

# Chemisches Recycling von Automobilkunststoffen mittels Pyrolyse

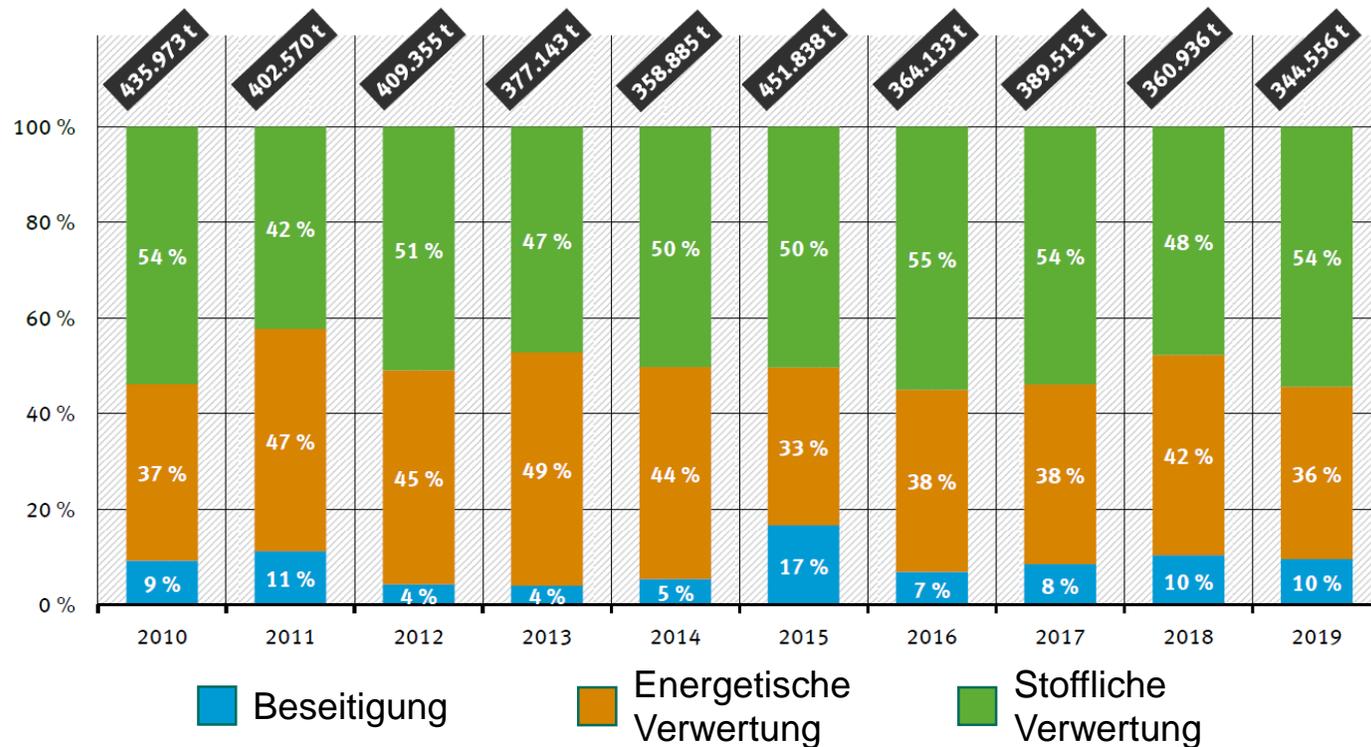
Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz | Malte Hennig, Christoph Stalkamp, Rebekka Volk, Dieter Stapf



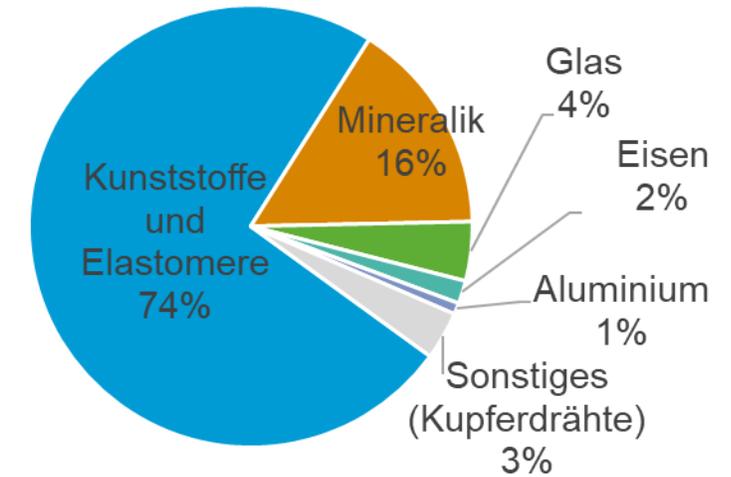
Foto: Markus Breig, KIT

# Entsorgung von Automobilkunststoffen – Status quo

Entsorgung der Schredderleichtfraktion aus den Schredderanlagen mit Restkarossenverwertung



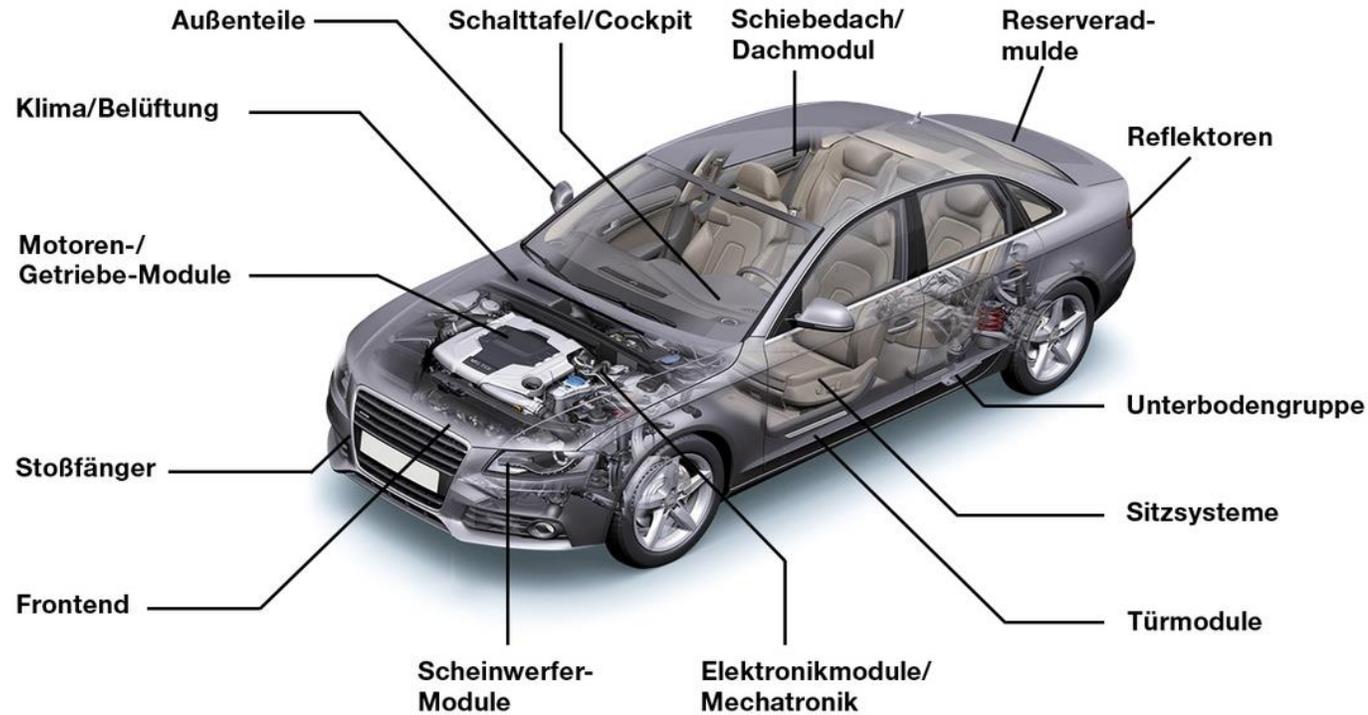
Zusammensetzung der Schredderleichtfraktion aus der Altfahrzeugverwertung



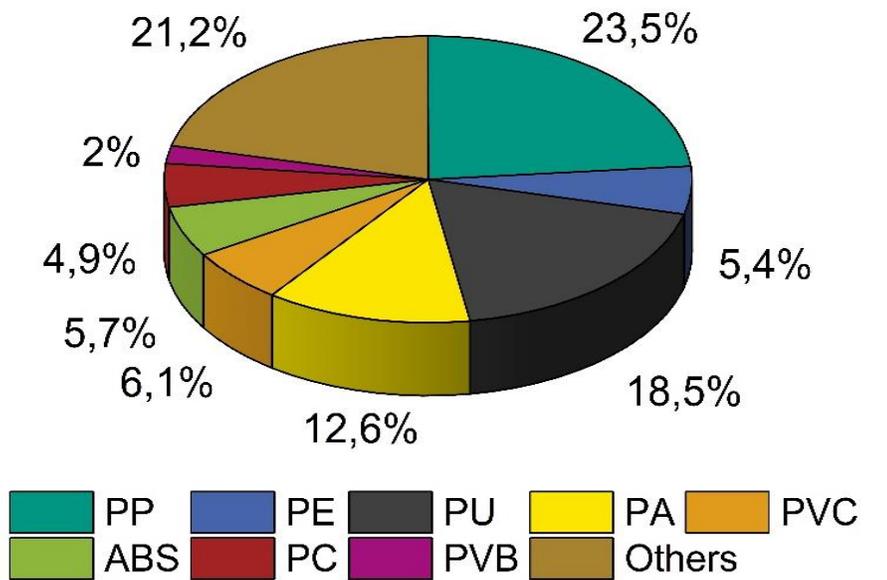
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#verwertung-der-schredderleichtfraktion>, abgerufen am 14.06.2022, bearbeitet

Sander et al. (2020): Evaluierung und Fortschreibung der Methodik zur Ermittlung der Altfahrzeugverwertungsquoten durch Schredderversuche unter der EG-Altfahrzeugrichtlinie 2000/53/EG. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Texte, 15/2020).

# Kunststoffe im Automobil



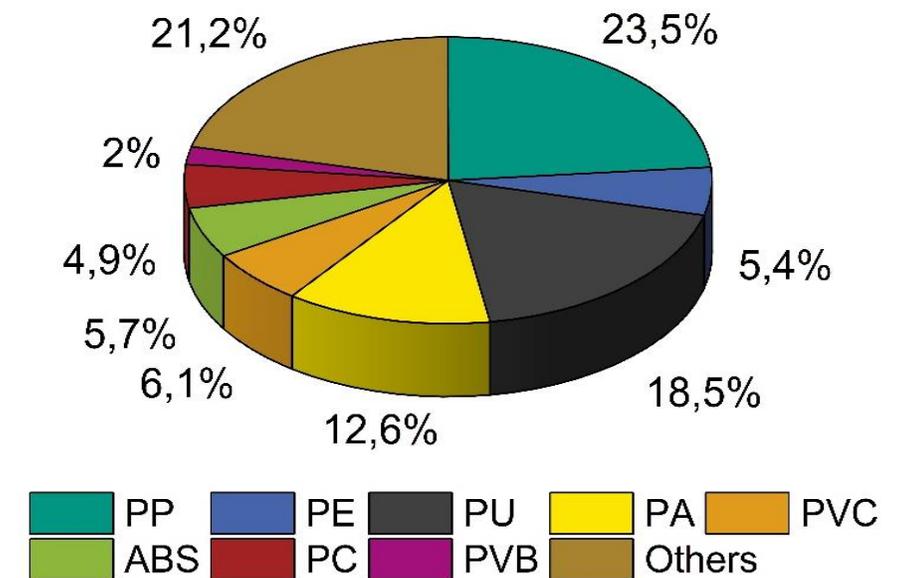
<https://chemie-am-auto.de/interaktive/interaktiv/seite3/index.html>, abgerufen am 01.10.2021



Daten: *Plastic and Polymer Composites in Light Vehicles*, American Chemistry Council, 2020

# Kunststoffe im Automobil

- Sortierung aus komplexem Kunststoffabfallgemisch sehr schwierig
- Funktionalisierung verhindert hochwertiges mechanisches Recycling für Anwendungen in sicherheitsrelevanten Bauteilen
- Zukünftig verpflichtender Einsatz von Kunststoffen aus recyceltem Material auch in komplexen Anwendungen denkbar



Daten: *Plastic and Polymer Composites in Light Vehicles*, American Chemistry Council, 2020

**Chemisches Recycling eröffnet Möglichkeit zur Herstellung von Kunststoffen in Neuwarequalität aus mechanisch nicht recyclebaren Kunststoffabfällen**

# Zielsetzung

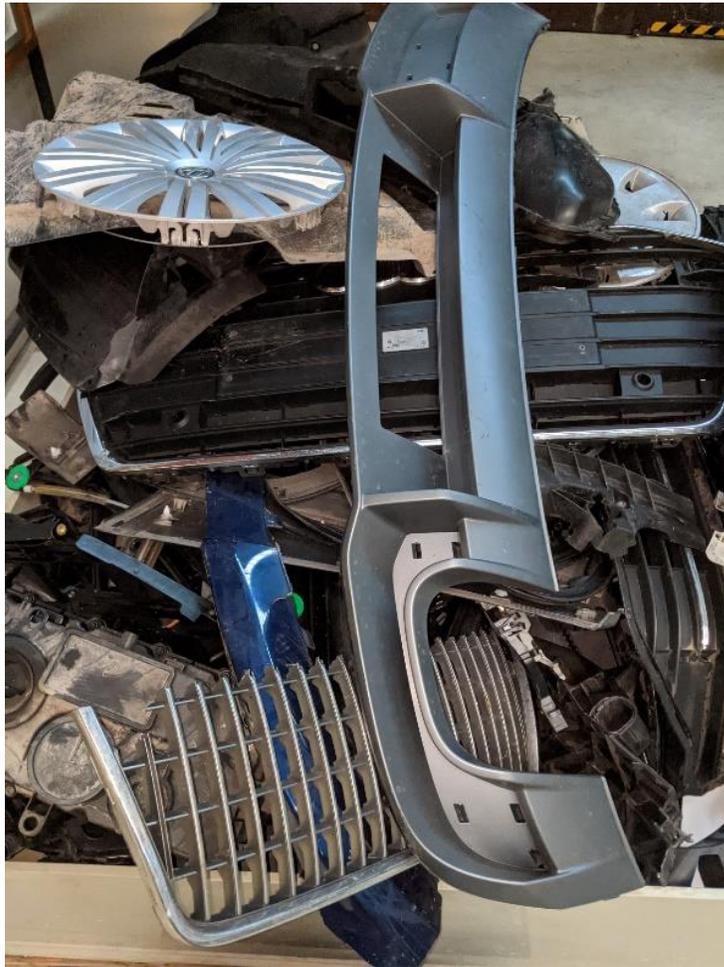
## Technisch

- Untersuchung zur Pyrolysierbarkeit eines komplexen Kunststoffgemischs mit hohem Anteil an technischen Kunststoffen
- Charakterisierung der Pyrolyseprodukte
- Bilanzierung des Pyrolyseprozesses

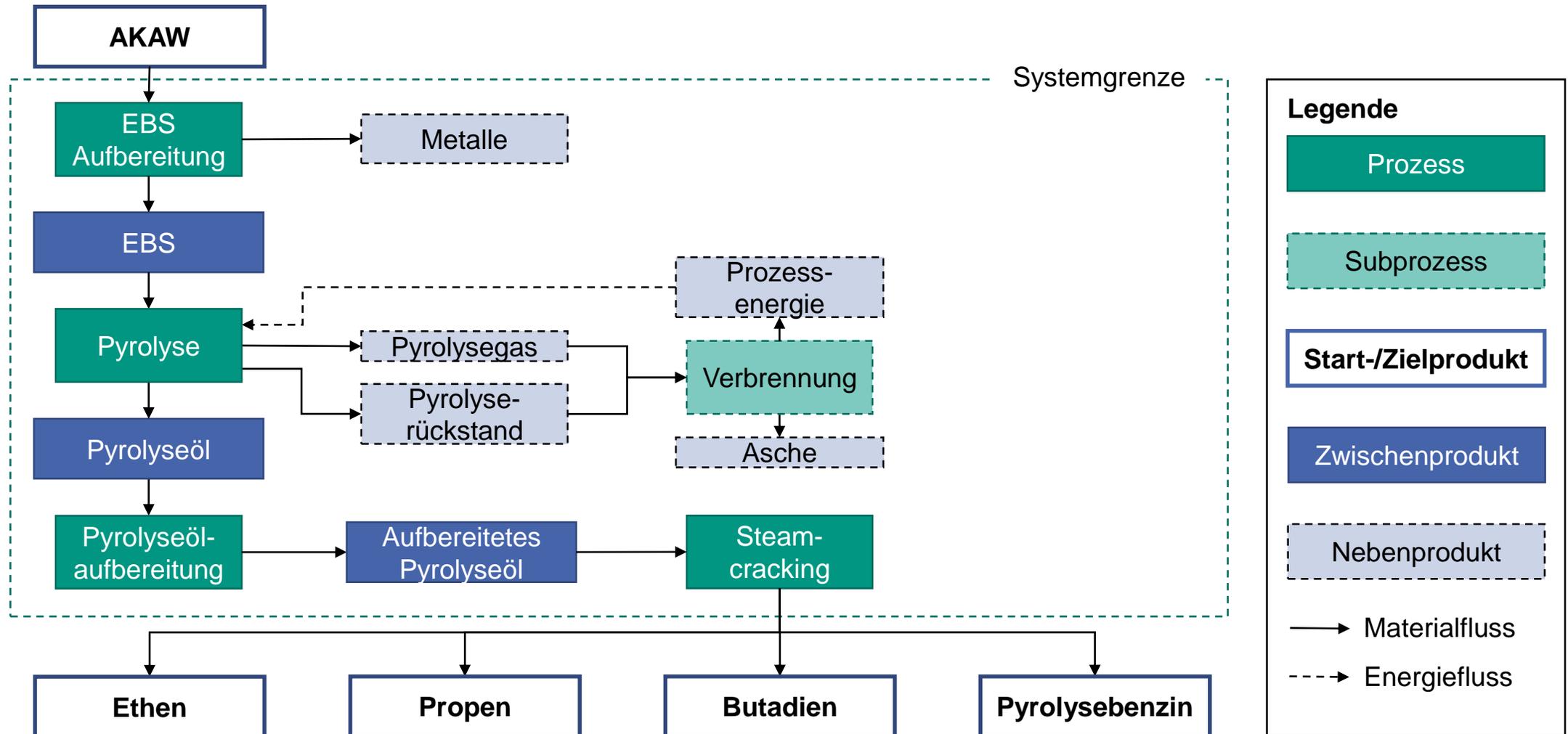
## Methodisch

- Definition einer Prozesskette für das chemische Recycling von Kunststoffen
- Bilanzierung der Gesamtprozesskette
- Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Prozesskette

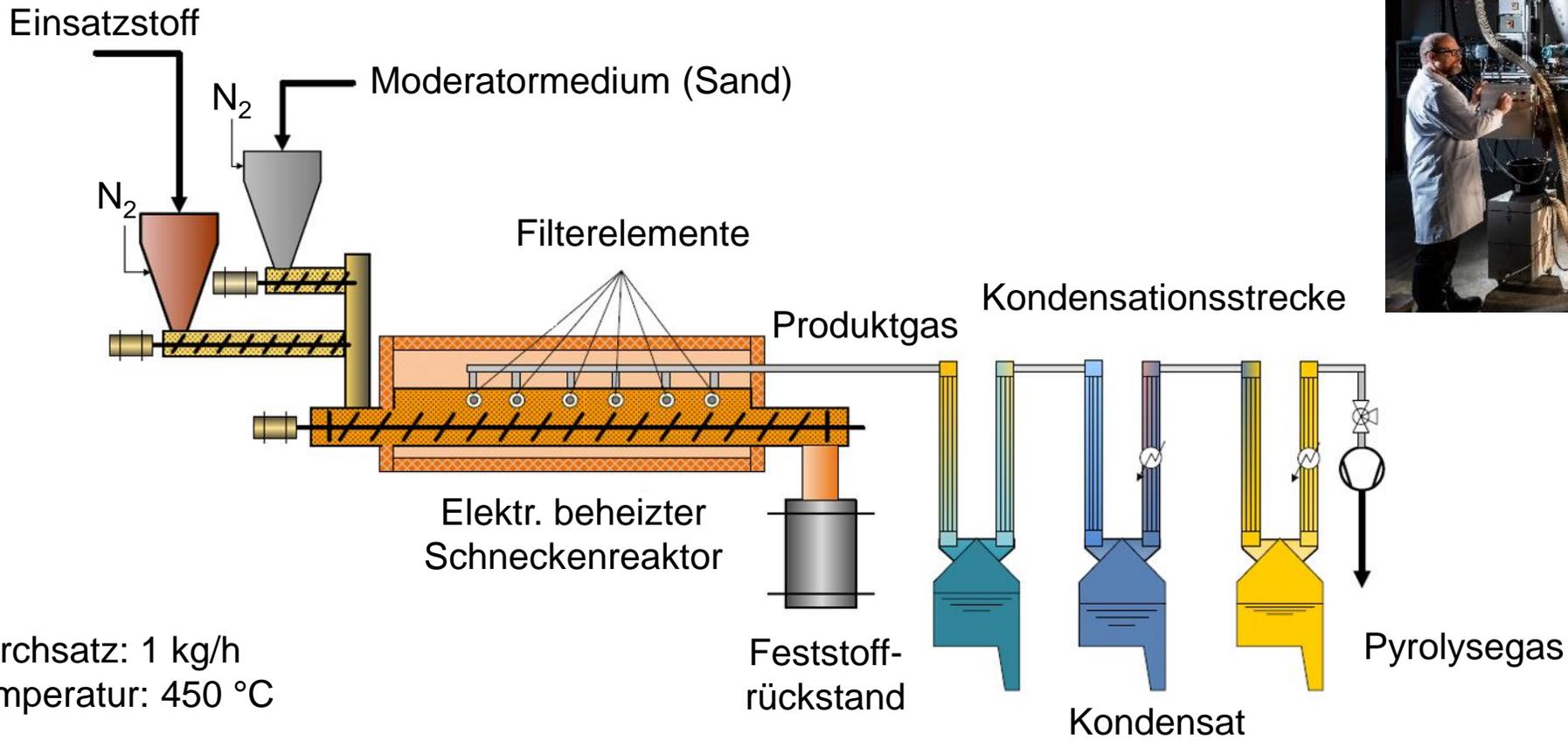
# Automobile Kunststoffe aus Werkstätten (AKAW)



# Prozesskette des chemischen Recyclings

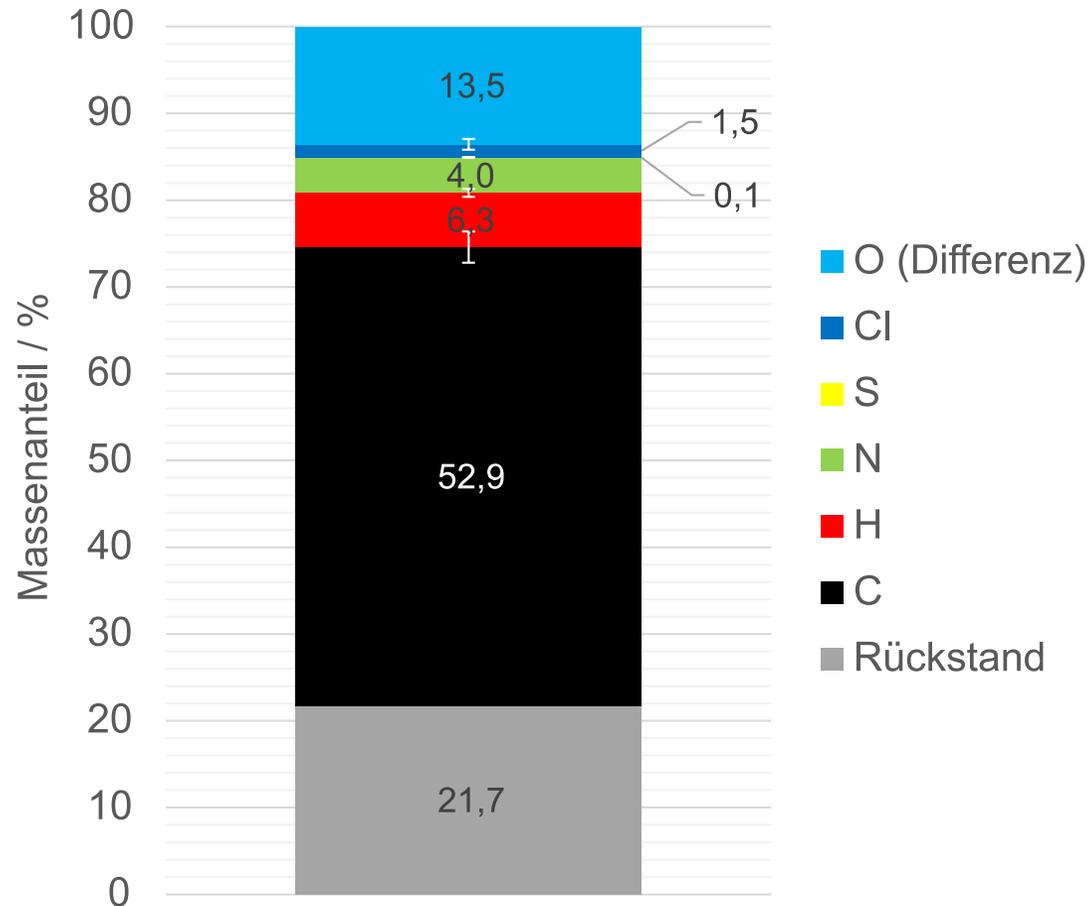


# Pyrolysereaktor im Pilotmaßstab



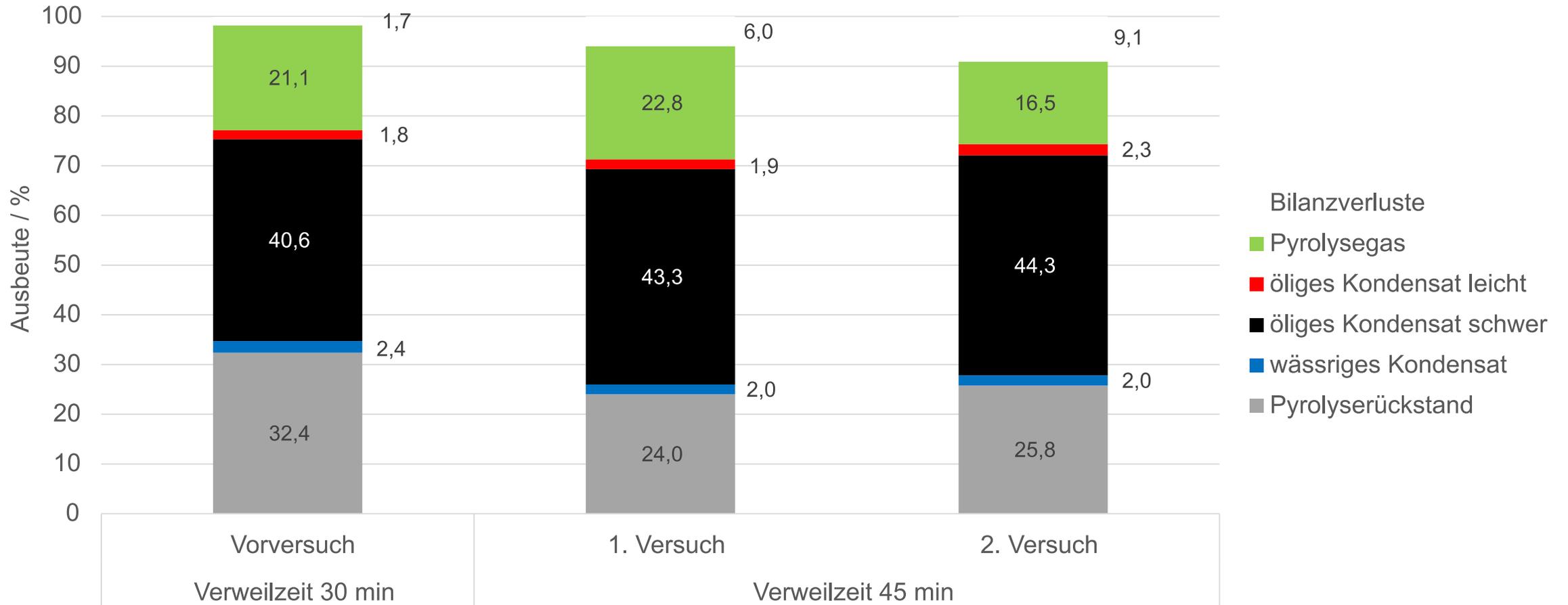
Zeller et al. (2021): Chemical Recycling of Mixed Plastic Wastes by Pyrolysis – Pilot Scale Investigations. In: *Chemie Ingenieur Technik* 93 (11), S. 1763–1770. DOI: 10.1002/cite.202100102.

# Elementarzusammensetzung der Pyrolyseprobe

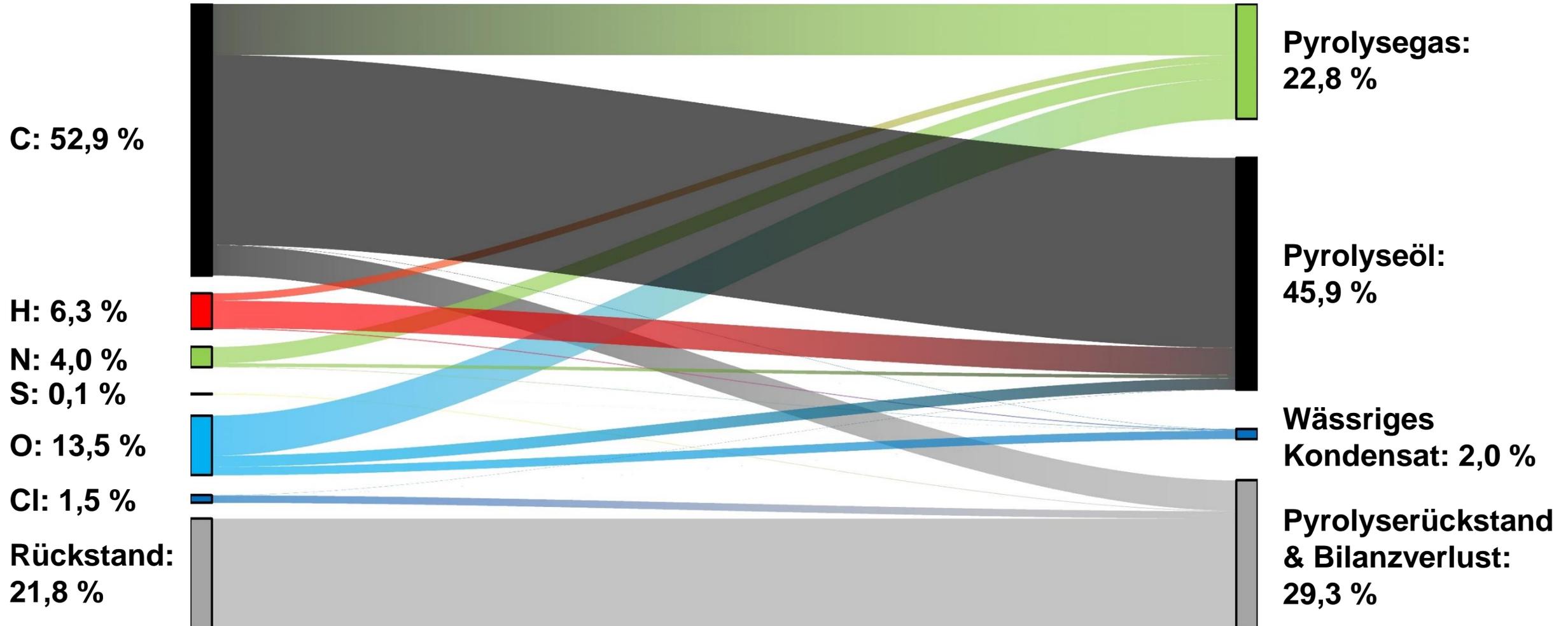


- Anteil an PE und PP ca. 50 %
- Heteroatomquellen
  - O: PC, PA, POM, PET, PBT, etc.
  - N: PA, ABS, ASA
  - Cl: PVC
- 22 % nicht-pyrolysierbare Bestandteile (Metalle, Füllstoffe)

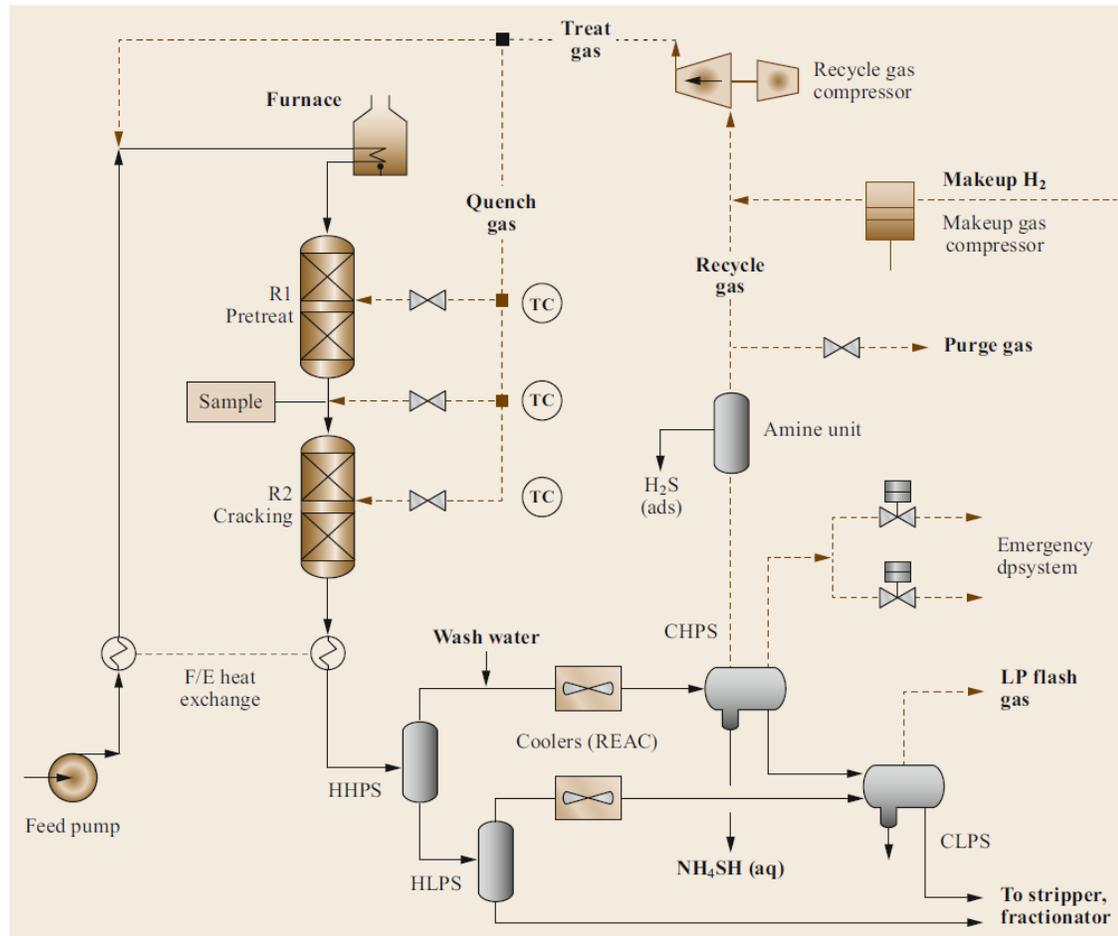
# Gesamtmassenbilanzen



# Elementmassbilanzen des Pyrolyseprozesses



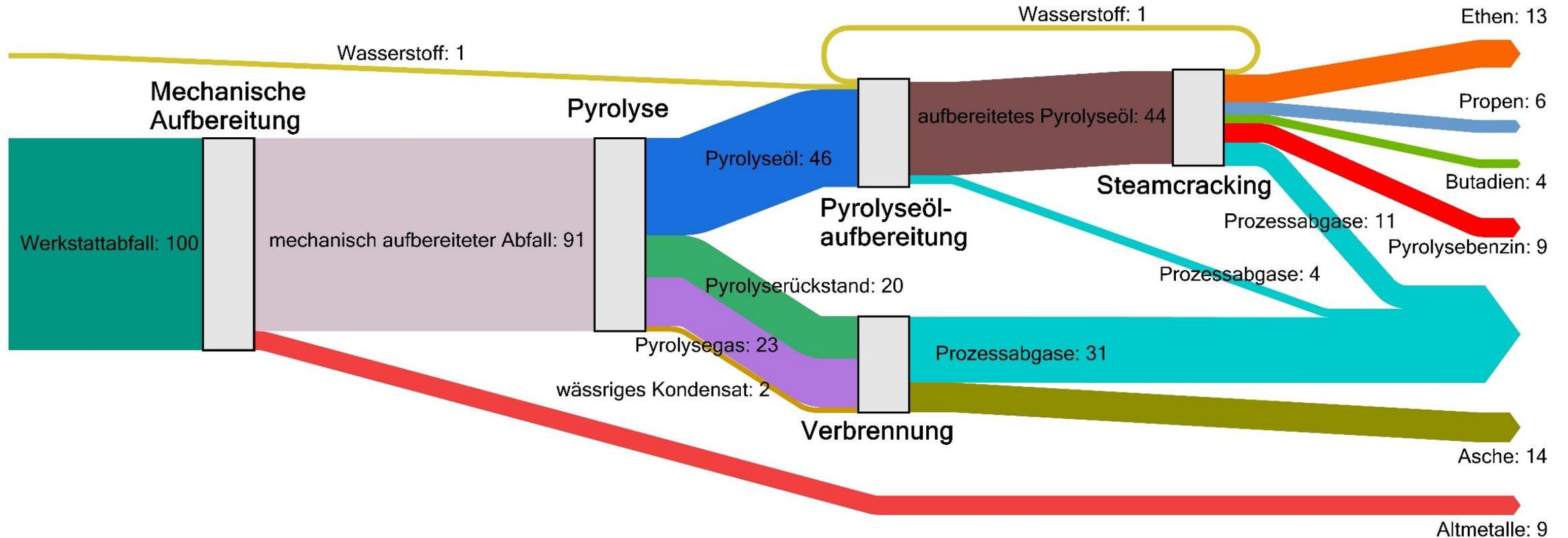
# Pyrolyseölaufbereitung



Hsu, Chang Samuel; Robinson, Paul R. (Hg.) (2017): Springer Handbook of Petroleum Technology. Cham: Springer International Publishing.

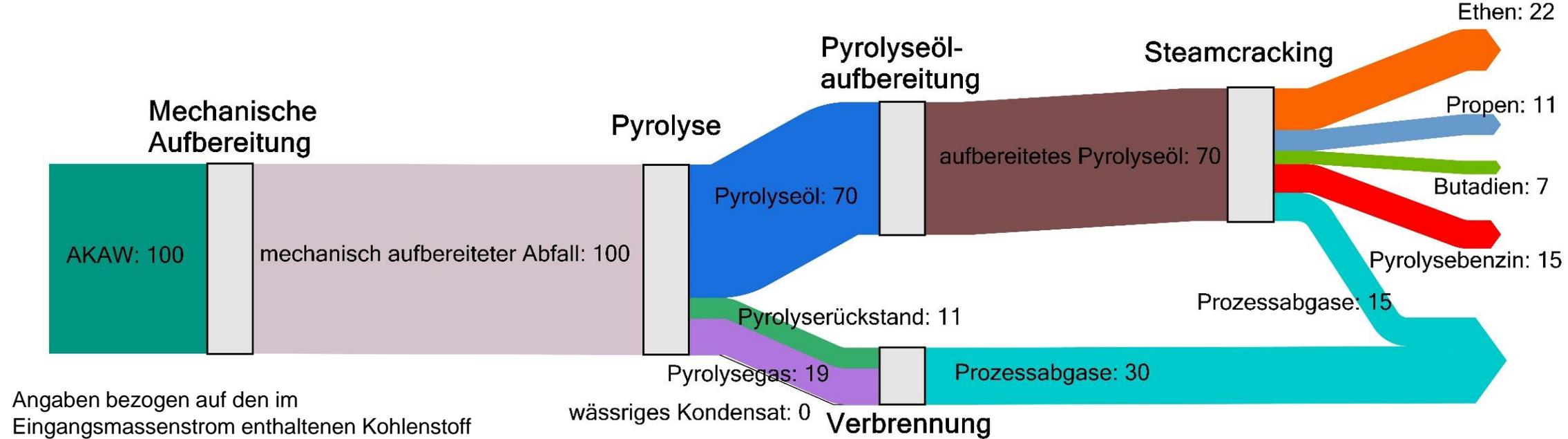
- Ziele der Pyrolyseölaufbereitung (Hydroprocessing)
  - Entfernung der Heteroatome
  - Sättigung der Doppelbindungen
  - Einstellung des Siedebereichs
  
- Annahmen für die Prozessbewertung
  - Kein Verlust an Kohlenstoff durch Decarboxylierung
  - Abschätzung des Wasserstoffbedarfs auf Grundlage der Elementarzusammensetzung des Pyrolyseöls
  - Derzeit keine etablierten Verfahren für die Aufbereitung komplexer Pyrolyseöle verfügbar

# Massenbilanzen beim chemischen Recycling



Angaben bezogen auf den Eingangsmassenstrom

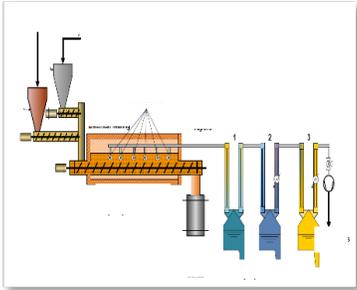
# Kohlenstoffeffizienz beim chemischen Recycling zu Kunststoffen (Steamcracker)



**Kohlenstoffrecyclingrate von 55 % erzielbar**

# Projektergebnisse

## Ziele



### Technische Machbarkeit

- Analyse der Abfallfraktion
- Untersuchung des Pyrolyseverhaltens
- Erträge an Pyrolyseprodukten
- Bilanzierung des Prozesses

## Ergebnisse

- Einsatzstoffcharakterisierung
- Produktverteilung der Pyrolyse
- Produktzusammensetzung der Pyrolyseprodukte
- Gesamtmassen- und Elementbilanzen
- Berechnung der Kohlenstoffrecyclingrate

*Technische Machbarkeit der Pyrolyse von Kunststoffen aus dem Automobilsektor demonstriert*

*Gesamtkohlenstoffrecyclingrate von 55 % erzielbar*

# Weiteres Vorgehen – Prozesskettenbewertung und Demonstration der vollständigen Prozesskette

## Prozesskettenbewertung

- Erweiterung des Bewertungshorizonts auf ökologische und ökonomische Indikatoren
  - Global Warming Potential (GWP)
  - Kumulierter Energieaufwand (KEA)
  - Kosten
- Aufbau eines Referenzmodells für die energetische Verwertung desselben Einsatzstoffs

## Demonstration

- Detaillierte Untersuchung der Pyrolyseölaufbereitung
- Prozessoptimierung der Pyrolyse hinsichtlich Produktausbeute und –qualität
- Scale-up in den Pilotmaßstab



*Modellvalidierung für die Gesamtprozesskette und das Referenzmodell*

# Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

**...und die finanzielle Förderung sowie die Bereitstellung des Materials durch den THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien, die AUDI AG, sowie die Volkswagen Original Teile Logistik GmbH**

