

Chemisches Recycling von Automobilkunststoffen mittels Pyrolyse

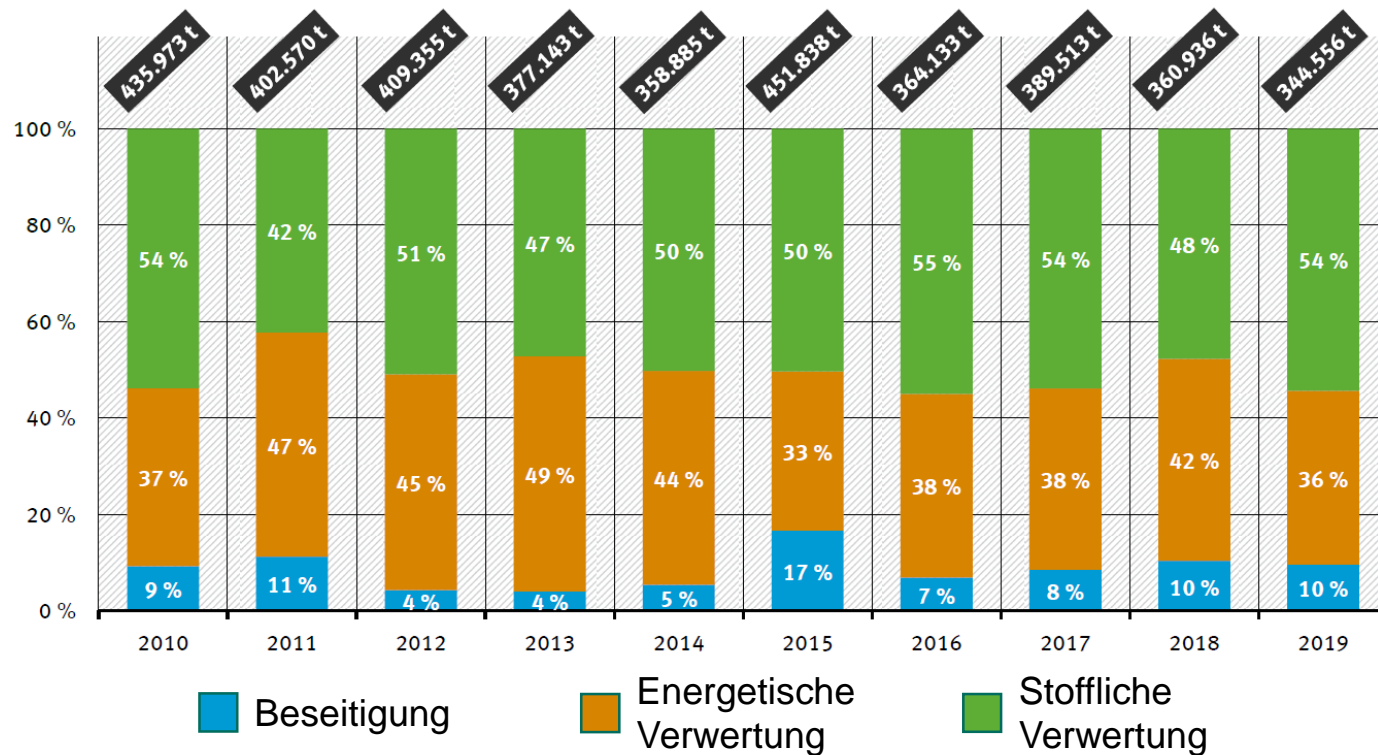
Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz | Malte Hennig, Christoph Stalkamp, Rebekka Volk, Dieter Stapf



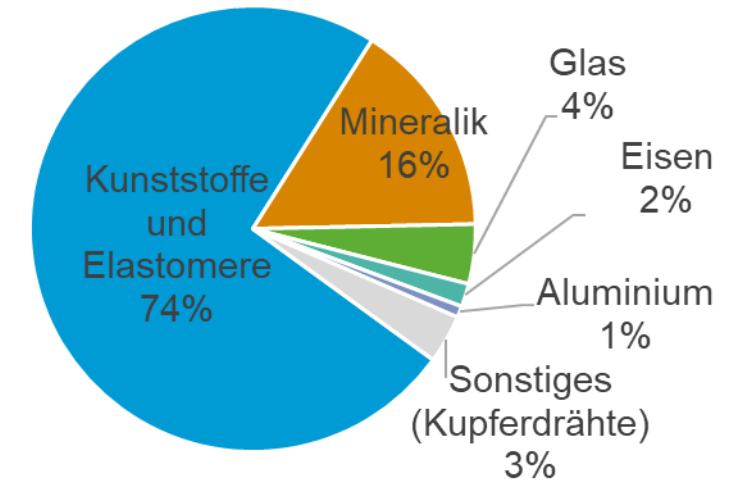
Foto: Markus Breig, KIT

Entsorgung von Automobilkunststoffen – Status quo

Entsorgung der Schredderleichtfraktion aus den Schredderanlagen mit Restkarossenverwertung



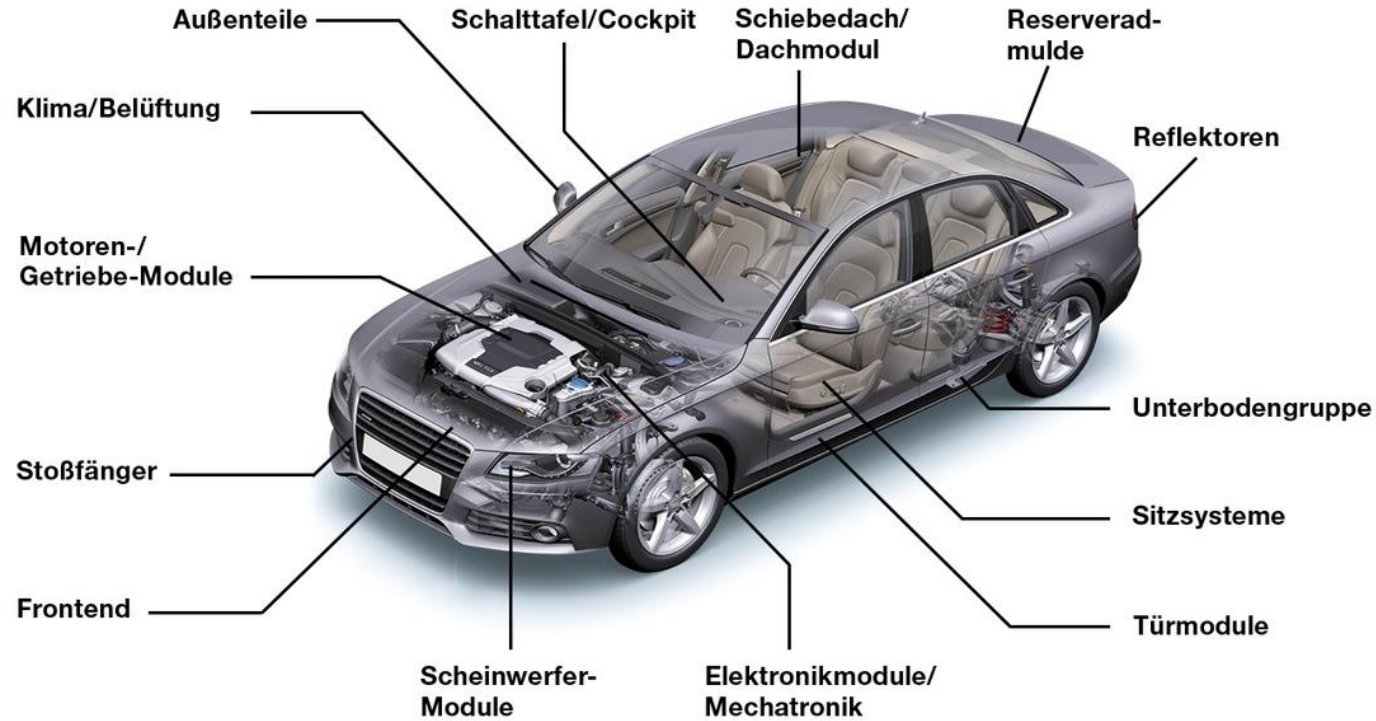
Zusammensetzung der Schredderleichtfraktion aus der Altfahrzeugverwertung



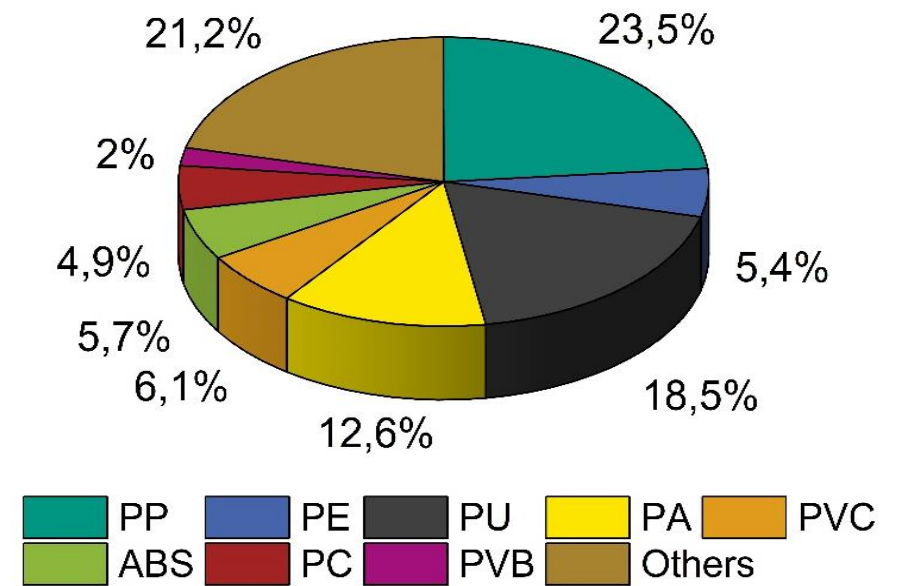
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#verwertung-der-schredderleichtfraktion>, abgerufen am 14.06.2022, bearbeitet

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



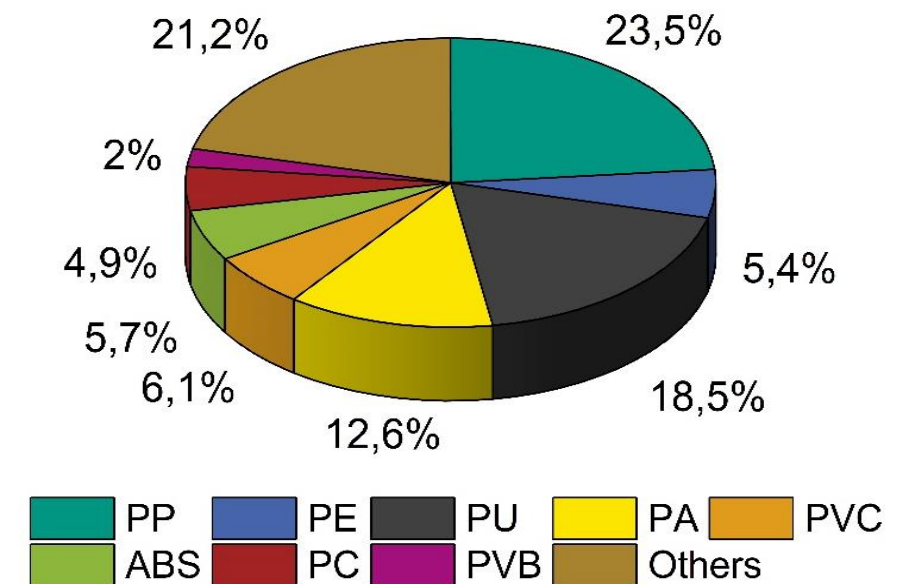
<https://chemie-am-auto.de/interaktive/interaktiv/seite3/index.html>, abgerufen am 01.10.2021



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

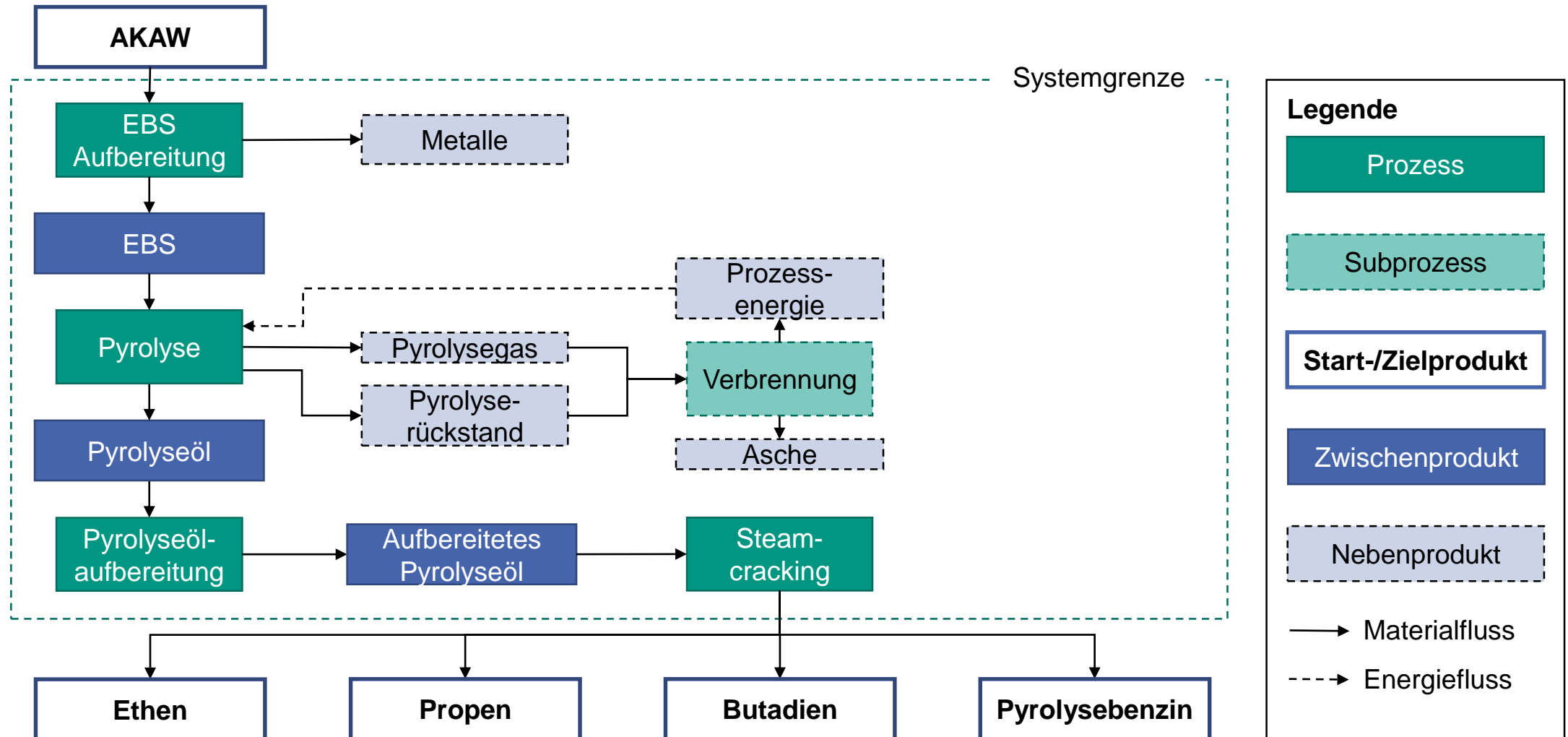
Methodisch

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

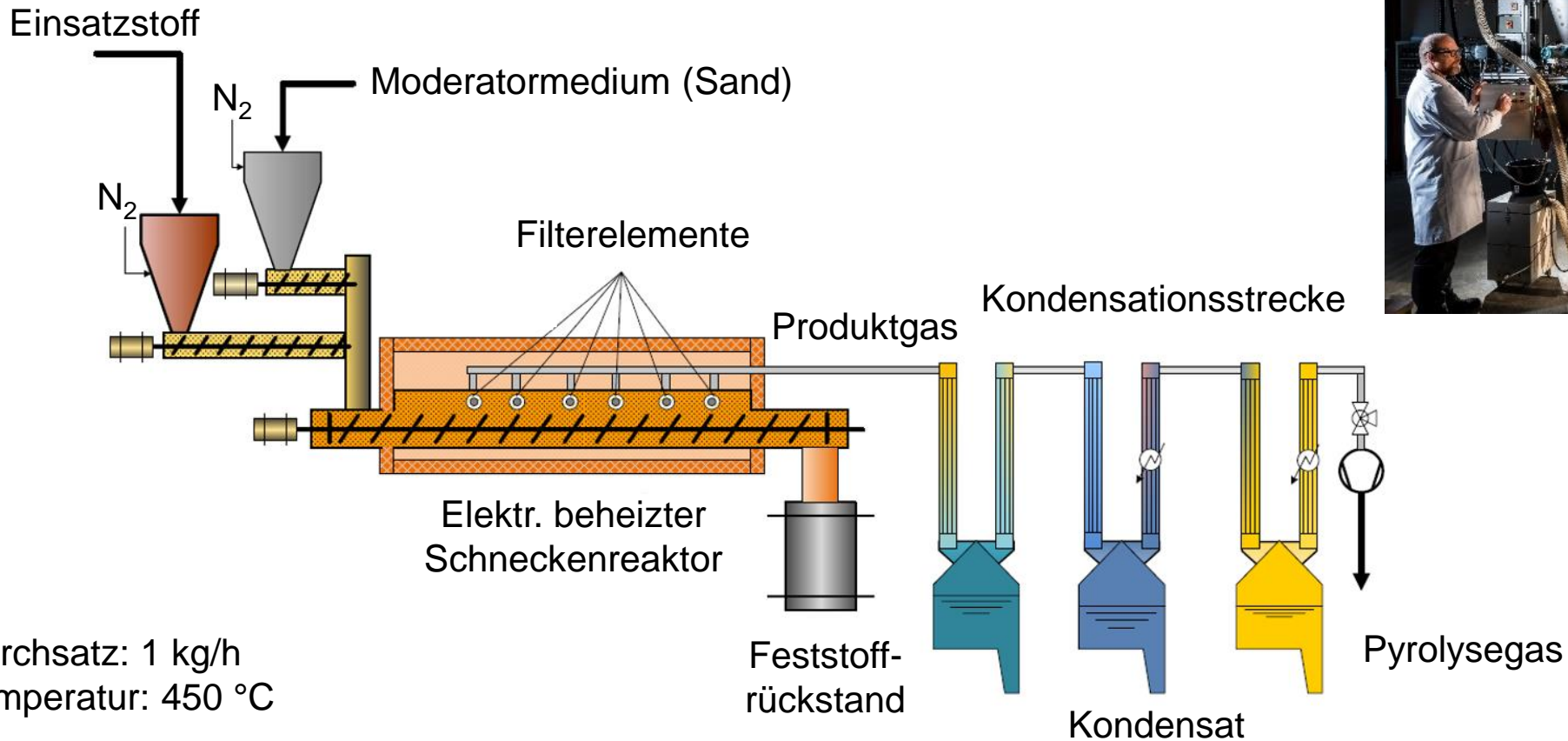
Automobile Kunststoffe aus Werkstätten (AKAW)



Prozesskette des chemischen Recyclings

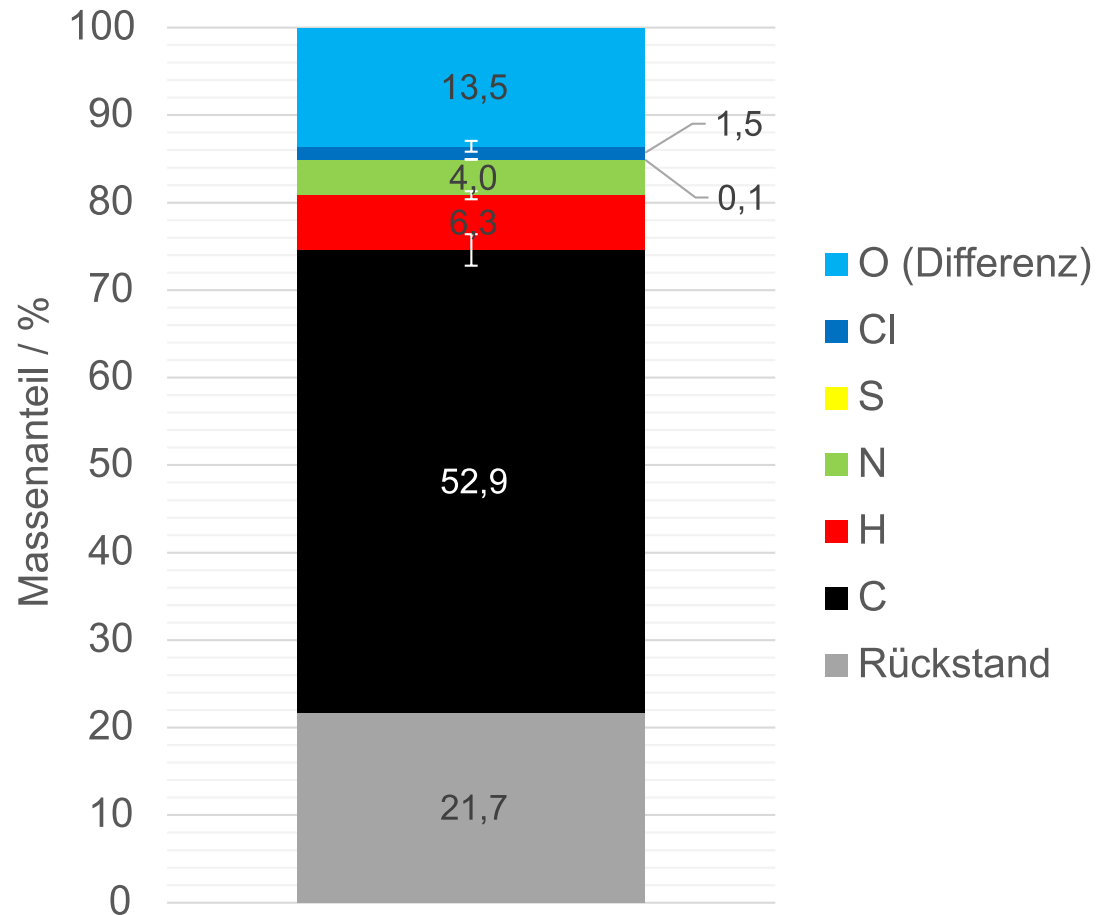


Pyrolysereaktor im Pilotmaßstab



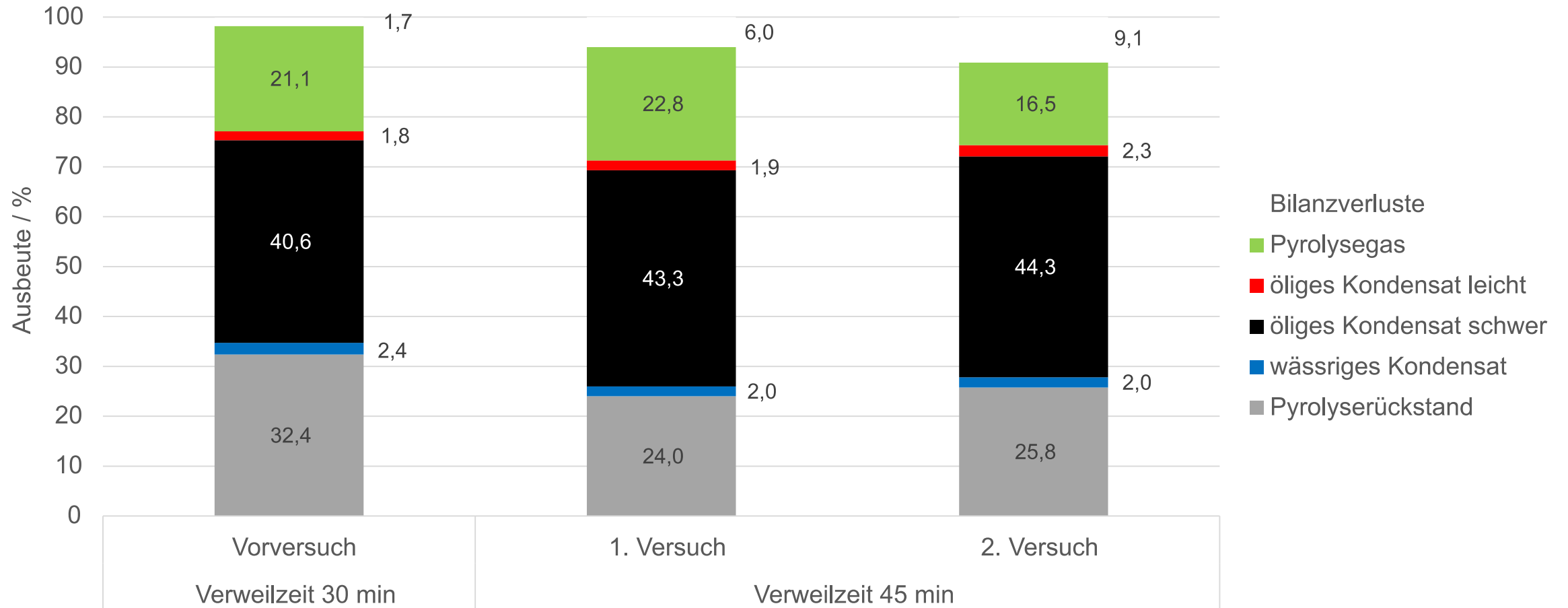
Zeller et al. (2021): Chemical Recycling of Mixed Plastic Wastes by Pyrolysis – Pilot Scale Investigations. In: *Chemie Ingenieur Technik* 93 (11), S. 1763–1770. DOI: 10.1002/cite.202100102.

Elementarzusammensetzung der Pyrolyseprobe

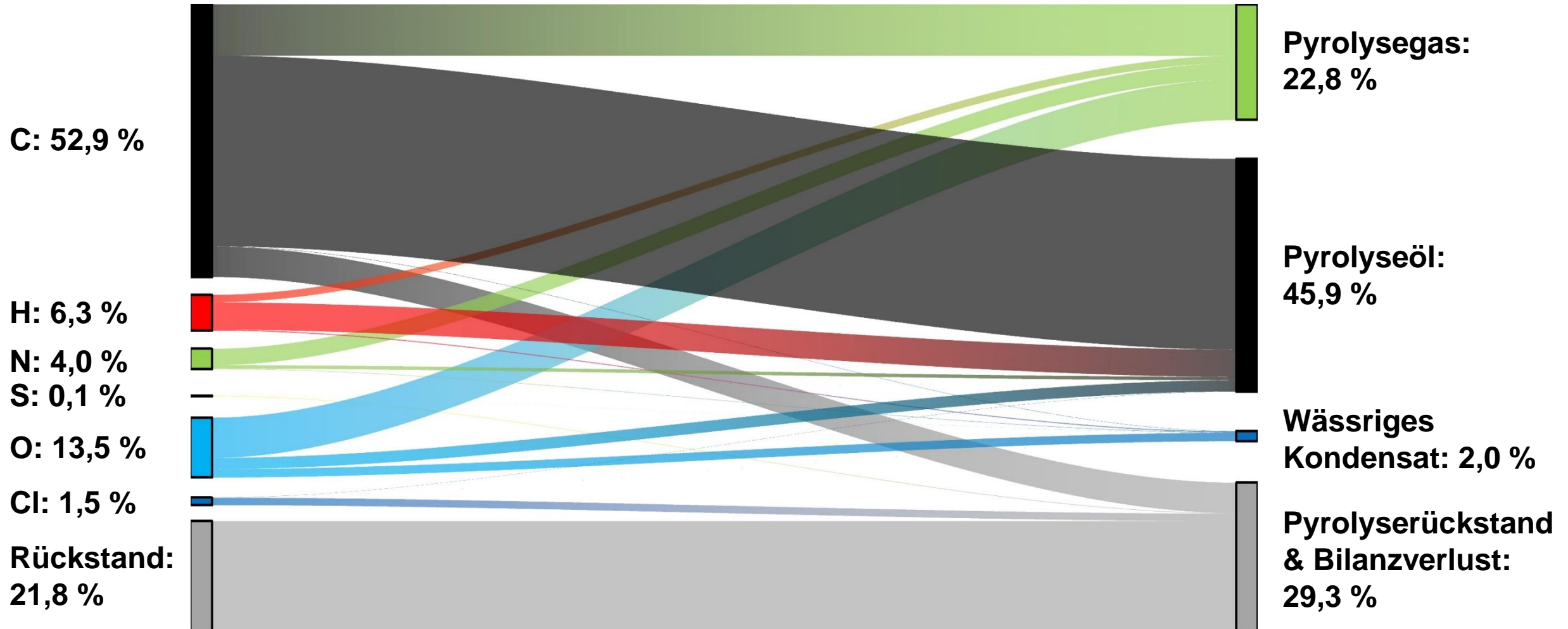


- Anteil an PE und PP ca. 50 %
- Heteroatomquellen
 - O: PC, PA, POM, PET, PBT, etc.
 - N: PA, ABS, ASA
 - Cl: PVC
- 22 % nicht-pyrolysierbare Bestandteile (Metalle, Füllstoffe)

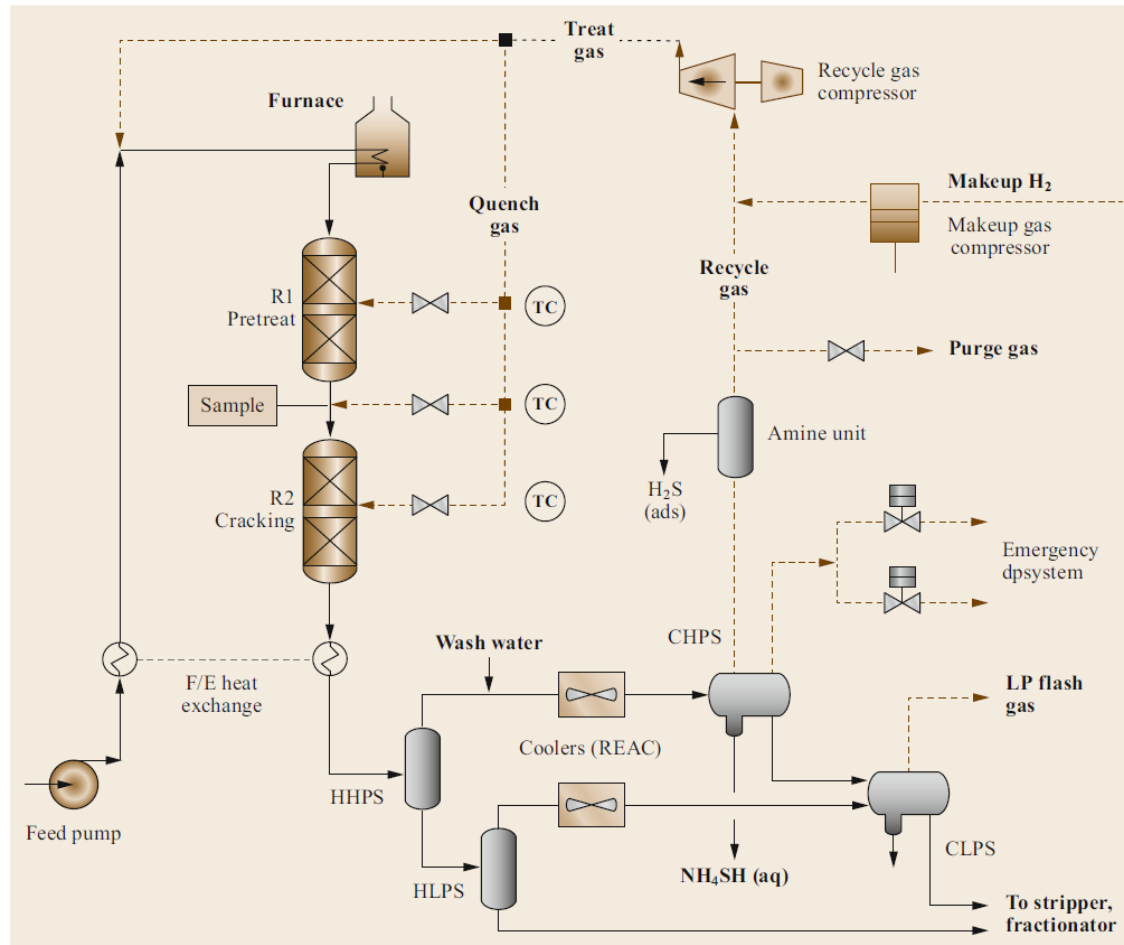
Gesamtmassenbilanzen



Elementmassbilanzen des Pyrolyseprozesses



Pyrolyseölaufbereitung

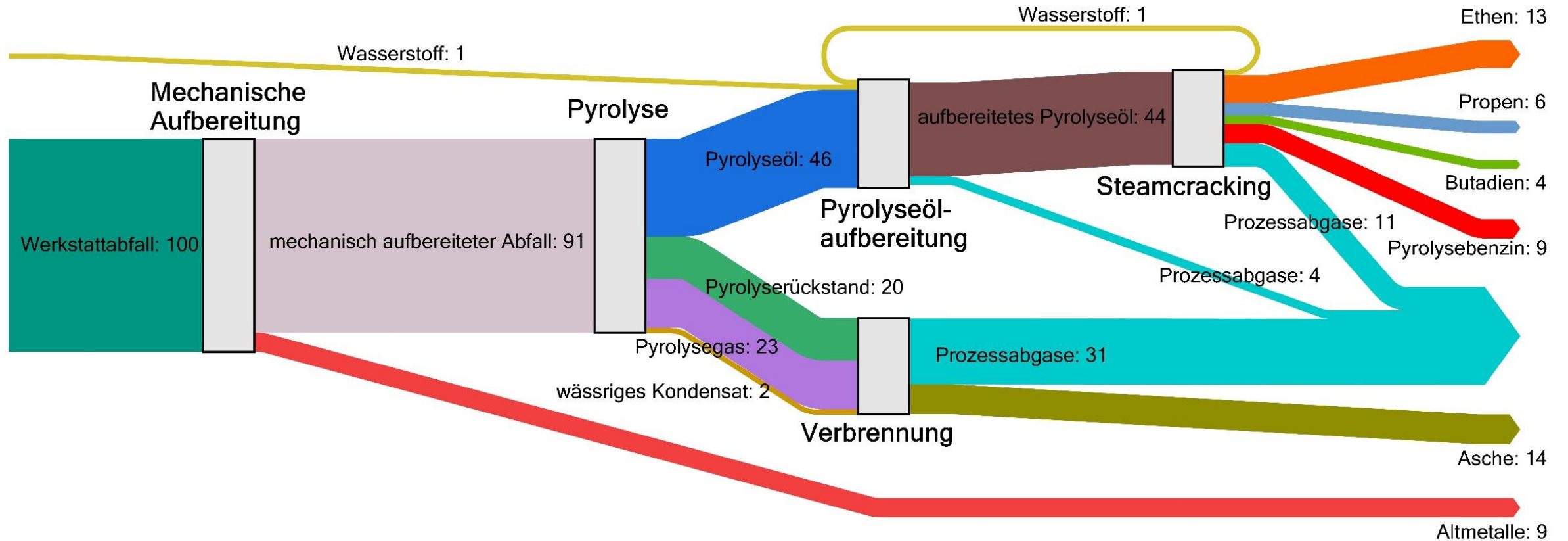


Hsu, Chang Samuel; Robinson, Paul R. (Hg.) (2017): Springer Handbook of Petroleum Technology. Cham: Springer International Publishing.

- Ziele der Pyrolyseölaufbereitung (Hydroprocessing)
 - Entfernung der Heteroatome
 - Sättigung der Doppelbindungen
 - Einstellung des Siedebereichs

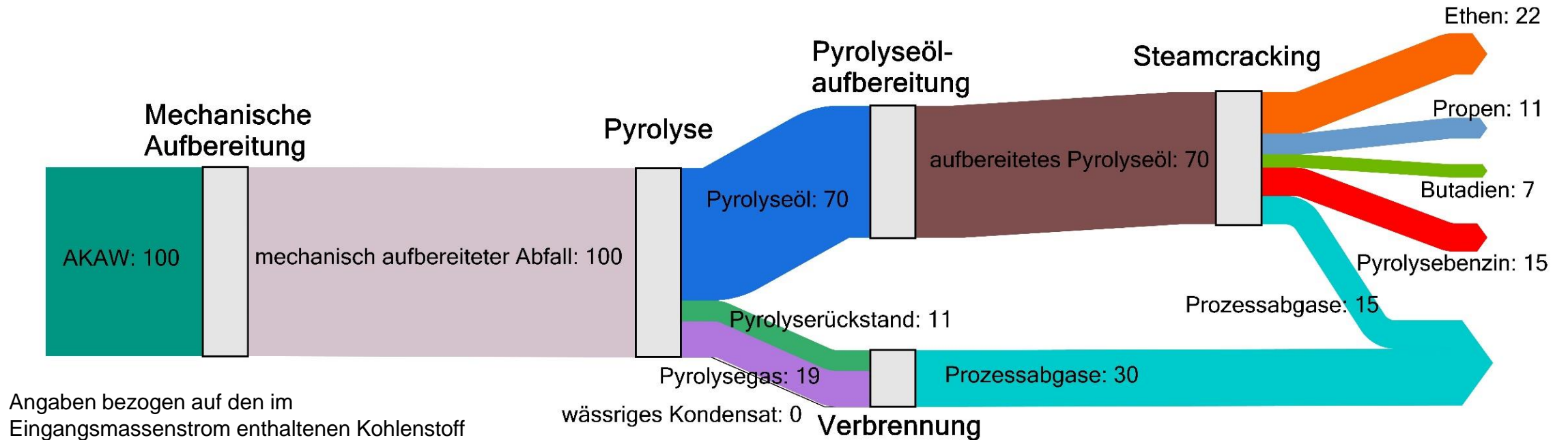
- Annahmen für die Prozessbewertung
 - Kein Verlust an Kohlenstoff durch Decarboxylierung
 - Abschätzung des Wasserstoffbedarfs auf Grundlage der Elementarzusammensetzung des Pyrolyseöls
 - Derzeit keine etablierten Verfahren für die Aufbereitung komplexer Pyrolyseöle verfügbar

Massenbilanzen beim chemischen Recycling



Angaben bezogen auf den Eingangsmassenstrom

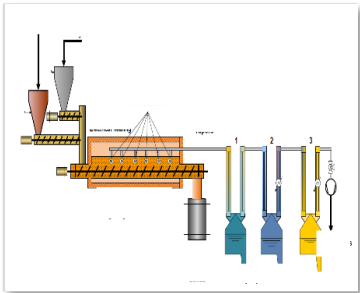
Kohlenstoffeffizienz beim chemischen Recycling zu Kunststoffen (Steamcracker)



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

