

Dipl.-Ing Sebastian-Mark LORBACH

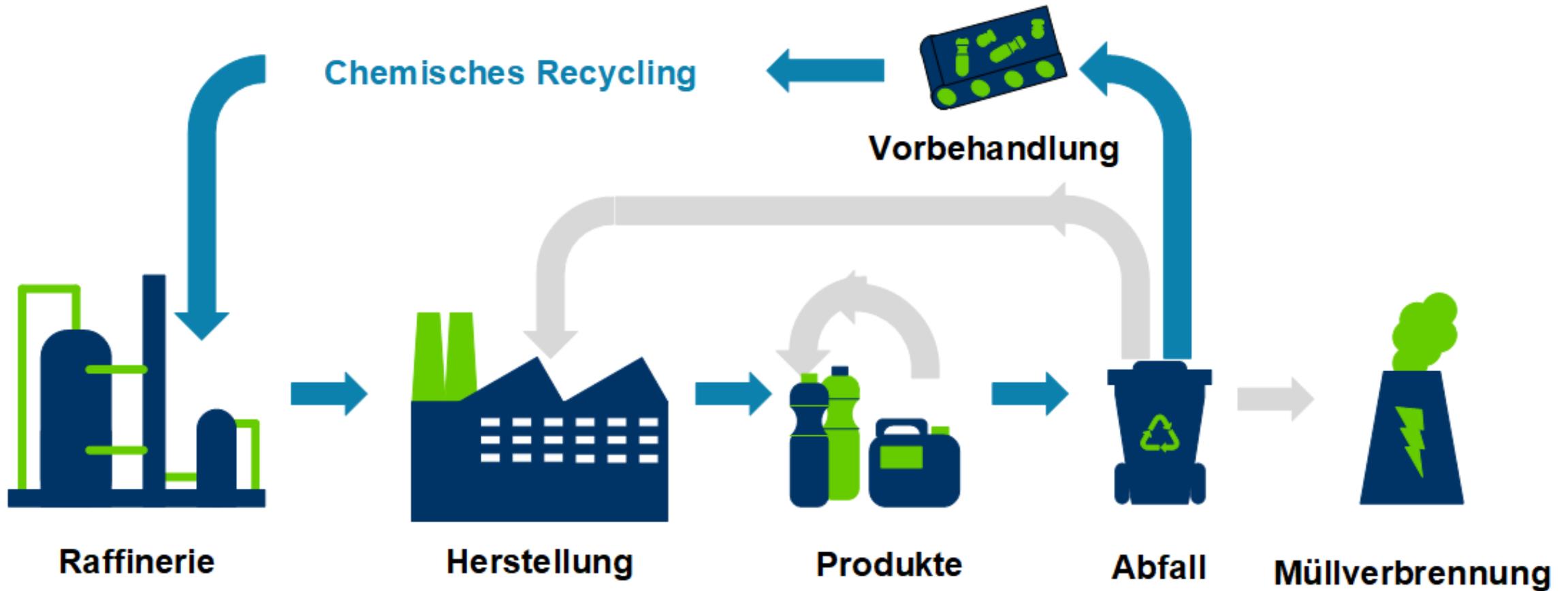
ReOil® -Technology – Scale-up und Modellierung eines Kunststoffrecyclingprozesses

Recy&DepoTech 2024
November 2024, Leoben

Arbeitsgruppe Energieverfahrenstechnik

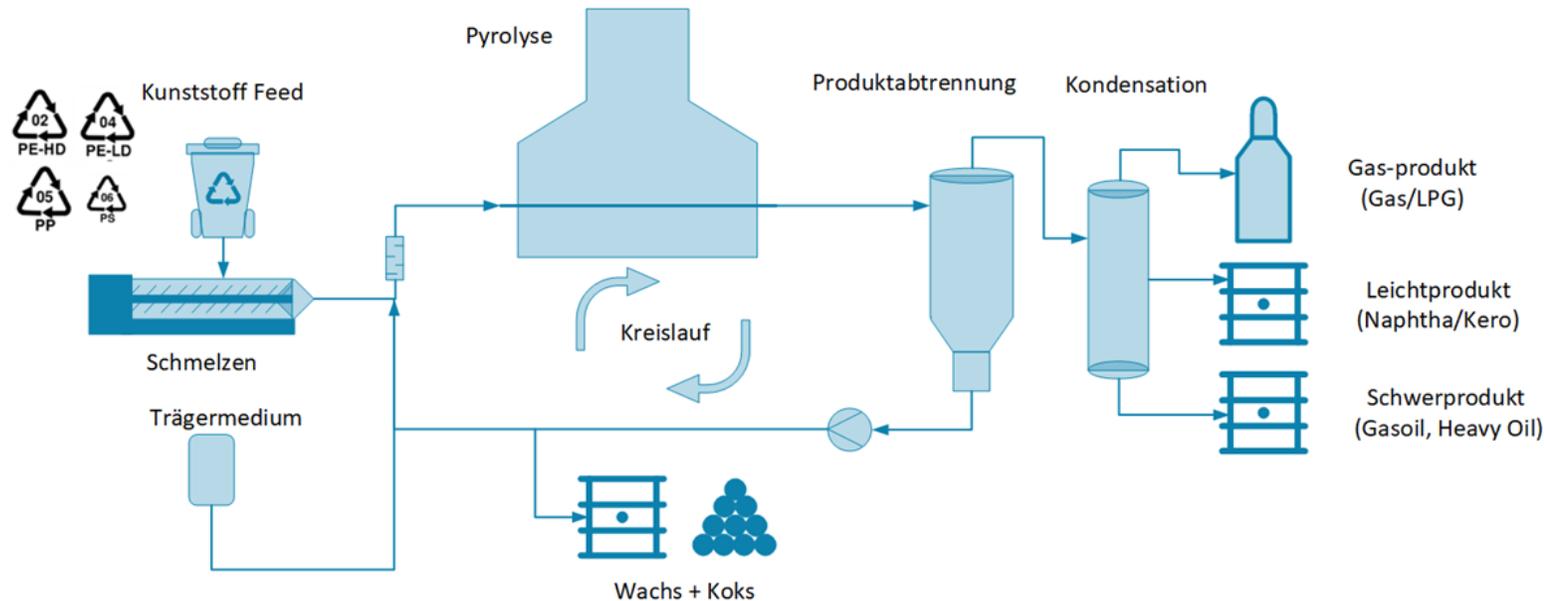
Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes
Montanuniversität Leoben, Austria

Recyclingmöglichkeiten – Kunststoffabfall

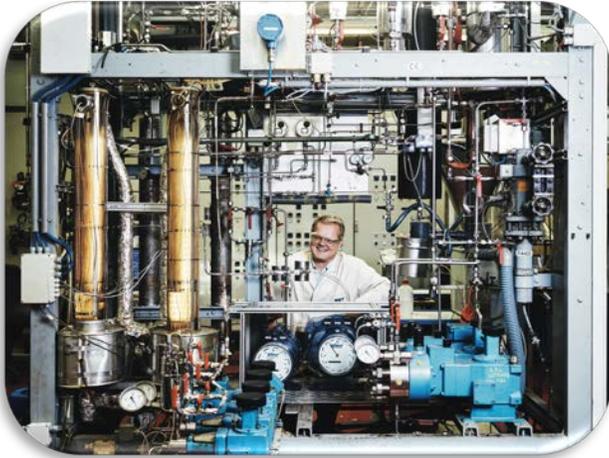


ReOil® - Prozess

- Chemisches Kunststoffrecycling
 - Feed: Polyolefine (LDPE, HDPE, PP,...), PS
- Pyrolyseverfahren
 - Temperaturbereich: 400-450 °C
 - Produkte: Pyrolyseöl, Pyrolysegas
- ISCC Plus-zertifiziert
 - Pilotanlage: ReOil 100
 - Demo: ReOil 2000



Technologisches Scale-Up



Proof of concept
ReOil 5



Pilot plant
ReOil 100

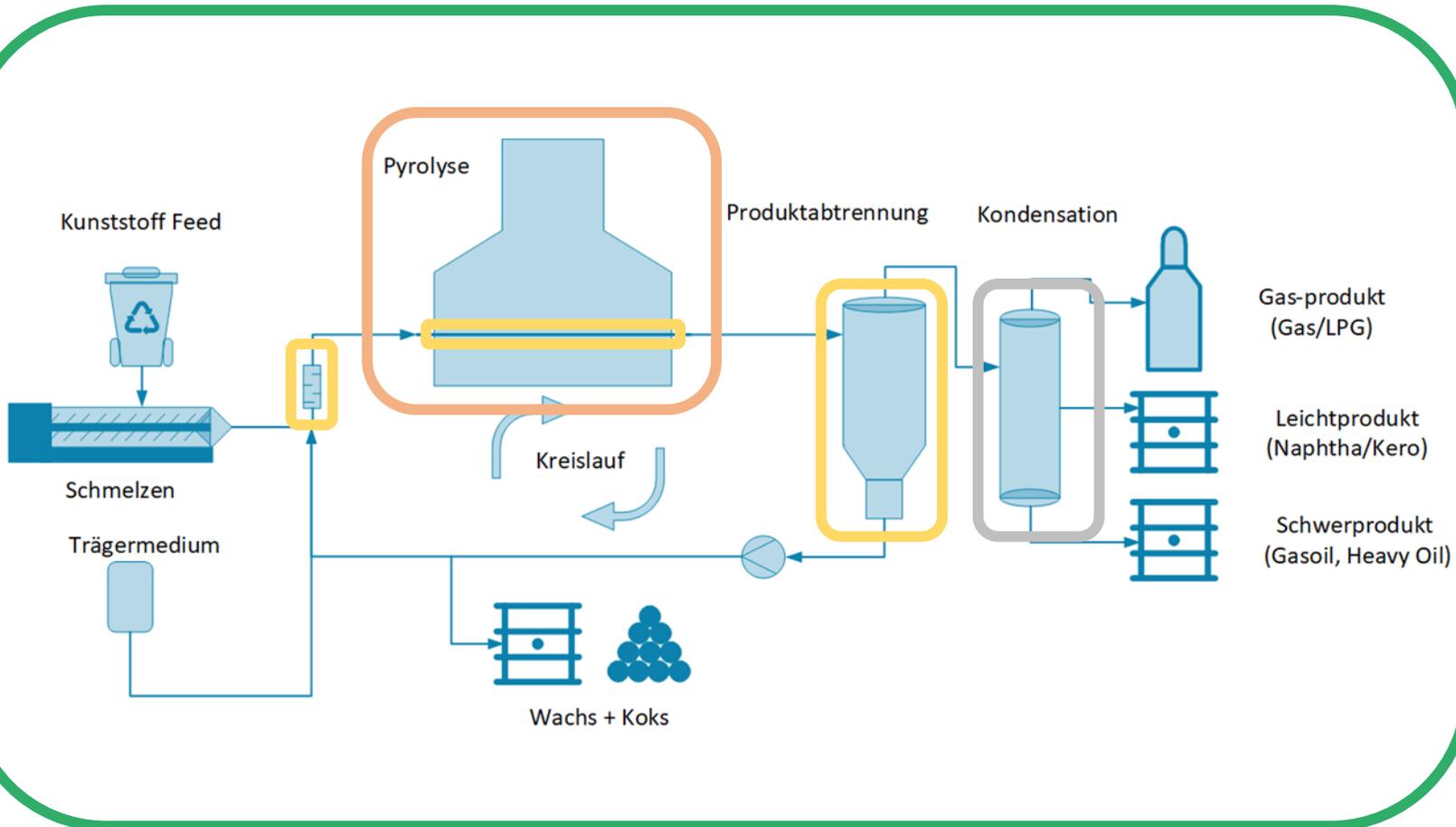


Demo plant
ReOil 2000

Industrial
Plant

Laboratory plant – Flash 2

Simulationsebenen



Prozesssimulation

Reaktorsimulation

CFD Simulation

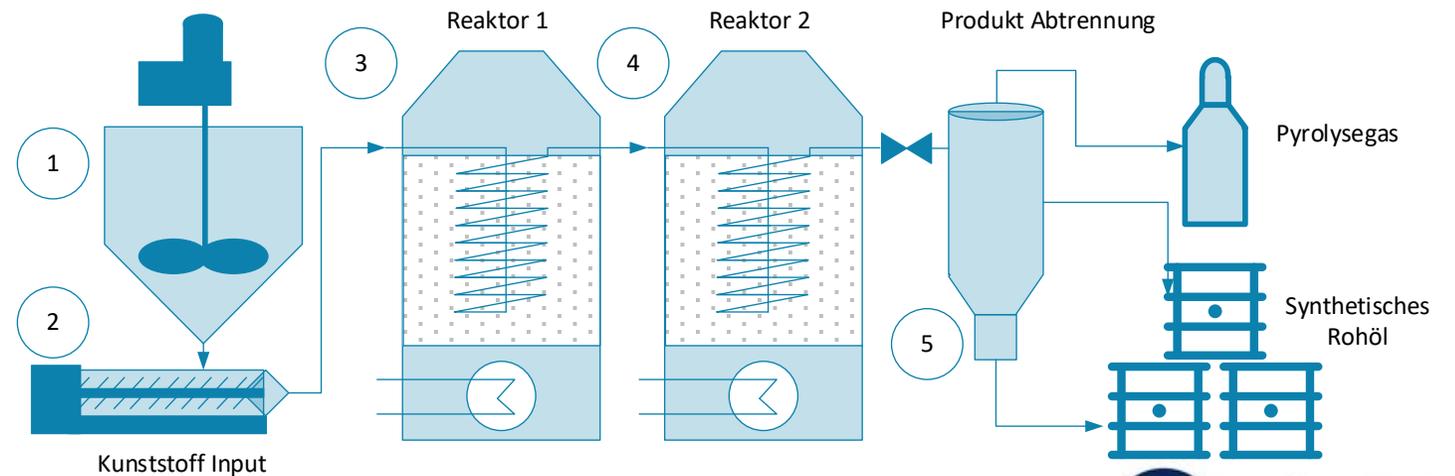
Teilprozesssimulation

Laborreaktor – Flash 2

- Isolierte Betrachtung des Pyrolysereaktors
 - Feed: Kunststoffpulver + Trägermedium

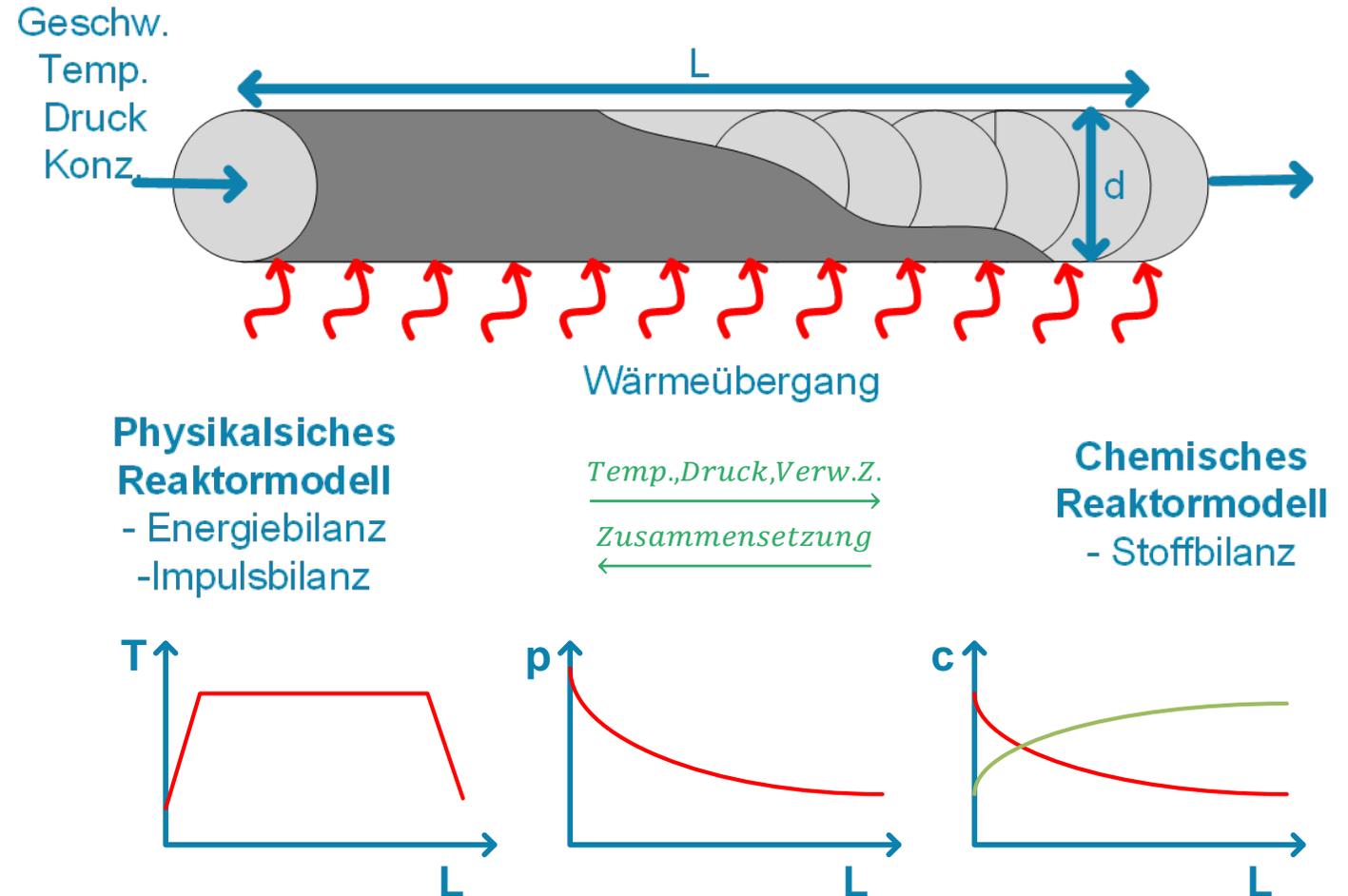


- Flexible Prozessgestaltung
 - Temperatur: $< 550\text{ °C}$
 - Druck: $< 25\text{ barg}$
 - Reaktorgeometrie (L, d)
 - Durchfluss
 - -> Verweilzeit: 2-60 min



Kinetische Reaktormodellierung

- Beschreibung der **quantitativen** Reaktionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Druck, Temp., Konz.,...
- Berücksichtigung physikalischer Effekte (Druckverlust, Mehrphasenströmung, Wärmeübergang)
- Ermöglicht **Reaktordesign** und **Parameteroptimierung**



Annahmen und Vereinfachungen

- **Annahmen** basieren auf physikalischen Gesetzen oder empirischen Beobachtungen
 - Müssen nach dem Scale-up überprüft werden
- Strömungsbild (Plug-Flow, Durchmischung, T-Gradient,...), Wärmetransport, ...
- **Vereinfachungen** reduzieren die Komplexität des Modells
 - Basieren oft auf Annahmen können aber oft nur begrenzt überprüft werden
 - **Informationsverlust**
 - Vernachlässigung von Nebenreaktionen, Druckverlust, ...

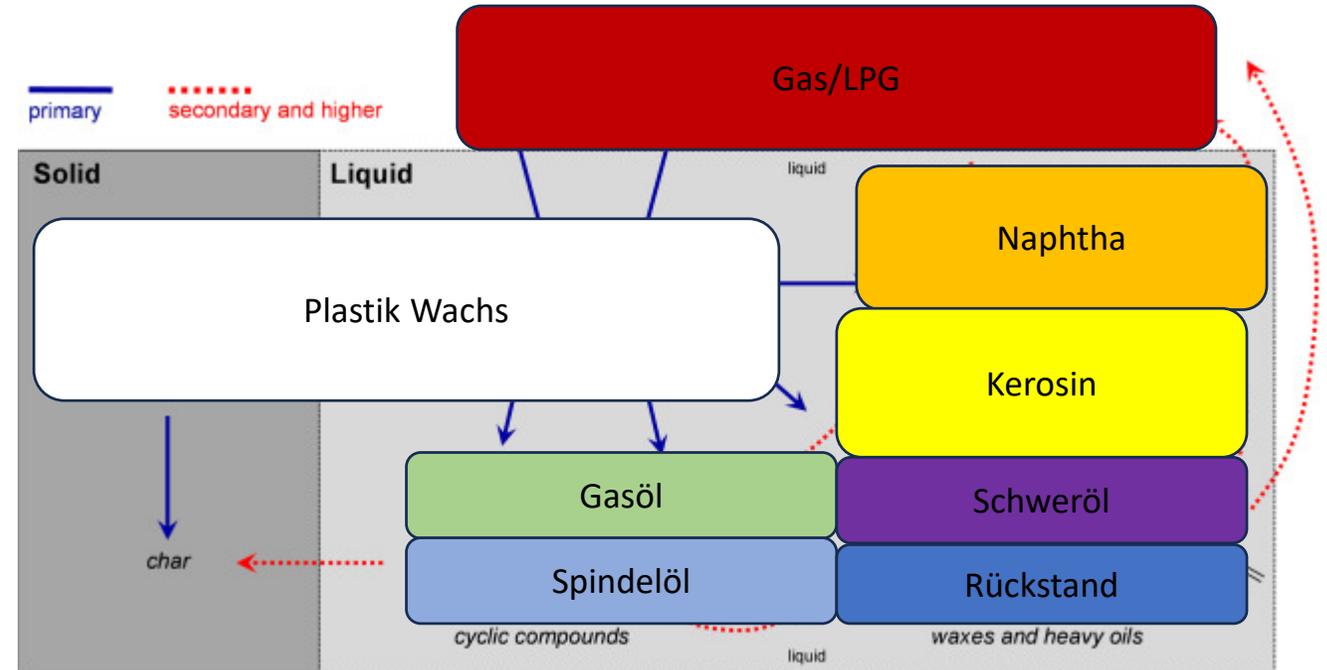
→ **Annahmen: Plug flow, Zweiphasenströmung**

→ **Vereinfachungen: Lumped Kinetic Modelling**

Lumped Kinetic Modelling

- Verbreitet in der Petrochemie
- Gruppierung von Verbindungen mit ähnlichen Eigenschaften zu hypothetischen Komponenten (**Lumps**)
- **Scheinbares** Reaktionsnetzwerk zwischen den Lumps
 - Fitting der Kinetikparameter auf Basis experimenteller Daten
- Informationsverlust
 - Molekülstruktur
 - Auflösung der Produktverteilung

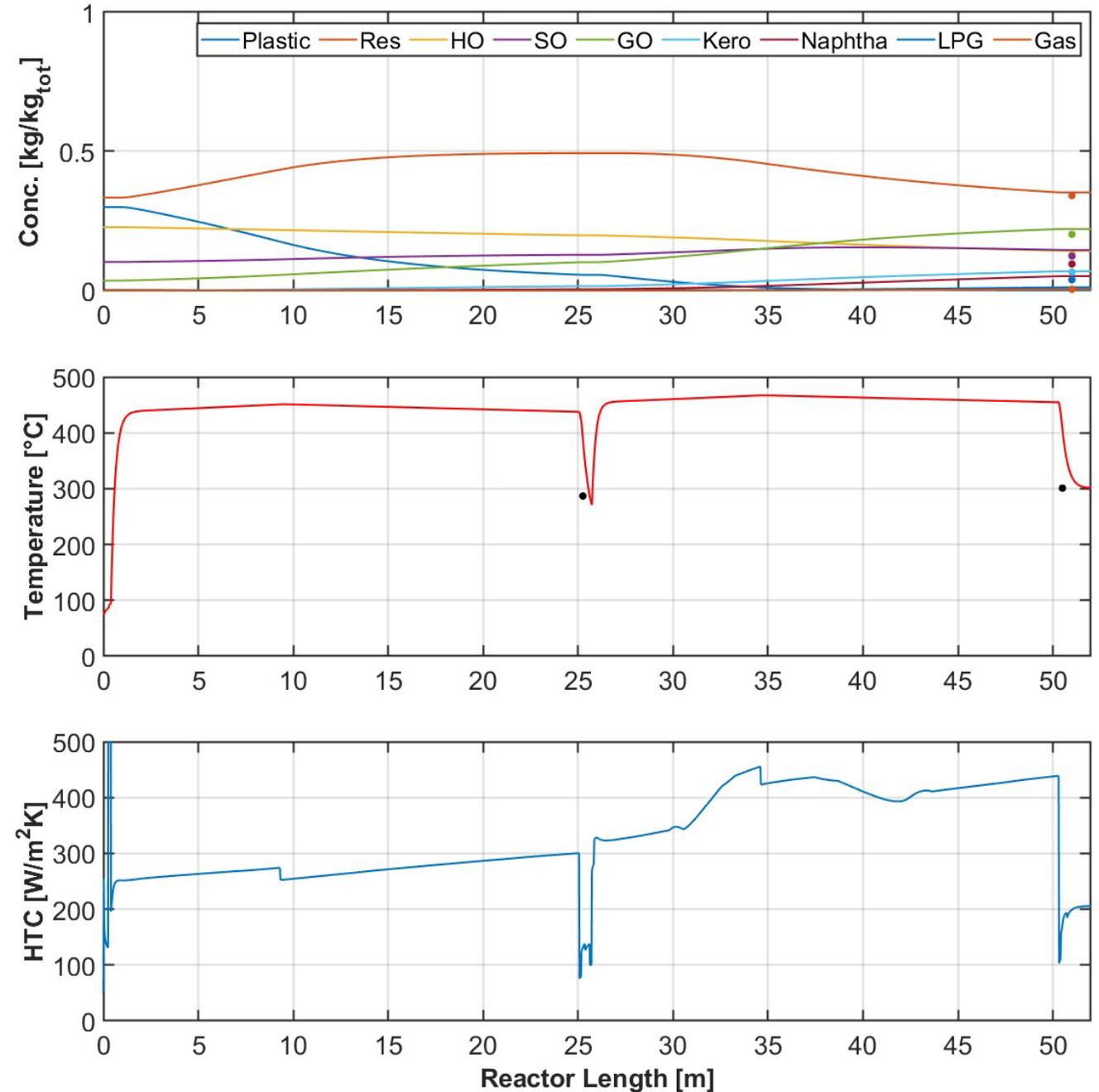
Beispiel: Pyrolyse von Polypropylen



Sidhu, N., Mastalski, I., Zolghadr, A., Patel, B., Uppili, S., Go, T., Maduskar, S., Wang, Z., Neurock, M., & Dauenhauer, P. J. (2023). On the intrinsic reaction kinetics of polypropylene pyrolysis. *Matter*, 6(10), 3413–3433. <https://doi.org/10.1016/j.matt.2023.07.020>

Simulationsergebnisse

- Konzentrationsverlauf der hypothetischen Lumps
 - Reaktionsmechanismus, Reaktionsrate
- Temperaturverlauf
 - Wärmeübergang, Reaktionsenthalpie, Verdampfungsenthalpie
- Wärmeübergangskoeffizient
 - Verdampfung, Zweiphasenströmung
- Druckverlust (nicht dargestellt)
 - Zweiphasenströmung, Geometrie



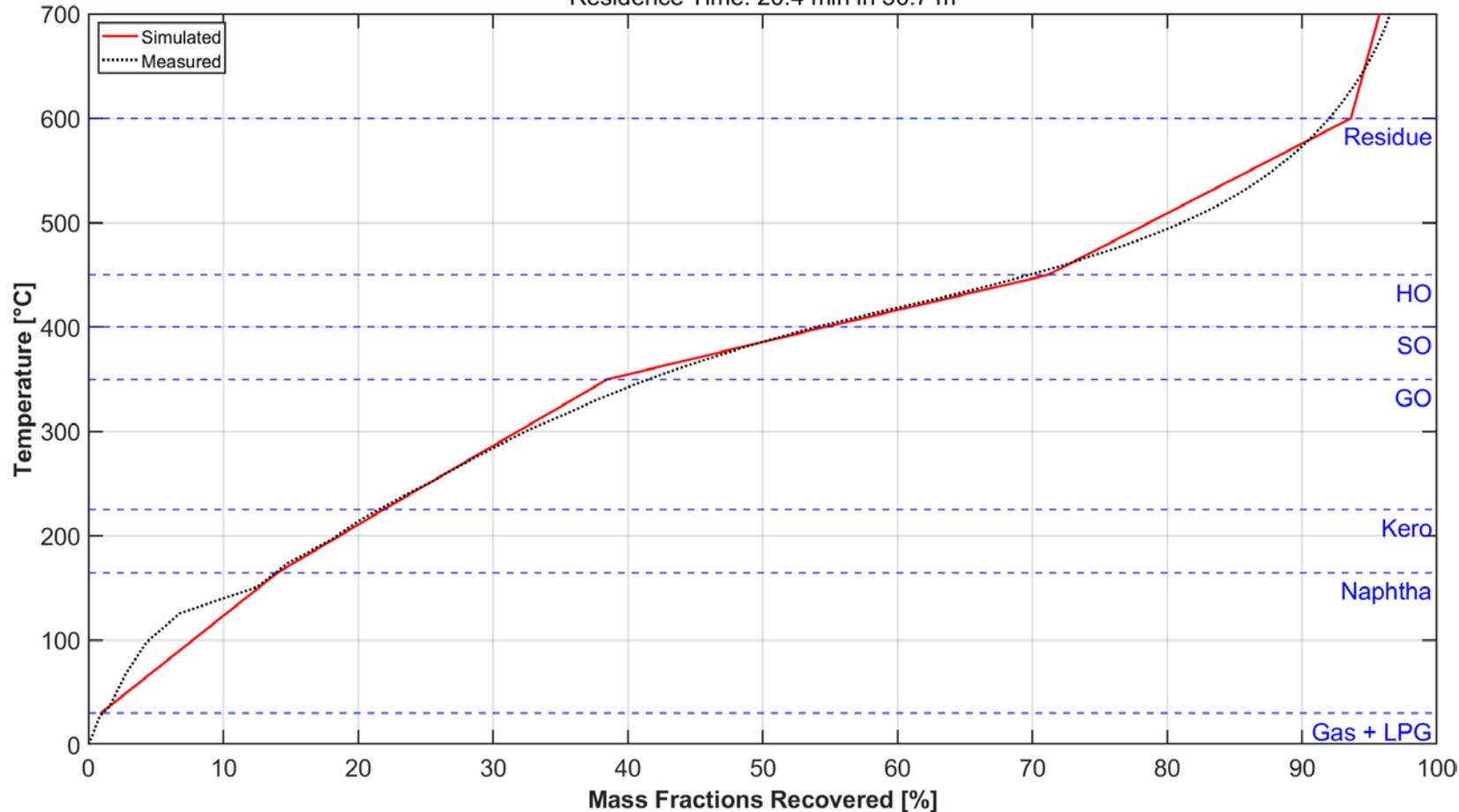
Simulationsgenauigkeit – Laborreaktor

TBP - Comparison - Pyrolysis Products

Experiment Number: 225

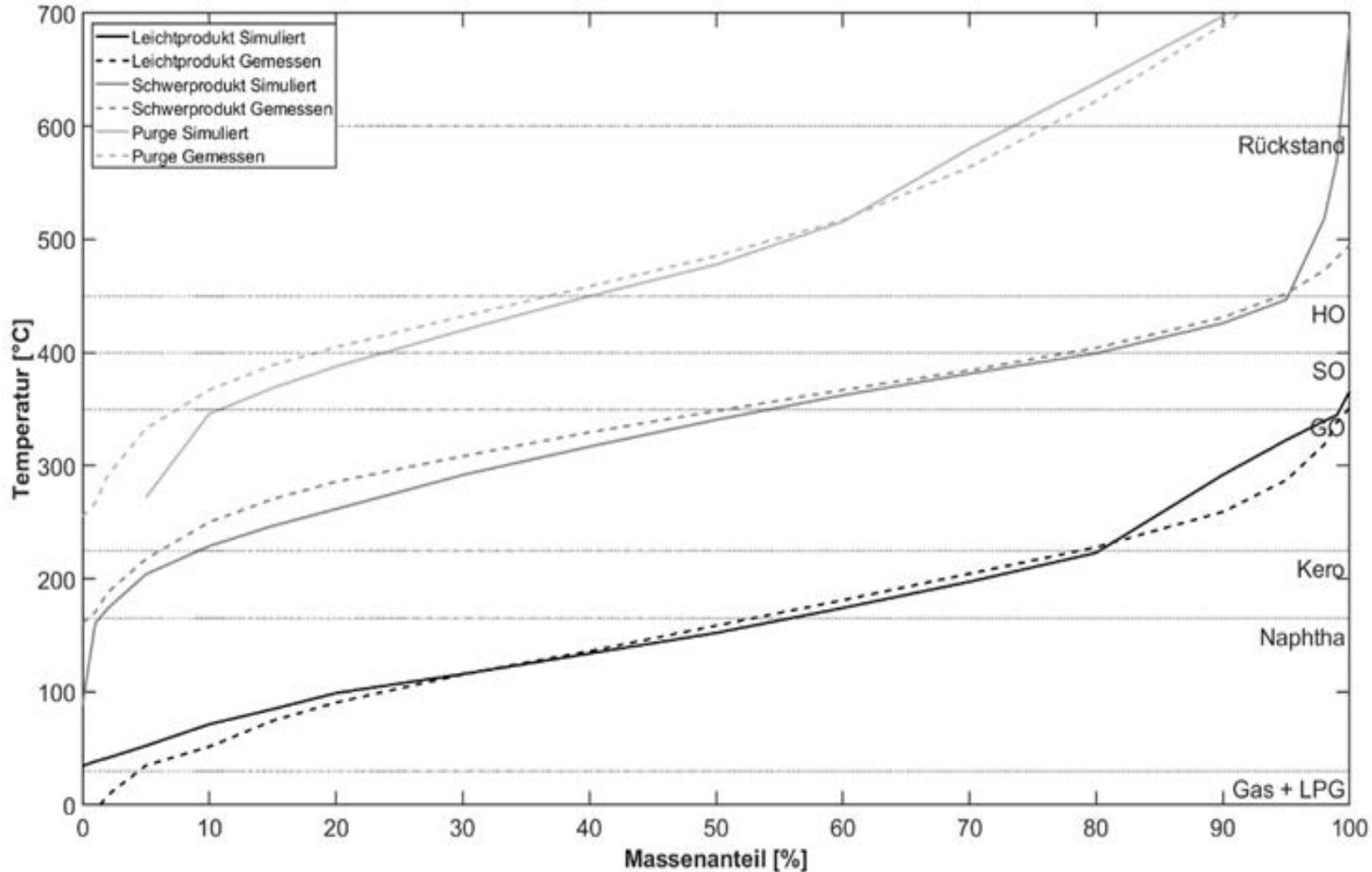
Mean Temperature: 398.1 °C

Residence Time: 20.4 min in 50.7 m



- Vergleich simulierte und gemessene Produktsiedelinie

Simulationsgenauigkeit – Pilotanlage



- Vergleich simulierte und gemessene Produktsiedelinie

Zusammenfassung

- Modellierung eines Rohrreaktors im Labormaßstab
- Implementierung des Reaktormodells in die Prozesssimulation der Pilotanlage
- Evaluierung der Vereinfachungen und Annahmen am realen Prozess
- Anwendung des Modells für den Scale-Up des Prozesses für die nächsten Entwicklungsstufen



ReOil® -Technology – Scale-up und Modellierung eines Kunststoffrecyclingprozesses



Dipl.-Ing. Sebastian-Mark Lorbach

☎ +43 664/20 300 75

✉ sebastian-mark.lorbach@unileoben.ac.at

Chair of Process Technology and Environmental Protection

Montanuniversität Leoben
Franz Josef-Straße 18
8700 Leoben



Dr. mont. Andreas Lechleitner

✉ andreas.lechleitner@omv.com

OMV Downstream GmbH
Mannswörther Str. 28
2320 Schwechat

