

RECYCLING VON POLYSTYROL MITTELS ROHSTOFFLICHER VERWERTUNG (RESOLVE)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



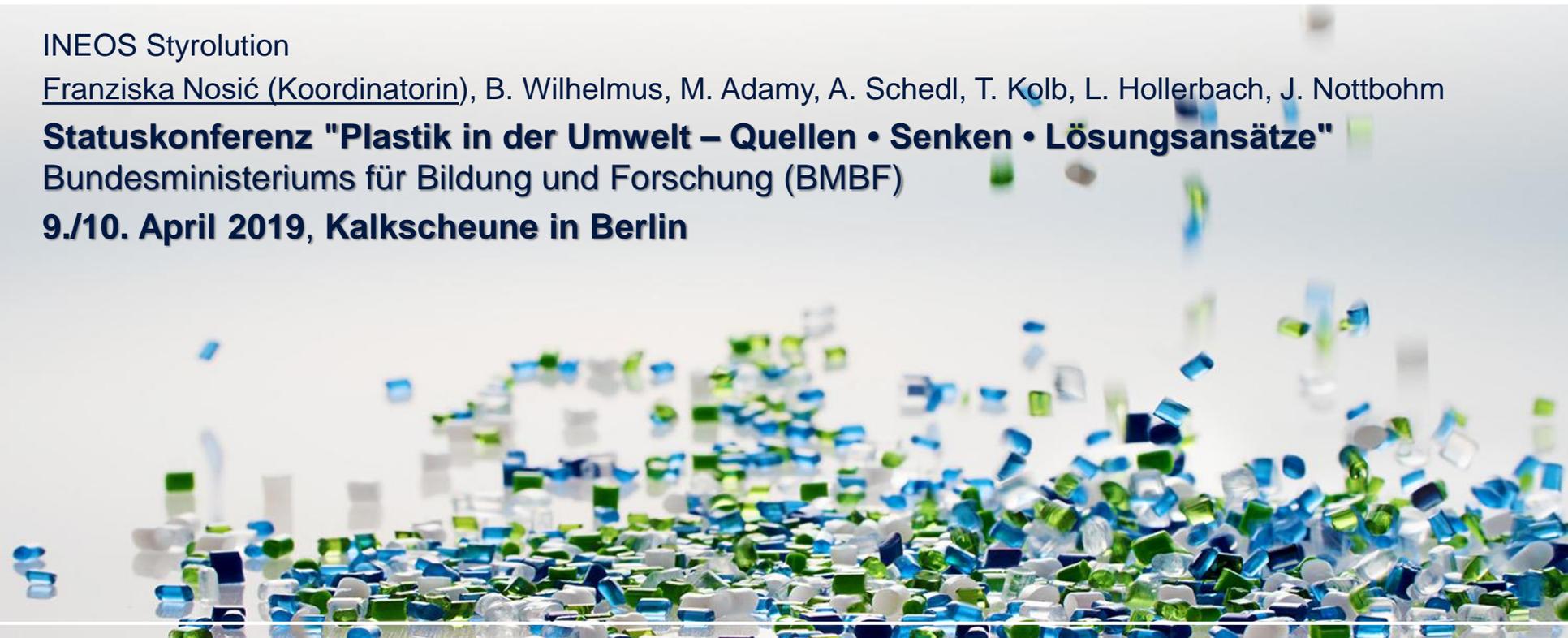
INEOS Styrolution

Franziska Nosić (Kordinatorin), B. Wilhelmus, M. Adamy, A. Schedl, T. Kolb, L. Hollerbach, J. Nottbohm

Statuskonferenz "Plastik in der Umwelt – Quellen • Senken • Lösungsansätze"

Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)

9./10. April 2019, Kalkscheune in Berlin



Resolve Motivation

PS-Abfälle

- Einfache thermische Spaltbarkeit in Monomere (wichtig für chem. Recycling)
- PS ist ein breit angewandter Kunststoff
- Umfangreiche Rohstoffquellen erschließbar
- Grenzen des mechanisches Recyclings erfordern Alternative



Chemisches Recycling

- Vermeidung von „Downcycling“
- Möglichkeit des Recycling für schlagzäh-modifizierte, flammgeschützte, eingefärbte oder verunreinigte Produkte
- Ganzheitliche Betrachtung

INEOS
STYROLUTION



INEOS
THE WORD FOR CHEMICALS

I.A.R. Institut für Aufbereitung und Recycling

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

INSTITUT FÜR
KUNSTSTOFFVERARBEITUNG
IN INDUSTRIE UND HANDWERK AN DER RWTH AACHEN



INEOS
STYROLUTION

Driving Success. Together.

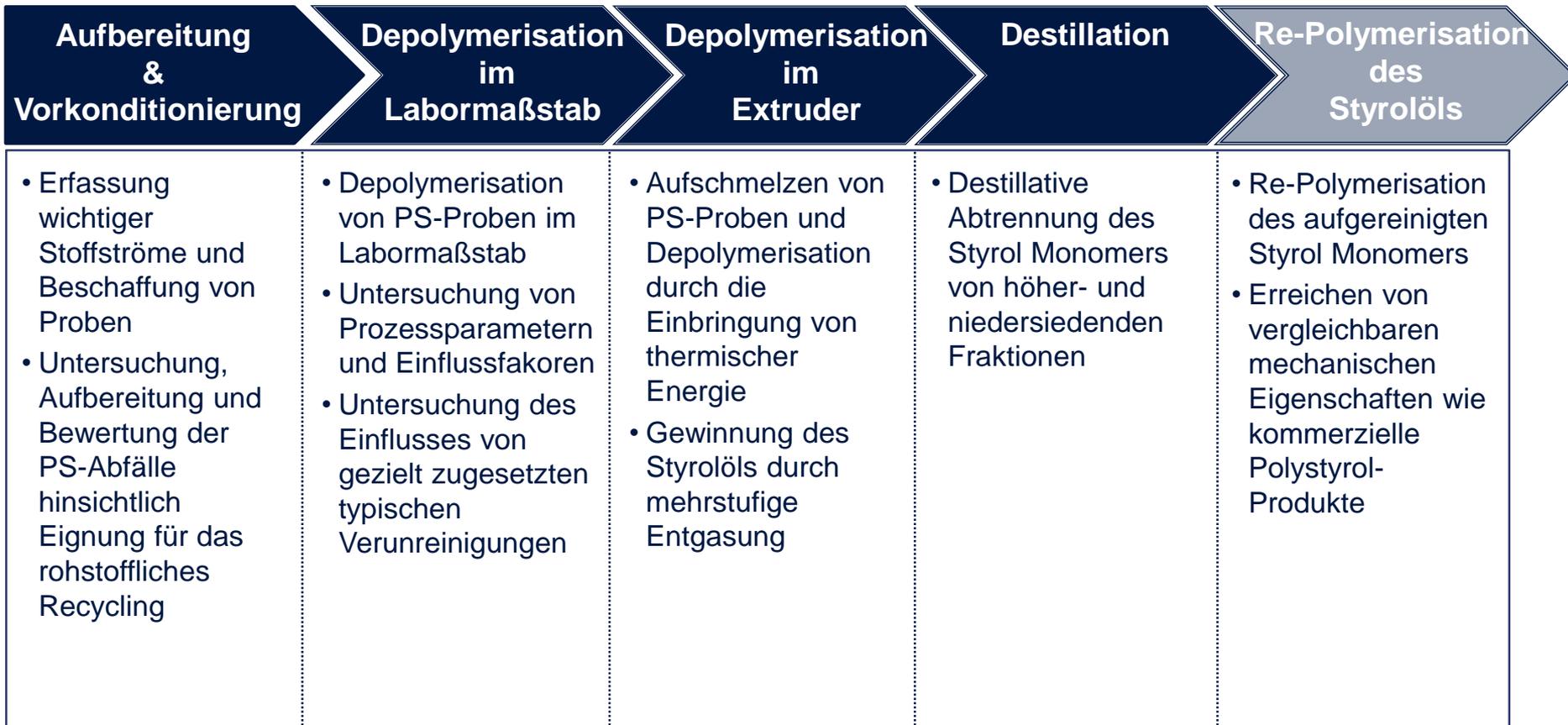
INEOS Styrolution, Franziska Nosić

Resolve

Ganzheitliche Betrachtung des Recyclingprozesses



Ziel des BMBF-Forschungsprojektes „Resolve“ ist die wirtschaftliche Nutzung von PS-Abfällen als Rohstoff für hochwertige neue Kunststoffprodukte im Rahmen eines chemischen Recyclings (geschlossene Kreislaufwirtschaft)



Aufbereitung & Vorkonditionierung von Abfällen

✓ 1. Analyse von LVP-Material (Leichtverpackungen)*

- Abtrennung von Fremdbestandteilen
- Material wurde zerkleinert (10 mm), gewaschen und getrocknet



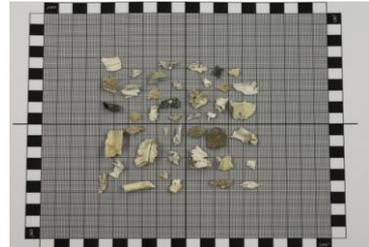
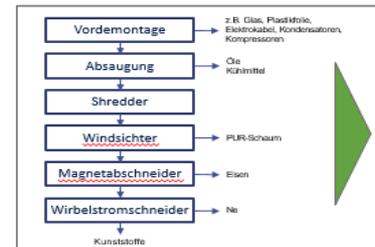
✓ 2. Analyse von EPS-Material (expandiertes PS) aus gewerblichen (Möbel)- Umverpackungen

- Zerkleinerung mit Einwellenzerkleinerer und 30 mm Austragsrost
- Input 40*40*120 Ballen



✓ 3. Analyse einer Polystyrol HIPS Probe aus WEEE-Material (Elektromaterial, hier Kühlschrank-Fraktion)

- Abtrennung von Fremdbestandteilen (Metall, Glas, Öle etc.)
- Nachsortierung (PS-Anteil ca. 75%)



! 4. Analyse von Proben aus mariner Umgebung mit niedriger Polystyrolkonzentration

- Probenmaterial von der Inselgruppe Föhr
- Algenproben aus unterschiedlicher Quelle

* Nach Spezifikationsblatt DKR 331 (Deutsche Kodierrichtlinie für PS-Abfälle)



Depolymerisation im Labormaßstab

Depolymerisation im Glaskolben unter Vakuum

- Anwendung für erste Versuche
- Proof of Concept
- Tests mit GPPS, HIPS sowie LVP- und EPS-Abfallproben PS-Probe
- Sicherheitsabschätzung



Depolymerisation im Autoklaven

- Größere Versuchsmengen als im Glaskolben möglich
- Relativ gute Reaktionskontrolle
- Tests mit GPPS Proben und Proben mit gezielt zugesetzten Verunreinigungen



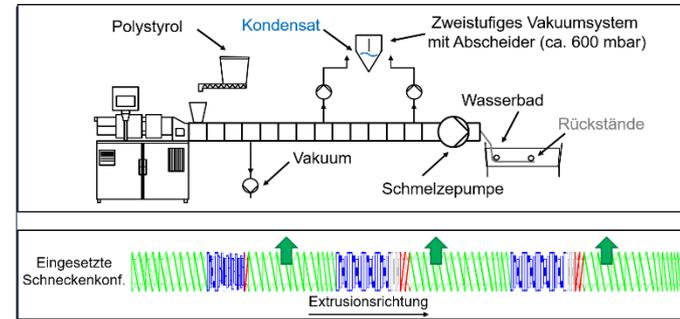
Ergebnis:

- ✓ Aufzeigen der Machbarkeit und Eignung des Prozesses für die Depolymerisation
- ✓ Neben Styrol entstehen Dimere/Trimere sowie weitere Nebenprodukte
- ✓ Kein Einfluss des Molekulargewichtes auf das Ergebnis der Depolymerisation
- ✓ Erste Analyse von PS-Proben mit gezielten Verunreinigungen (PE, PP, PMMA und PET)
- ✓ Erfolgreiche Depolymerisation von Abfallproben (EPS / LVP)

Depolymerisation im Doppelschneckenextruder

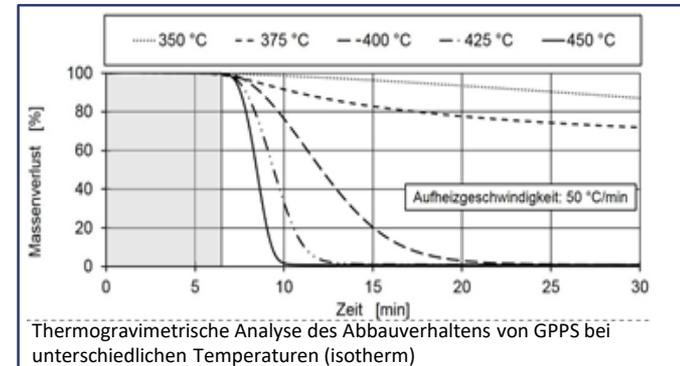
Versuche im Technikumsmaßstab

- Anlagenaufbau, bestehend aus Doppelschneckenextruder, Dosiersystemen, Entgasungseinheit inkl. Abscheider für das Styrol Monomer
- Optimierung des Extruder Setups für die Depolymerisation und einer effektiven Abscheidung des entstehenden Styrolöls



Herausforderungen:

- Verweilzeit kann nicht beliebig verlängert werden
- Relativ geringe Scherkräfte durch hohe Schmelztemperatur
- Wegen starken Aufkochens/Schäumens des PS bzw. SM kein großer Unterdruck möglich



Ergebnisse:

- Erfolgreiche Depolymerisation von GPPS und Abfallproben (EPS, LVP) sowie Proben mit gezielt zugesetzten Verunreinigungen
- Es kann ein Einfluss des eingesetzten Materials auf die Styrol Ausbeute aufgezeigt werden

	-	0	+
Durchsatz	10 kg/h	15 kg/h	20 kg/h
Drehzahl	900 U/min	1000 U/min	1100 U/min
Temperaturprofil	max. 400 °C	max. 415 °C	max. 430 °C

Varierte Prozessparameter zur Prozessoptimierung

Destillative Aufreinigung des Kondensats

Fraktionierende Vakuumdestillation

Innerhalb des Projektes ResoLve werden zwei Möglichkeiten der Aufreinigung des Kondensates genutzt:

- mittels Vigreux-Kolonne
- mittels Füllkörper-Kolonne

Ziel:

- Abtrennung des Styrols von höher-/niedriger siedenden Fraktionen

Ergebnis:

- Eine Abtrennung des Styrols in guter Reinheit ist möglich



Abb: Vakuumdestillation mit Füllkörperkolonne

Resolve

Ausblick

- Aufbereitung und Depolymerisation von Proben aus mariner Umgebung
- Bewertung des Reaktionsgemisches aus der Depolymerisation für die Eignung im Crack-Prozess
- Optimierung Extruder-Aufbau, verlustfreie Kondensation
- Destillation größerer Mengen Styrolöl und anschließende Re-Polymerisation
- Analyse/Nachsortieren der Kühlschranksfraktion



Resolve

Ansprechpartner im Projekt

INEOS Styrolution Group GmbH

Mainzer Landstraße 50
60325 Frankfurt am Main
Franziska Nosić
(franziska.nosic@ineos.com)

Neue Materialien Bayreuth GmbH

Gottlieb-Keim-Straße 60
95448 Bayreuth
Dr. Tristan Kolb
(tristan.kolb@nmbgmbh.de)

INEOS Köln GmbH

Alte Straße 201
50769 Köln
Julien Nottbohm
(julien.nottbohm@ineos.com)

Institut für Aufbereitung und Recycling (I.A.R.),

RWTH Aachen

Wüllnerstraße 2
52056 Aachen
Dr. Alexander Feil
(feil@ifa.rwth-aachen.de)

Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV),

RWTH Aachen

Seffenter Weg 201
52074 Aachen
Maximilian Adamy
(maximilian.adamy@ikv.rwth-aachen.de)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Plastik in der Umwelt – Verbundvorhaben Resolve
Recycling von Polystyrol mittels rohstofflicher Verwertung

Ziel des BMBF-Forschungsvorhabens „Resolve“ ist die wirtschaftliche Nutzung von PS-Abfällen als Rohstoff für hochwertige neue Kunststoffprodukte im Rahmen eines vollständigen Recyclings geschlossene Kreislaufwirtschaft.

Polyethylol aus LVP-Materialien

Vom Sekundärrohstoff zurück zum Polystyrol

Depolymerisation in Labormassstab

- Depolymerisation von Polystyrol (PS) in Monomerenform
- Erzeugung von hochreinem Polystyrol
- Verwertung von Nebenprodukten (z.B. Ethylen und Ethylbenzol) in der Polymerisation
- Wirtschaftliche Verfahrensaufbereitung des Kondensats mittels Ethylen- und Ethylbenzolen

Erreichung des Meilensteins M1

- Die Durchführbarkeit des Depolymerisationsprozesses in Labormassstab konnte anhand von Modellsubstanzen gezeigt werden
- Proben aus einem weiteren Materialbereich wurden erfolgreich depolymerisiert
- Die Ausbeute betrug mindestens 80% für Styrol und 90% für Ethyl- und Ethylbenzol bezogen auf den Anteil des eingesetzten PS
- Die Depolymerisation in Ethylen konnte demonstriert werden
- Aus dem Reagenzien-Nachfragericht konnte Styrol zusätzlich von Ethyl- und Ethylbenzolen Fraktioniert abgetrennt werden

Polymerisation von PS im Doppelschneckenextruder

- Flüssige Reaktionsmischungen aus Styrol, Ethylbenzol und Ethylen werden über eine neuartige Extruderanlage extrudiert
- Die Fraktionierung erfolgt in einem Extruder
- Die resultierenden Fraktionen des Ethylens und Styrols können der Polymerisation wiederverwendet werden

Polymerisation von PS im Doppelschneckenextruder

Extruder	Styrol	Ethylbenzol	Ethylen	PS	Styrol	Ethylbenzol	Ethylen	PS
1	100	100	100	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100

Polystyrol-Einkaufskriterien auf die Kondensat-Ausbeute

Kriterium	Einheit	Wert
Styrol	g/kg	100
Ethylbenzol	g/kg	100
Ethylen	g/kg	100
PS	g/kg	100
Styrol	g/kg	100
Ethylbenzol	g/kg	100
Ethylen	g/kg	100
PS	g/kg	100

Ausbeute

- Aufbereitung und Depolymerisation von Proben aus naher Umgebung
- Herstellung von Modellsubstanzen aus dem Monomeren für die Copolymerisation
- Erzeugung großer Mengen Styrol- und ethylbenzolen Fraktionen

Projektpartner: INEOS STYROLUTION, MARILLAC, PIRELLA, BASF, INEOS MATERIALS, INEOS OLEFINS, INEOS POLYMERIZATION, INEOS STYROLUTION

INEOS STYROLUTION

For more information visit
www.ineos-styrolution.com

Driving Success. Together.