

Ökologische Betrachtungen



Monomer-Recycling: Alternative zum Schließen des Wertstoffkreislaufes

Mandy Paschetag, Stephan Scholl

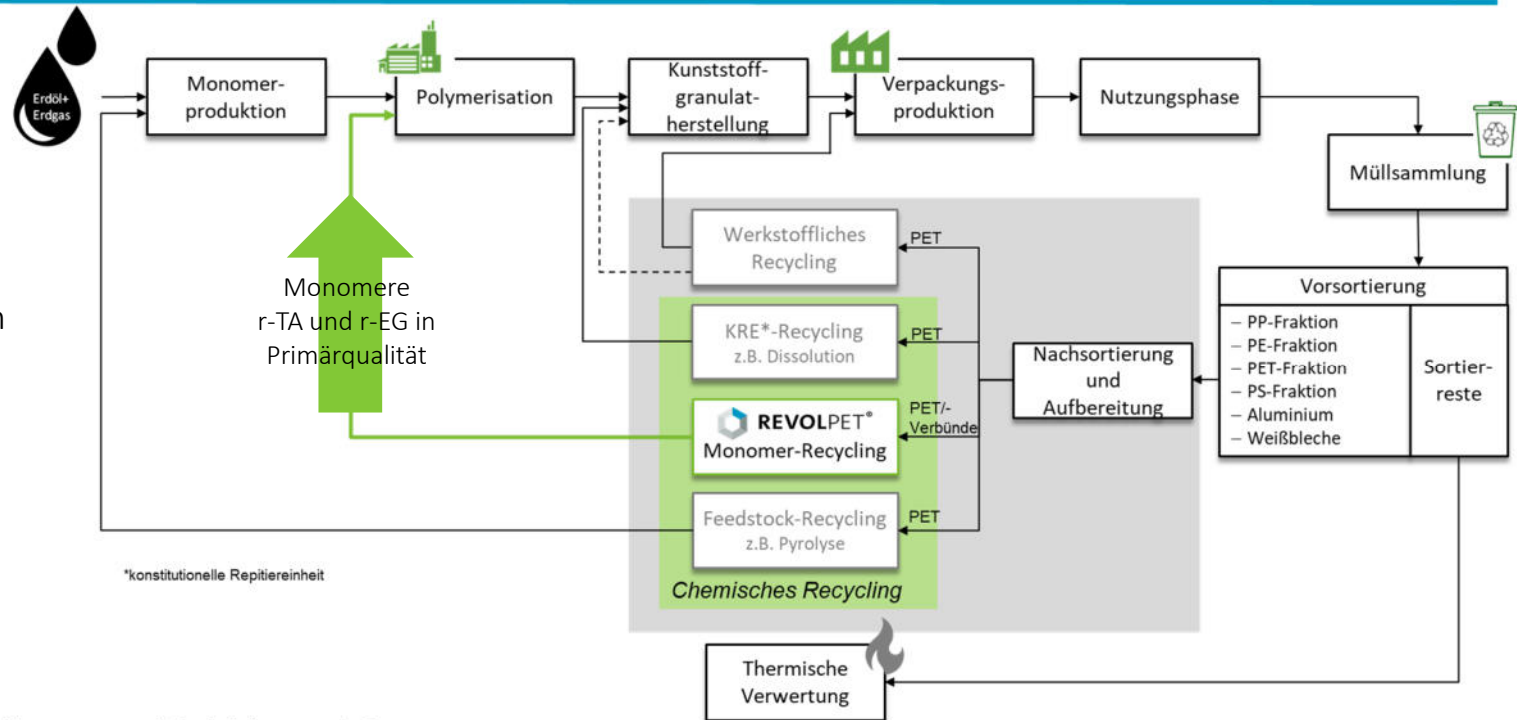
TU Braunschweig, Institut für Chemische und Thermische Verfahrenstechnik



Die revolPET®-Technologie im Wertstoffkreislauf



- Bereitstellung der Monomeren Terephthalsäure (TA) und Ethylenglycol (EG) als Sekundärrohstoff in Primärqualität
- Ergänzung der bestehenden Recyclingverfahren



Ausstehend

Anerkennung für die Recyclingquote i.S.d. VerpackG

„[...] die Eignung der Techniken sowie den Nachweis der ökologischen Vorteilhaftigkeit [...]“ [UBA, 2020]

Umweltbundesamt, Hintergrundpapier „Chemisches Recycling“, Juli 2020, ISSN 2363-829X



Ökologische
Bewertung einer
neuen Recycling-
Technologie



Ergebnisse der
ökologischen Bewertung

- Analyse
- Szenarien



Einordnung der
Ergebnisse

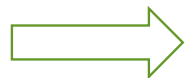


Frühes Stadium der Verfahrensentwicklung...

- Nachweis der Machbarkeit steht im Vordergrund
- Keine Einbindung in eine bestehende Produktionsinfrastruktur
- Keine Kenntnis über optimale Betriebspunkte einzelner Apparate
- Kreislaufführung von Prozessströmen noch nicht integriert
- Scale-Up Effekte größtenteils nicht bekannt



Hoher Detaillierungsgrad bei Modellierung und Analysen



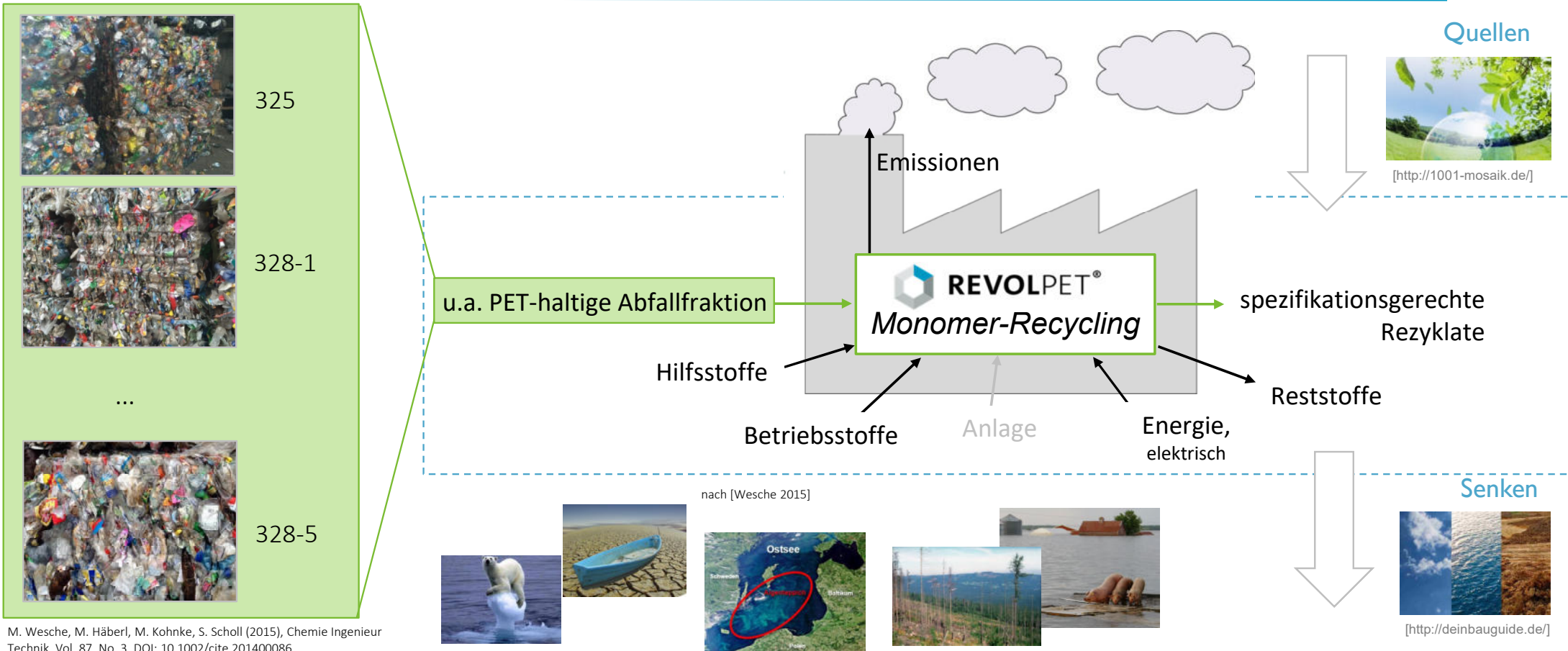
Szenarien notwendig, um Potentiale zu identifizieren





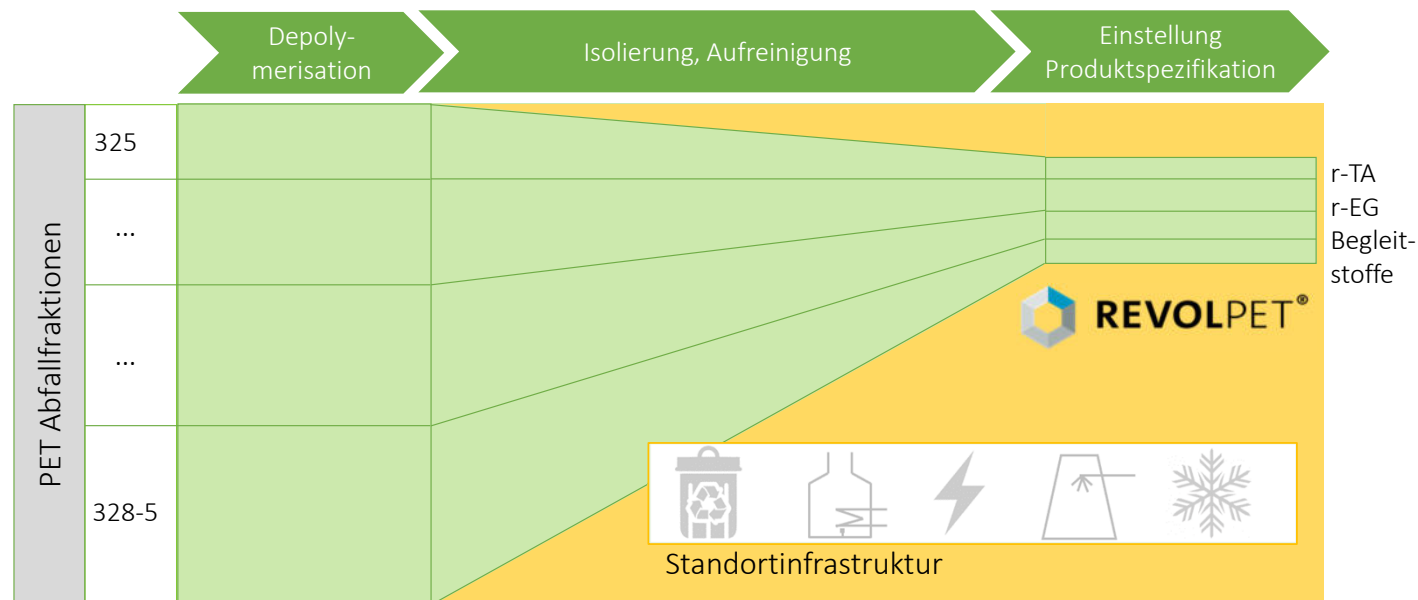
Ökologische Bewertung einer neuen Recycling-Technologie

Inputs/Outputs



M. Wesche, M. Häberl, M. Kohnke, S. Scholl (2015), Chemie Ingenieur Technik, Vol. 87, No. 3, DOI: 10.1002/cite.201400086

- Dualistische, funktionelle Einheit
 - Aus Sicht Recycling:
Beseitigung 1 kg Fraktion x
 - Aus Sicht Rohstoffbereitstellung:
Produktion von 1 kg r-TA@revolPET®
- Sachbilanz: Datensätze @ ecoinvent v7.1
- Bewertungsmodelle der ILCD Methode [ILCD 2010]
- WK Verbrauch fossiler Ressourcen (FD): ReCiPe 2008 [Goedkoop 2009]



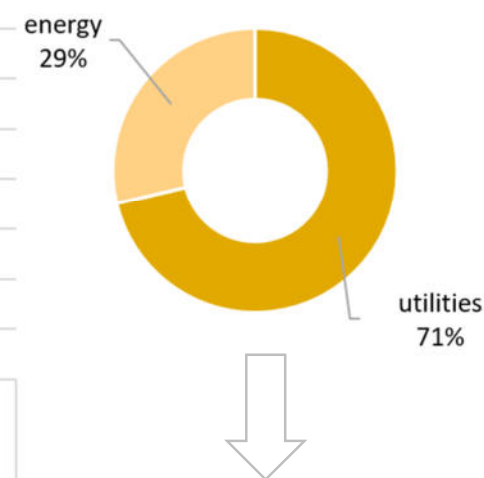
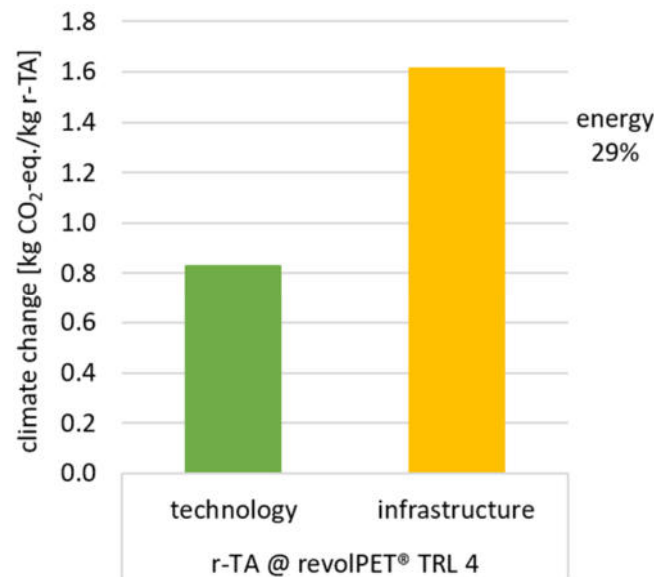
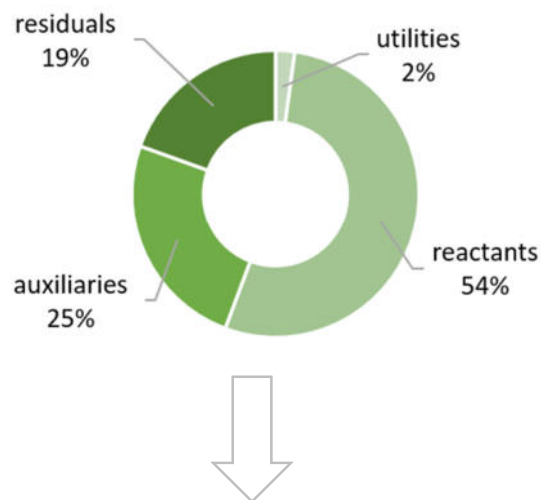
- ➡ **Datenbasis: Technikumsanlage (TRL 4), Standort Braunschweig 2020/21**
- ➡ **Vorrangig Primärdaten aus Experiment und Messungen, ergänzend: Berechnung**
- ➡ **Bewertung kontinuierliche Herstellung r-TA, Basis: post production PET/PE, Durchsatz: $14 \text{ kg}_{\text{PET-Fraktion}}/\text{h}$ ($\approx 10,5 \text{ kg}_{\text{r-TA}}/\text{h}$)**

[ILCD 2010] European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2010

[Goedkoop 2009] M. Goedkoop, R. Heijungs, M. Huilbregts et al. (2009), „ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level“

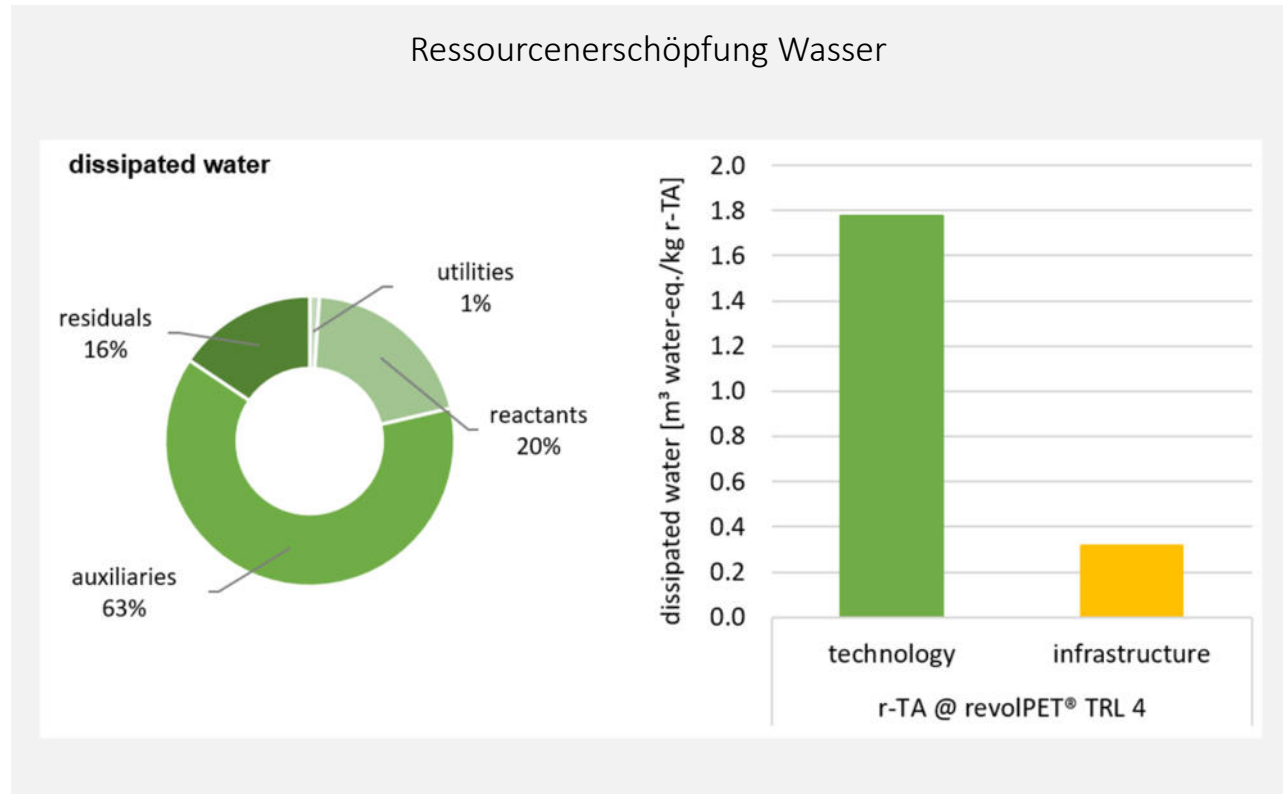
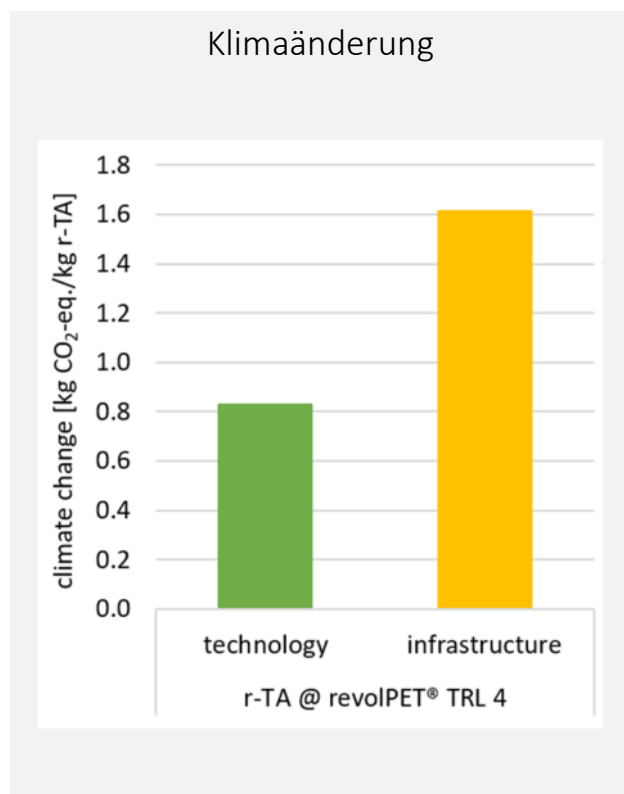
Hier als Auszug: Klimaänderung

climate change



- Edukt-, Hilfsstoff-, Reststoffmengen resultieren aus Rezeptur
- Potentielle ökologische Auswirkungen abhängig von Umsetzung einzelner Verfahrensaufgaben

- Bedarf an Wärme, Kälte, Strom resultiert aus der revolPET®-Technologie
- **Aber! Potentielle ökologische Auswirkungen abhängig von Infrastruktur**



➔ Multikriterielle Betrachtung ...



Ergebnisse der Bewertung Sensitivitätsstudien



in progress

Studie 1

Einfluss der **Infrastruktur** auf die potentiellen Umweltwirkungen

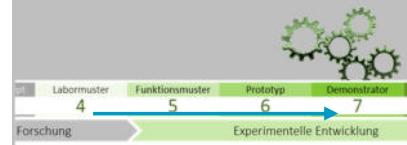


Standortuntersuchungen

- Technikum, BS
→ Strommix, DE @ecoinvent
- Industriepark
→ Strom @ Hoechst: 0,293 kg CO₂-Äq./kWh*
- Dampf @ Hoechst: 0,283 kg CO₂-Äq./kWh**

Studie 2

Aktueller **Entwicklungsstand** der revolPET® Technologie

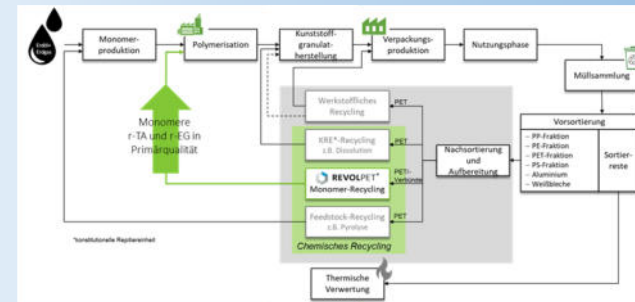


Verbesserungsoptionen

- Apparate
→ Scale-up Effekt Extruder (Pilotversuche)
- Betriebsseite
→ Kreislaufführung
→ Wärmeintegration
→ Betriebspunkt Apparate
- ⇒ Effizienzsteigerung 20...70%

Studie 3

Vergleich mit fossiler Route der TA-Herstellung



- Virgin Monomer (v-TA) mittels Datensatz ecoinvent
→ "purified terephthalic acid production [RER]"
- Einbindung Ergebnisse Studie 1+2

Studie 4

Einordnung in die Wertschöpfungskette

- Substitution von alternativen Verwertungswegen (thermische Verwertung)
- Schwerpunkt: End-of-Life Abschnitt der Wertschöpfungskette

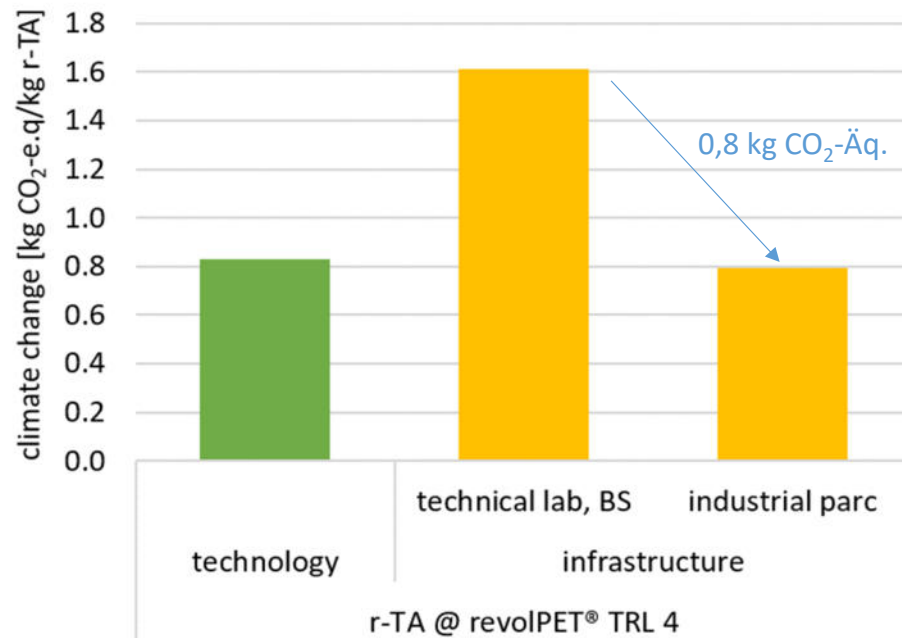
Infraserv Hoechst – Erfolgsfaktor Energieeffizienz Carbon Footprint-Bericht Infraserv Hoechst 2010

* Stand 2017, ** Stand 2010; *** Geothermie 1%, Wasserkraft 1%, Windkraft off-shore 17%, Windkraft on-shore 59%, Erdöl 2%, Erdgas (KWK) 19%



Einfluss der Infrastruktur auf die potentiellen Umweltwirkungen

climate change

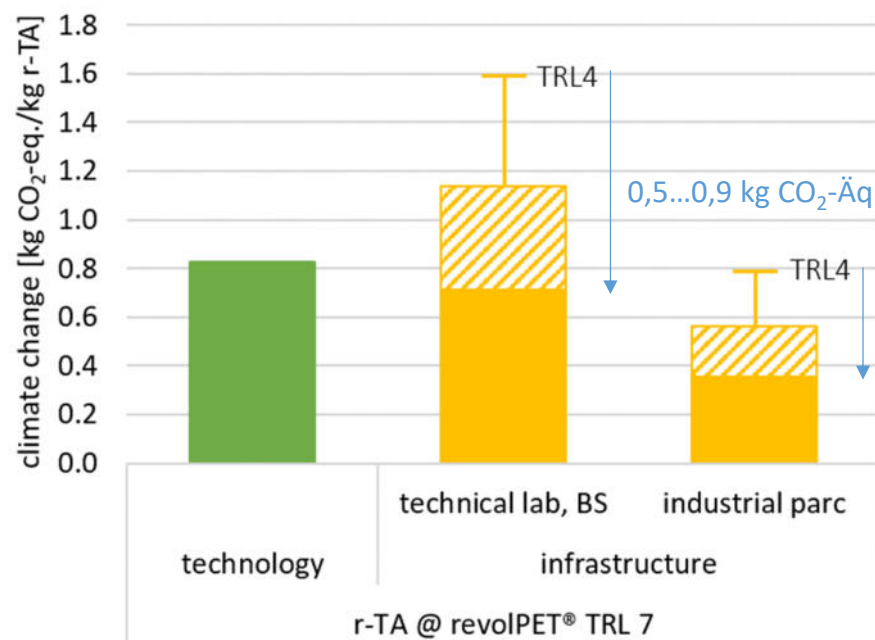


- ⇒ Aktueller Technologiereifegrad (TRL): 4
- ⇒ Technikum BS ohne Produktionsinfrastruktur
- ⇒ Bereitstellung von Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus mittels elektrischem Strom
- ⇒ Einfluss Standortwechsel in der WK Klimaänderung...
 - ... Reduktion um 0,8 kg CO₂-Äq./kg r-TA
 - ... Senkung potentielle Gesamtauswirkungen \searrow 30 %



Aktueller Entwicklungsstand der revolPET® Technologie

climate change



⇒ Angenommener Technologiereifegrad (TRL): 7

⇒ Einsparpotentiale abhängig von zur Verfügung stehender Infrastruktur

⇒ Reduktion potentieller Gesamtwirkungen um bis zu - 30...-55 % durch TRL ↗

⇒ Szenarien noch durch Verbesserungsoptionen auf Prozessseite zu ergänzen

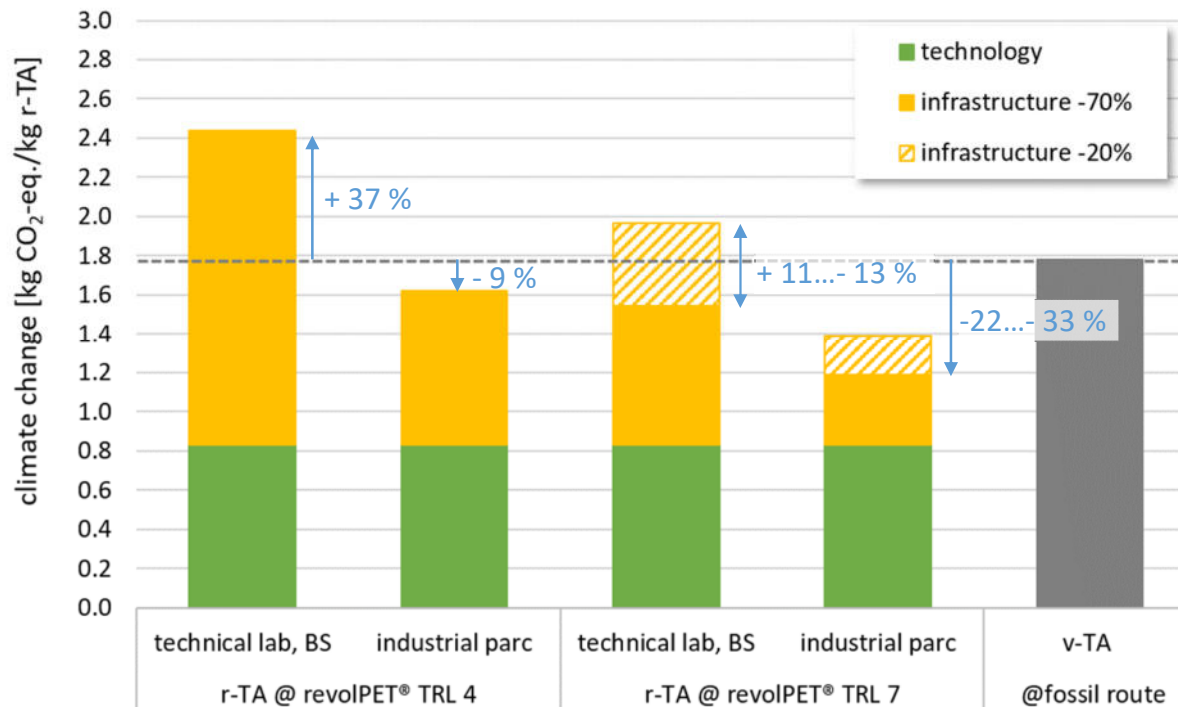


Ergebnisse der Bewertung Sensitivitätsstudie 3



Vergleich mit fossiler Route der TA Herstellung (ohne Kompensationsgutschrift)

climate change



- ⇒ Aktueller Entwicklungsstand revolPET® Technologie @ Industriepark zeigt bereits ökologische Vorteilhaftigkeit gegenüber fossiler Route
- ⇒ Höherer Entwicklungsstand (hier TRL 7) @ Industriepark ermöglicht Reduktion um bis zu 33 %*
*ohne Berücksichtigung Potentiale auf Prozessseite
- ⇒ Erwartetes Einsparpotential gesamt: 60...80 %**
**inkl. Berücksichtigung Potentiale auf Prozessseite, TRL 9; ohne Berücksichtigung Substitution



- Herausforderungen
- Systemgrenzen
- Funktionelle Einheit



- Ökologische Bewertung des aktuellen Entwicklungsstandes
- Einflüsse/Potentiale durch...
 - Technologiereifegrad auf Verbräuche
 - Infrastruktur des Standortes



- Vergleich mit fossiler Route der TA-Herstellung
- Aktuelle Arbeiten:
 - Einordnung in Wertschöpfungskette
 - Potenzialen aus Optimierung des Prozessdesigns



Take Home Messages



Technologiereifegrade (TRL) sind bei der Bewertung neuer Technologien zwingend zu berücksichtigen



Standort hat großen Einfluss auf die potentiellen Umweltwirkungen der Technologie



Monomer-Recycling @ revolPET®

→ ökologisch vorteilhaft gegenüber der Herstellung von virgin-Monomeren

→ Sinnvolle Ergänzung zu den bestehenden Verwertungsverfahren

Herzlichen Dank



Gesamtprojekttreffen im Juni 2020 @Schiller Apparatebau, Essen

GEFÖRDERT VOM

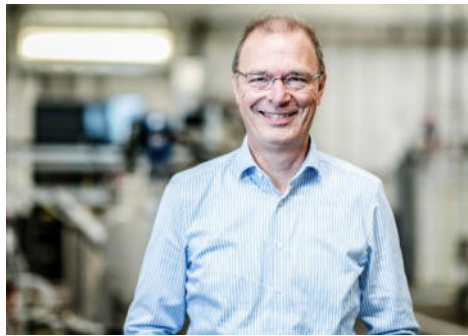


Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Förderkennzeichen: 033R193 A bis F

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung





Carsten Eichert

RITTEC Umwelttechnik GmbH
Feldstraße 29, 21335 Lüneburg
E-Mail: eichert@rittec.eu



Prof. Dr.-Ing. Stephan Scholl

TU Braunschweig
Institut für Chemische und Thermische Verfahrenstechnik
Langer Kamp 7, 38106 Braunschweig
E-Mail: s.scholl@tu-braunschweig.de