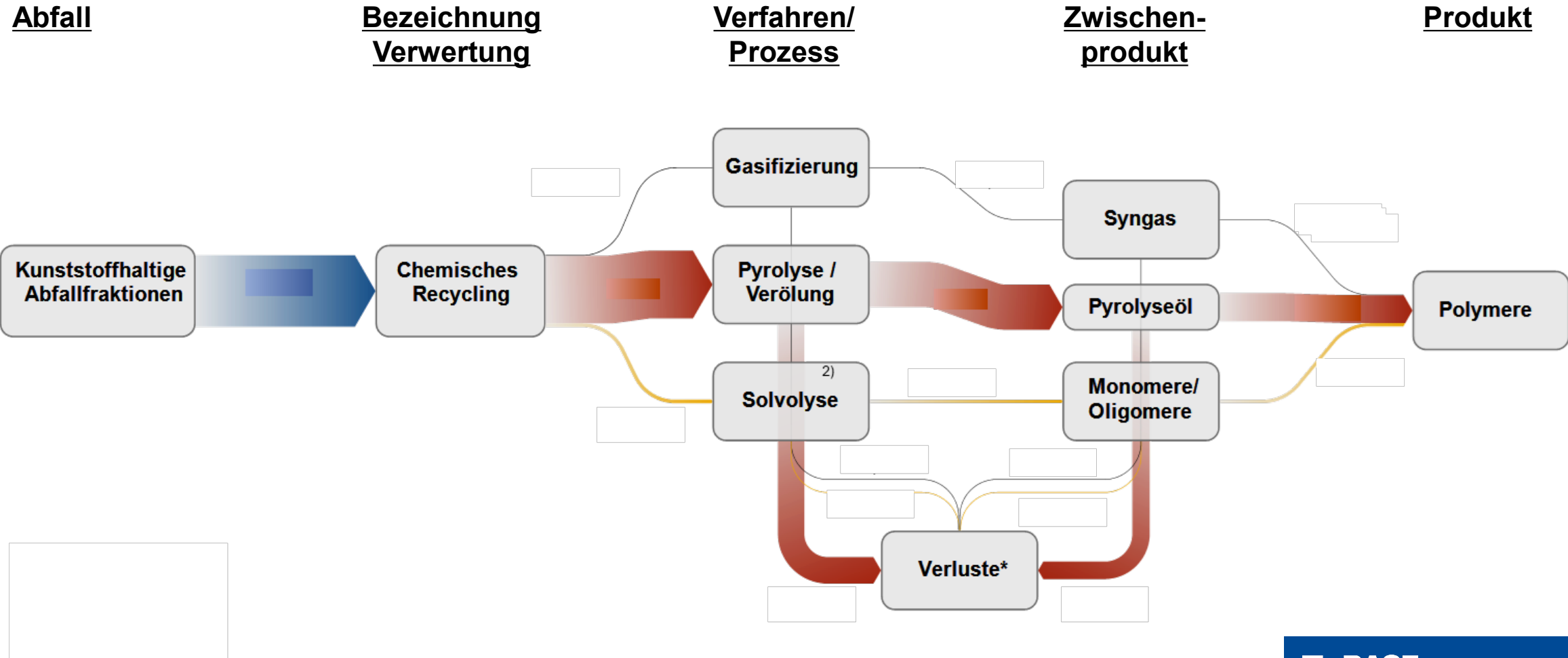
**Shredder  
Leichtfraktion**  
~2 Millionen Tonnen

**Verpackungsrecycling mit großem Abstand am weitesten entwickelt**

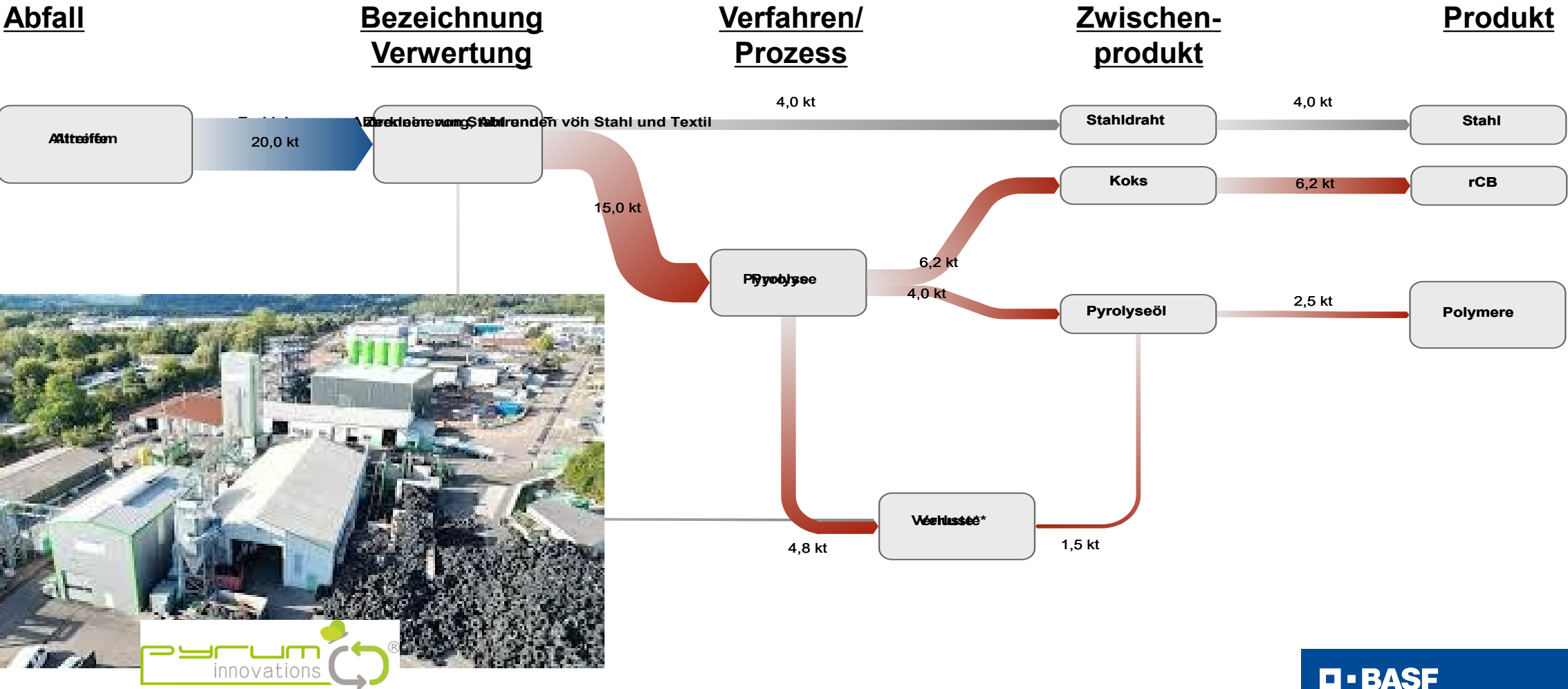
# Recyclingtechnologien – Chemische Industrie macht's möglich



# Chemisches Recycling - Technologien



# Chemisches Recycling - Altreifenrecycling



# Chemisches Recycling: Kenntnis und Erfahrungen durch Studien und Projekte

■ Aktivitäten im Bereich des chemischen Recyclings – als eines neben weiteren Verwertungsoptionen – seit mehr als 30 Jahren, u.a.:

- KAB: Hydrierung
- Berlin Consult: Pyrolyse
- SVZ: Gasifizierung

■ Aufzeigen der technologischen Machbarkeit zur Verwertung heterogener und vermischter Abfallströme

- Techno-ökonomische Analyse
- Bewertungsgrundlagen
- ...

The collage contains several documents:

- VERWALTUNGS ARCHIV**: A table of contents for a report on the recycling of aluminum and electronic scrap.
- KuRT – Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien**: A project charter for a concept phase of a funding measure. The theme is "Scalable, flexible Pyrolyse technology for plastic waste fractions". The acronym is ChemRecPolymer. The project leader is Prof. Dr.-Ing. Dieter Stapf from the Karlsruhe Institute of Technology.
- Großtechnischer Versuch zur Verwertung von Shredderleichen und Schlackebädern der SVZ**: A technical report on the large-scale experiment for the disposal of shredder residues and slag baths from the SVZ. Authors: Dr. rer. nat. B. Dipl.-Ing. R. Spreitzl / Spreitzl, 25.11.2003.
- CONVERSIO market & strategy**: A market study report titled "Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2023 - Zahlen und Fakten zum Lebensweg von Kunststoffen".
- A030 018a Bewertungsgrundlagen der Pyrolyse von gemischten Kunststoffabfällen**: An abstract report on the evaluation of pyrolysis for mixed plastic waste. Authors: Michael Zeller, Hans Leibold, Niklas Naeck, Frank Becker, Dieter Stapf.
- Study "Thermal Processes for Feedstock Recycling of Plastics Waste"**: A study conducted by KIT Karlsruhe Institute of Technology and Conversio Market & Strategy GmbH.

# Adressierte Polymere und akzeptable Störstoffe

## Input-Material und Vorbehandlung

### Übersicht über adressierte Polymere und akzeptable Störstoffgehalte

Technologie	Komponente im umzusetzenden Abfall											
	PET	HDPE	LDPE	PP	PVC	PS	PC	ABS	PA	PUR	PMMA	Andere <sup>4)</sup>
Solvolyse												
Pyrolyse <sup>1)</sup>	*				+		*	*	*	*	* <sup>3)</sup>	*
Gasifizierung												

Stört Reaktion im Prozess nicht, aber unwirtschaftlich bei hohen Gehalten

<2% (+) bzw. <5% (\*) akzeptabel

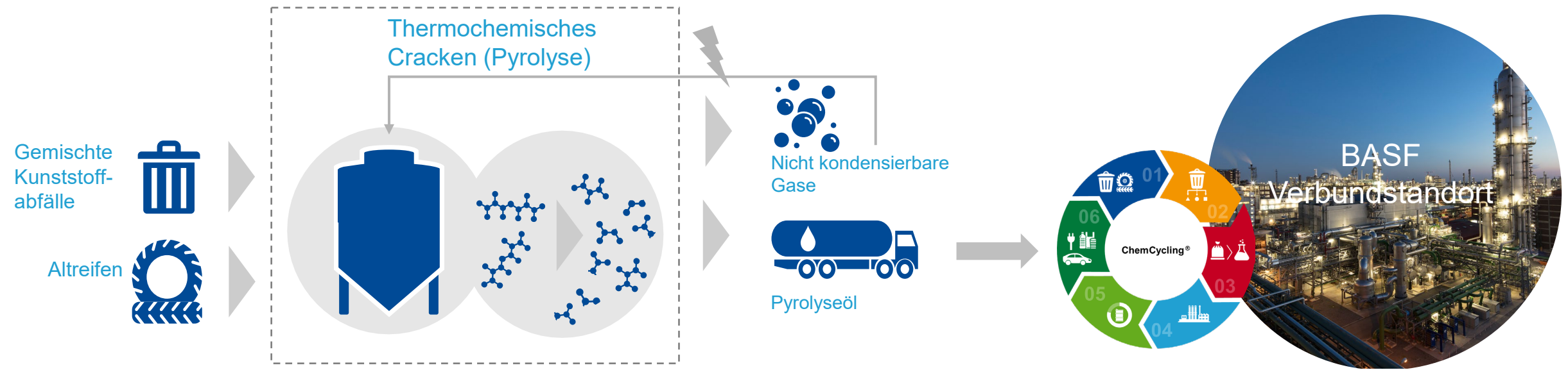
<15% akzeptabel

Zielverbindung

Hinweis: Je nach Prozessparametern, Zuschlagstoffen und gewünschtem Output variieren die Toleranzen von Anlage zu Anlage stark

➔ **Alle Recyclingverfahren werden für die unterschiedlichen Abfallströme benötigt! Die Chemische Industrie stellt alle Verfahrensvarianten zur Verfügung (Beispiele von BASF)**

# Pyrolyse von Kunststoffabfällen



## BASF-Kooperationen zur Sicherung der Rohstoffversorgung

Geeignete Abfallzufuhr



Gemischte Kunststoffabfälle



Altreifen



# Depolymerisation von Polyurethanen



Die nächste Stufe: Autositze

- Schwer zugänglicher Abfall
- Höhere Trennung von Schaumstoffen

BASF gewinnt **hochwertige Polyole** aus alten Matratzen und Sitzen zurück.

# Depolymerisation von Polyamiden

Dr. Martin Bruder Müller | Followerin  
Vorstandsvorsitzender BASF  
1 Monat

A huge step towards #CircularEconomy: loopamid® is here! BASF is the first to close the loop for polyamide 6 entirely from textile waste: by turning used garments into new raw materials for nylon, we enable circularity for the textile industry. Our customer and collaboration partner #Inditex has brought loopamid® to life, with the launch of the very first polyamide 6 capsule collection entirely made from textile waste. This is another milestone on our journey towards a more sustainable future. And it shows that at BASF, we mean it – we drive the sustainable transformation of our company and the various customer industries we serve. #followthethread #sustainability #circularity #sustainablefashion



Übersetzung anzeigen

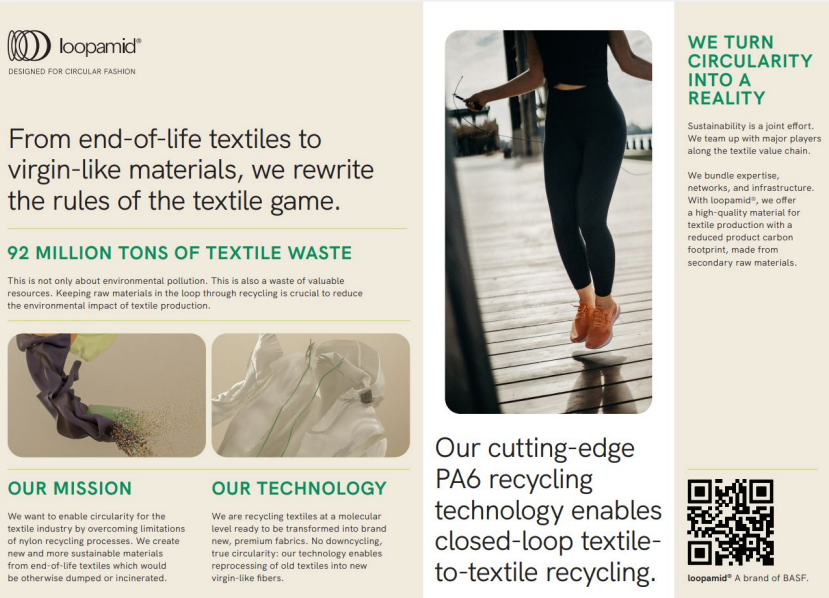
BASF  
2.191.340 Followerinnen  
1 Monat

Today, #BASF and #Inditex jointly announce a breakthrough in their efforts for boosting recyclability in the textile industry. With the launch of loopamid®, a polyamide 6 (PA6, also known as nylon 6) made from 100 percent textile waste, BASF is providing the first circular solution for nylon apparel made entirely from textile waste. Zara has created a jacket made from 100 percent loopamid, available worldwide as of today. Following a "design for recycling" approach, all parts, including fabrics, buttons, filling, hook and loop and zipper are made from loopamid. #followthethread #sustainability #circularity #sustainablefashion

Übersetzung anzeigen



BASF and Inditex make a breakthrough in textile-to-textile recycling with loopamid, the first circular nylon 6 entirely based on textile waste  
basf.com • Lesedauer: 4 Min.



From end-of-life textiles to virgin-like materials, we rewrite the rules of the textile game.

**92 MILLION TONS OF TEXTILE WASTE**

This is not only about environmental pollution. This is also a waste of valuable resources. Keeping raw materials in the loop through recycling is crucial to reduce the environmental impact of textile production.

**OUR MISSION**  
We want to enable circularity for the textile industry by overcoming limitations of nylon recycling processes. We create new and more sustainable materials from end-of-life textiles which would be otherwise dumped or incinerated.


**OUR TECHNOLOGY**  
We are recycling textiles at a molecular level ready to be transformed into brand new, premium fabrics. No downcycling, true circularity: our technology enables reprocessing of old textiles into new virgin-like fibers.

WE TURN CIRCULARITY INTO A REALITY

Sustainability is a joint effort. We team up with major players along the textile value chain.

We bundle expertise, networks, and infrastructure. With loopamid®, we offer a high-quality material for textile production with a reduced product carbon footprint, made from secondary raw materials.

Our cutting-edge PA6 recycling technology enables closed-loop textile-to-textile recycling.



loopamid® A brand of BASF.

## Textil zu Textil

## Neue Recyclingverfahren für Polyamide aus Altfahrzeugen:

➤ Depolymerisation.

Depolymerisation von PA6 zu Monomer Caprolactam, anschließend Aufreinigung und erneute Polymerisation zu hochwertigem Polyamid

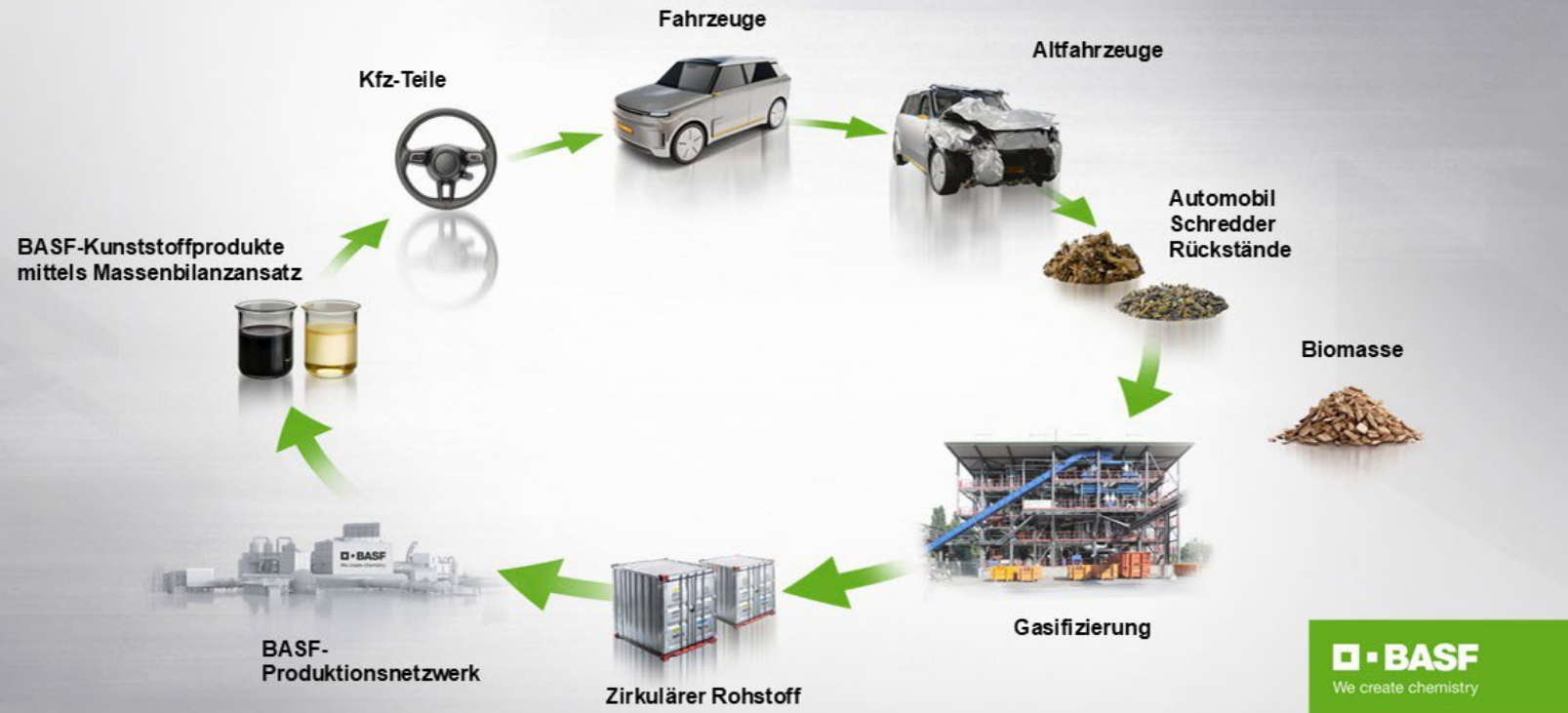


Stabilizer Link für MB

## Verstärkte Polyamide

# BASF, Porsche und BEST schließen Pilotprojekt zum chemischen Recycling erfolgreich ab

Gasifizierung: Wie man Kohlenstoff für komplexe Abfallströme im Kreislauf hält - ein Automobil-Pilotprojekt



Komplexe Abfallströme aus Altfahrzeugen lassen sich durch chemisches Recycling zum Wiedereinsatz in der Schaumstoff-Herstellung für Lenkräder aufbereiten

Erstmals wurden über ein Gasifizierungsverfahren fossile Rohstoffe vollständig durch zirkuläre, automobilabfallhaltige Ströme ersetzt, um neue Kunststoffe herzustellen

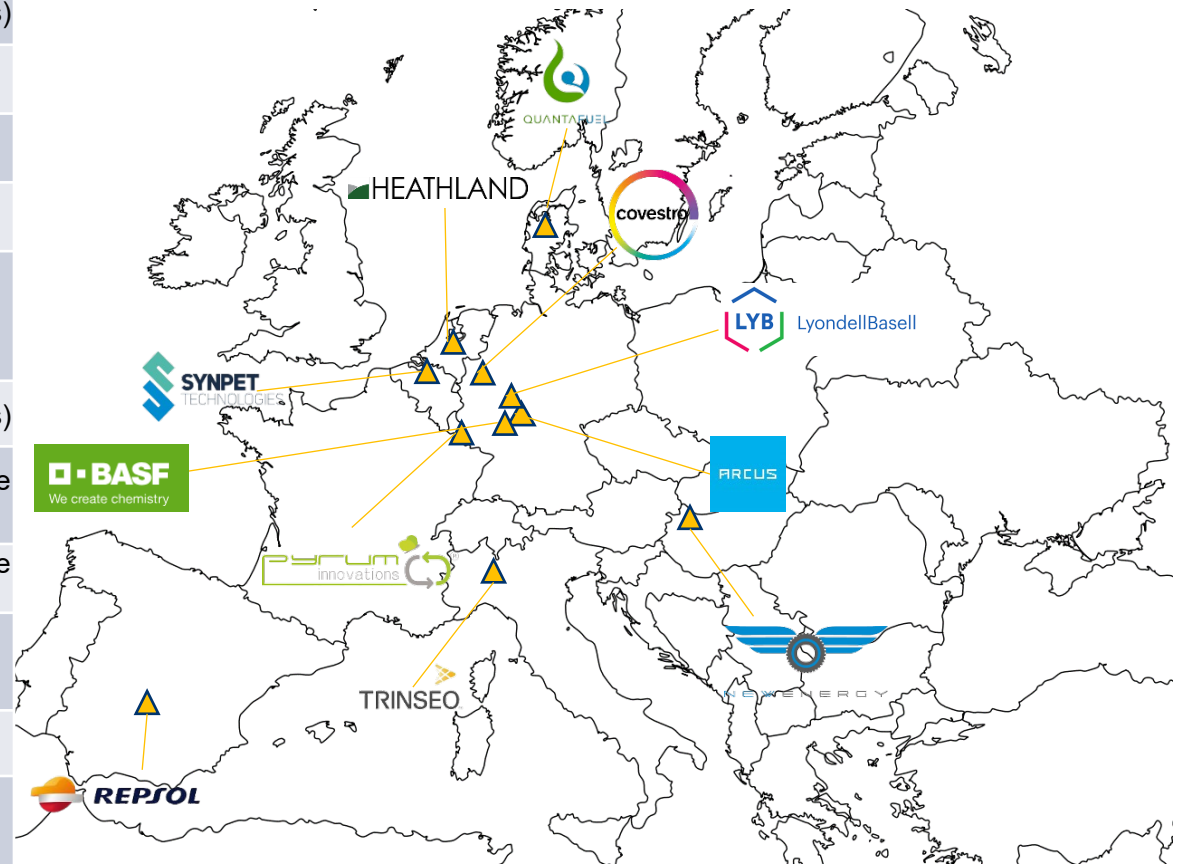
# Gasifizierung wurde bereits vor 25 Jahren in Deutschland praktiziert.



# Chemische Recyclinganlagen, die in der Lage sind, Abfälle aus Altfahrzeugen zu verarbeiten, befinden sich größtenteils noch in der Entwicklung.

Bestehende und geplante chemische Recyclinganlagen, die ELV-Abfälle verarbeiten können

Recycler	Standort	TRL /Kapazität	Technologie	Input
Trinseo/Heathland	Utrecht, NL	Pilot, Tbd	PMMA-Depolymerisation	PMMA (Rear lights)
REPSOL	Puertollano, ESP	In operation since 2022, 2 kt/a	PU-Solvolyse	PU (Car seats)
Covestro PC	Leverkusen, DE	Pilot, operating since 2023	Chemolysis-process	PC
Covestro PUR	Leverkusen, DE	Pilot, operating since 2021	PU-Solvolyse	PU (Car seats)
LYB (MoReTec)	Ferrara Wesseling	Semi-industrial pilot plant started 2020 Operating 2027 50 kt	Pyrolyse	Primarily plastic packaging
Trinseo	Rho, ITA	Pilot, planned for 2024; facility permanently closed	Depolymerisation	PMMA (Rear lights)
Quantafuel*	Skive, DK	Commercial operations Since 2020, up to 20 kt/a	Pyrolyse	Mixed plastic waste (in parts ASR)
ARCUS*	Frankfurt a.M., DE	Commercial operations, up to 100 kt/a	Pyrolyse	Mixed plastic waste (in parts ASR)
Pyrum*	Dillingen/Saar, DE	Commercial operations since Q1/2023, 5kt/a	Pyrolyse	Old tyres
New Energy*	Győr, HUN	Commercial operations Since Q4/2021	Pyrolyse	Old tyres
Synpet	Antwerpen, BEL	Commercial operations planned for 2030; 820kt/a (~46 kt/a PO)	Pyrolyse	ASR
BASF	Ludwigshafen, GER	Lab-scale	Hydrocycling (Pyrolyse in hydrogen-atmosphäre)	ASR, MK350

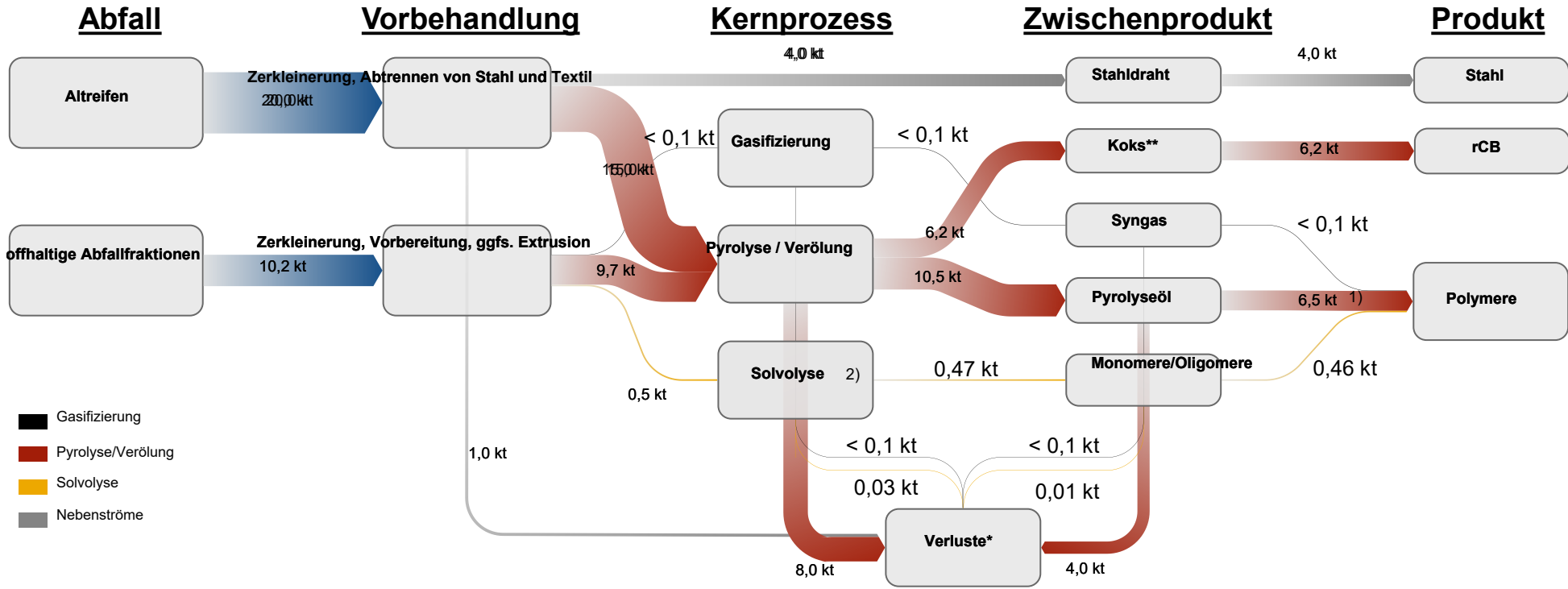


\* BASF ist einer der führenden Abnehmer des produzierten Pyrolyseöls, das in den Anlagen von Quantafuel, Arcus, Pyrum und New Energy hergestellt wird..

\*\* HydroPRS™ = Hydrothermale Kunststoffrecycling-Lösung

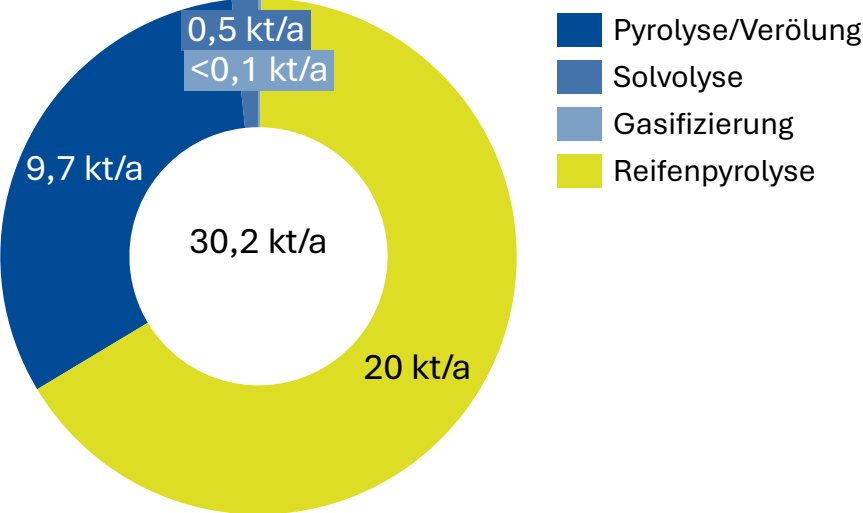


# Input- und Output-Kapazitäten chemischer Recyclinganlagen in Deutschland für Post-Consumer Altkunststoffe und Altreifen im Jahr 2024 (vereinfachte schematische Darstellung)

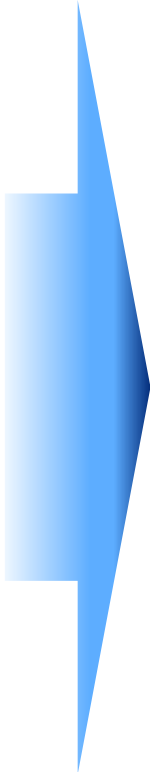
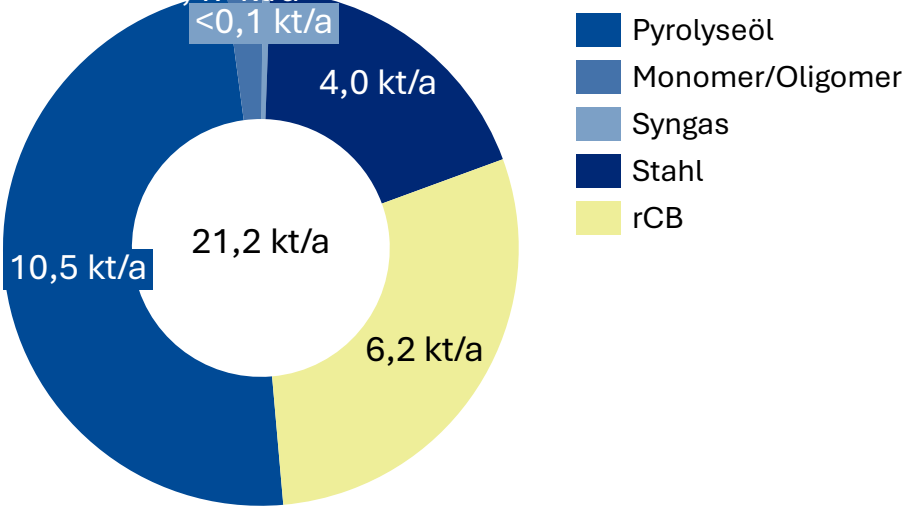


# Input- und Output-Kapazität von CR-Anlagen in Deutschland 2024

Input-Kapazität chemische Recyclinganlagen  
2024 in Deutschland<sup>1</sup>

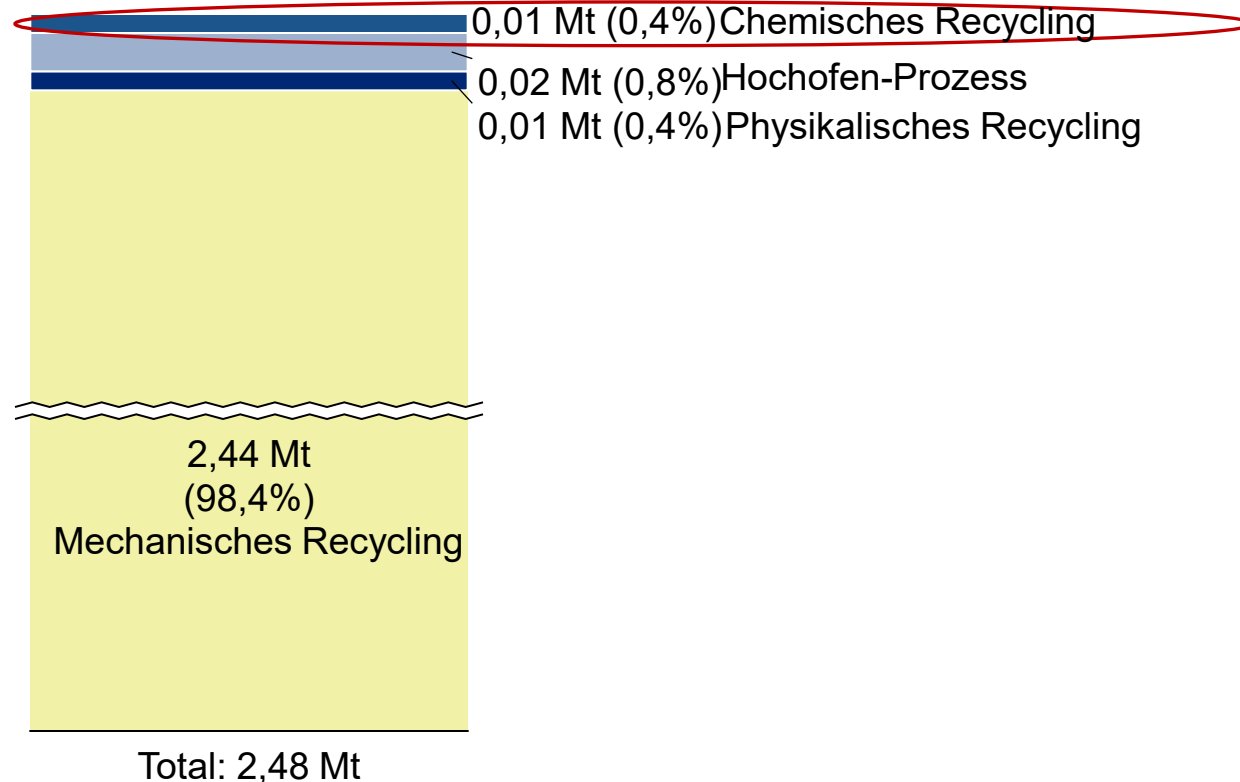


Output-Kapazität chemische Recyclinganlagen  
2024 in Deutschland<sup>1</sup>



# Einordnung: Chemisches Recycling und andere stoffliche Verwertungsmethoden

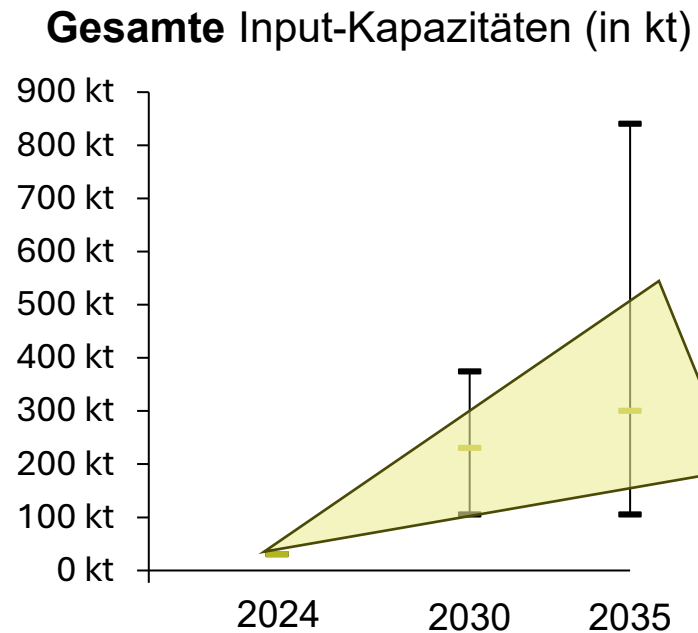
Stoffliche Verwertung von kunststoffhaltigen Post-Consumer Abfällen nach Technologie<sup>1</sup> im Jahr 2023 in Deutschland



- Das **mechanische Recycling** ist bei weitem die **mengenmäßig bedeutendste Technologie** zur stofflichen Verwertung von kunststoffhaltigen Post-Consumer Abfällen (Anteil: 98,4%).
- Das **chemische-** und auch das **physikalische Recycling** spielen mit je 0,4% Anteil an der stofflichen Verwertung von Kunststoffhaltigen Post-Consumer Abfällen in Deutschland **aktuell untergeordnete Rollen**, haben aber starkes **Wachstumspotential**.<sup>1</sup>
- Der Einsatz von Kunststoffabfällen **als Reduktionsmittel** im Hochofenprozess (Eisenherstellung) ist zwar schon lange etabliert, aber auf ähnlich niedrigem Niveau (0,8%).

<sup>1</sup> Potentiale ergeben sich maßgeblich durch das Erschließen aktuell energetisch verwerteter Abfallströme für die stoffliche Verwertung

# Prognose von Input- und Output-Kapazitäten bis 2030/2035



Es wurden drei Szenarien erstellt:

## ■ Konservatives Szenario (unterer schwarzer Balken)

- Konservative Abschätzung der Kapazitätsentwicklung, die nur Anlagen in Bau enthält
- ~105 kt Input Kapazität in 2035 (CAGR: 12%)

## ■ Realistisches Szenario (mittlerer grüner Balken)

- Subjektive Abschätzung der Kapazitätsentwicklung, die Wahrscheinlichkeiten zur Fertigstellung (z.B. Stand des Genehmigungsverfahrens) berücksichtigt
- ~300 kt Input Kapazität in 2035 (CAGR: 23%)

## ■ Progressives Szenario (oberer schwarzer Balken)

- Ambitionierte Abschätzung, in der alle angekündigten Pyrolyse-Anlagen realisiert werden und zusätzlich weitere Solvolyse- und Gasifizierungsanlagen gebaut werden
- ~840 kt Input Kapazität in 2035 (CAGR: 36%)

# Fazit

## Alle Verfahren

- sind technisch entwickelt – manchmal müssen noch kleinere Schritte bis zur Marktreife getan werden,
- aber alle Verfahren sind oder waren schon mal technisch verfügbar
- sind ökologisch vorteilhafter als Verbrennung oder Deponierung (aber nicht unbedingt wirtschaftlicher)

## Alle Recyclingverfahren werden für die unterschiedlichen Abfallströme benötigt

- Mechanisches Recycling (wenn überhaupt möglich) ist ökologisch und oft auch ökonomisch die beste Variante
- Chemisches Recycling ist oft teurer (Nutzen chemischer Prozesse), erschließt aber Recycling für mechanisch nicht rezyklierbare Abfälle und stellt high-tec-Produkte ohne Marktbeschränkung zur Verfügung
- Konkurrenzfrage zwischen mechanischem Recycling und chemischen Recycling stellt sich nicht wirklich

## ➔ Pragmatisches Vorgehen: alle Verfahren nutzen

- Fehler in Kauf nehmen
- Nachjustieren bei Fehlentwicklungen
- Gesetze als Support (wie fast überall und seit jeher in der Abfallwirtschaft) – hier für Chemisches Recycling: Anerkennung stoffliche Verwertung und Massenbilanz sowie Einführung von Rezyklateinsatzquoten
- Leitgrößen zum Erschließen der Potentiale
  - ✓ Abfallströme die nicht rezykliert werden - Rezyklate in hochwertigste Anwendungen (Auto, Lebensmittel)
  - ✓ Schließen von Kohlenstoffkreisläufen als Ziel
  - ✓ Resilienz der Kunststoffindustrie



We create chemistry