



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Green Feedstock for a Sustainable Chemistry

Energiewende und Ressourceneffizienz in der chemischen Industrie (GreenFeed)



Agenda

15:00 Begrüßung

15:05 Kurzvorstellung des GreenFeed - Projektes

15:25 Vorstellung der Bewertungsmethodik

16:10 Darstellung erster Bewertungsergebnisse

16:55 Ausblick und Verabschiedung

Mit Umfragen und
Feedbackrunden aller
Teilnehmenden

Kurzvorstellung

Kurzvorstellung GreenFeed - Projektes



Green Feedstock for a Sustainable Chemistry – Energiewende und Ressourceneffizienz im Kontext der dritten Feedstock-Transformation der chemischen Industrie (03/2022 – 02/2025, BMWK)

Verbund: WI - Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; KIT - Karlsruher Institut für Technologie: Institut für technische Chemie, DBFZ - Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Industriebeirat: Petrochemie, Bioindustrie, Kunststoffverband, regionale Netzwerke der chemischen Industrie

Ziel: Langfristszenarien/Roadmap zur Entwicklung einer klimaneutralen zirkulären Kunststoffindustrie

- Rohstoff- und Energietransformation der Chemiecluster in Deutschland und Westeuropa
- Optionen: mechanisches und chemisches Recycling, Biopolymerproduktion, H₂-Einsatz, CCU

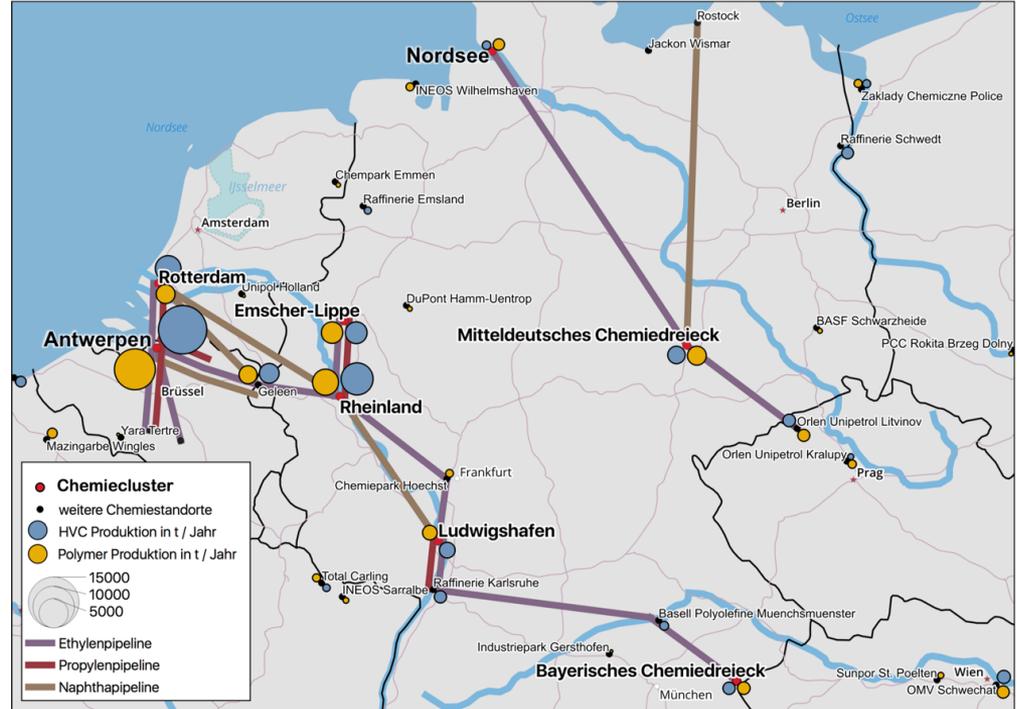
Methoden: Modellierung, Szenarioanalyse, Technologiebewertung, Stakeholderworkshops, Roadmapping

Kurzvorstellung GreenFeed - Projektes

Betrachtungsraum

Deutschland gesamt und folgende Cluster:

- Ludwigshafen
- Rheinland
- Emscher-Lippe
- Mitteldeutsches Chemiedreieck
- Nordsee
- Bayrisches Chemiedreieck
- Antwerpen
- Rotterdam



Kurzvorstellung GreenFeed - Projektes



AP 4 – Detailbetrachtung und
Technologiebewertung:
Chemisches Recycling (KIT)

Ziele

- ❖ Auswahl repräsentativer Technologie- und Produktoptionen für das chemische Recycling von Mischkunststoffabfällen
- ❖ Bewertung dieser Technologien nach ausgewählten technischen, ökonomischen und ökologischen Kriterien in Anwendung auf bedeutende Abfallarten
- ❖ Vergleich mit petrochemischen Referenzen; Vergleich mit der energetischen Verwertung
- ❖ Darstellung der Optimierungspotenziale entlang der jeweiligen Prozesskette

Produkte

- ❖ Technologiesteckbriefe mit Massen- und Energiebilanzen
- ❖ OpenAccess-Artikel zur techno-ökonomischen Bewertung von chemischen Recyclingoptionen

Kurzvorstellung GreenFeed - Projektes



AP 5 – Detailbetrachtung und
Technologiebewertung: *Biopolymere*
(DBFZ)

Ziele

- ❖ Übersicht biobasierter Polymerpfade mit möglichen Rohstoffquellen
- ❖ Bewertung der „wichtigsten“ Biopolymere nach technischen, ökonomischen und ökologischen Kriterien
- ❖ Vergleich mit petrochemischen Referenzen
- ❖ Identifikation der effizientesten, umweltentlastensten und kostengünstigen Biopolymer-Produktionspfaden
- ❖ Darstellung der Optimierungspotenziale entlang der Produktionspfade

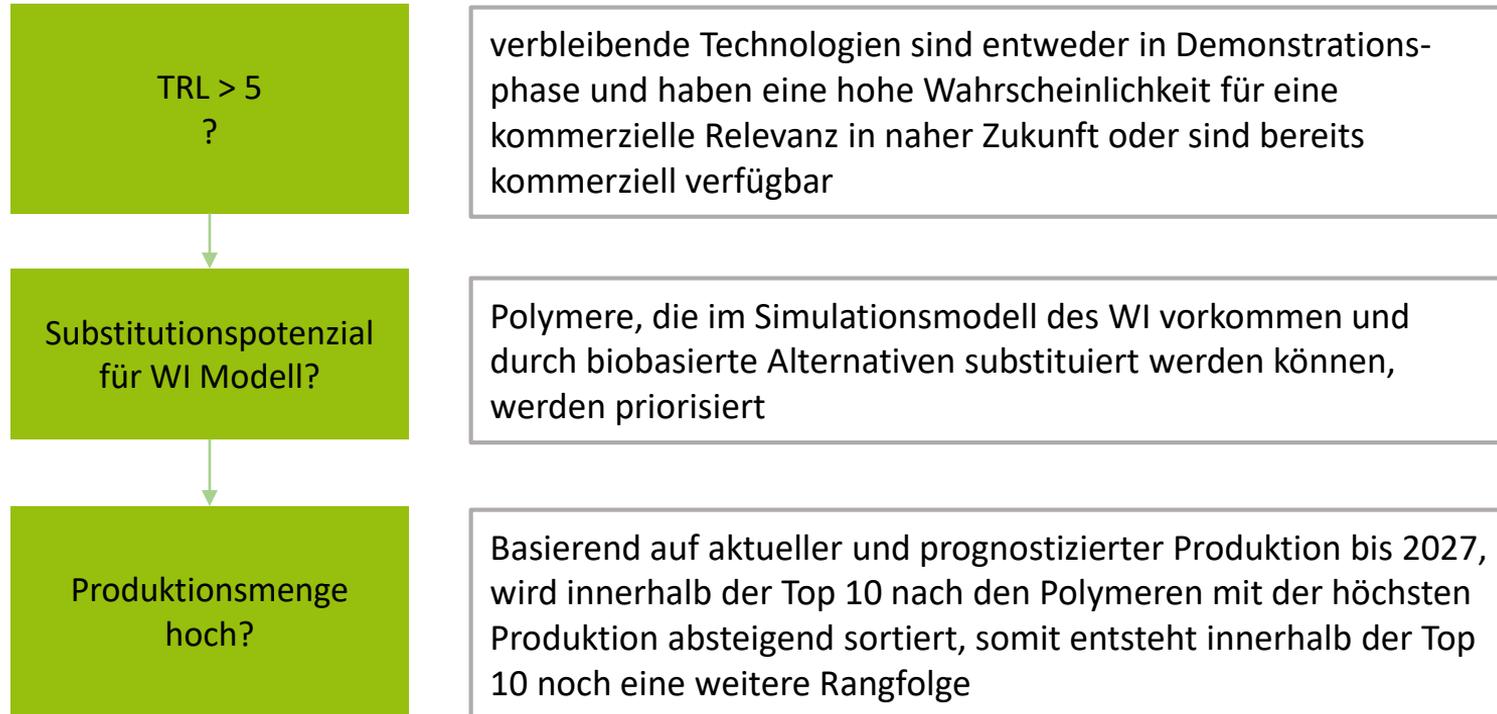
Produkte

- ❖ Technologiesteckbriefe der gewählten Biopolymere
- ❖ OpenAccess-Artikel zur Technologiebewertung und Benchmarking der ausgewählten Biopolymerpfade

Vorstellung der Bewertungsmethodik

Vorstellung der Bewertungsmethodik

Ranking der Biopolymere



Vorstellung der Bewertungsmethodik

Ranking der Biopolymere



Polymer	Abkürzung	TRL	WI-Polymer	Produktion 2027 mio t.
Polylactic acid	PLA	9	PS	2,91
Polyamide	PA	9	PA	1,27
Polyethylene	PE	9	PE	0,63
Polyurethan	PUR	9	PUR	0,34
Polypropylene	PP	9	PP	0,19
Polyethylenterephthalat	PET	9	PET	0,18
Polybutylene succinate	PBS	9	EPS (mit PLA)	0,10
Polymethylmethacrylate	PMMA	6	PMMA	0,00
Polyvenyl	PVC	8	PVC	0,00
Epoxy Resin	ER	9	other Polymers	1,12
Polyhydroxybutyric acid	PHA	9	other Polymers	0,51
Termoplastic starch	TPS	9	other Polymers	0,34
Polytrimethylene terephthalate	PTT	9	other Polymers	0,20
Polybutylene adipate terephthalate	PBAT	9	other Polymers	0,13
Polybutylene succinate adipate	PBSA	9	other Polymers	0,10
Casein Polymers	CS	9	other Polymers	0,06
Aliphatic polycarbonates	APC	9	other Polymers	0,05
Polyethylenfuranoat	PEF	9	other Polymers	0,02
Ethylene propylene diene monomer rubber	EPDM	9	other Polymers	0,02
Polybutylene terephthalate	PBT	9	other Polymers	0,00

Vorstellung der Bewertungsmethodik

Ranking der Biopolymere



Top 10

Polymer	Abkürzung	TRL	WI-Polymer	Produktion 2027 mio t.
Polylactic acid	PLA	9	PS	2,91
Polyamide	PA	9	PA	1,27
Polyethylene	PE	9	PE	0,63
Polyurethan	PUR	9	PUR	0,34
Polypropylene	PP	9	PP	0,19
Polyethylenterephthalat	PET	9	PET	0,18
Polybutylene succinate	PBS	9	EPS (mit PLA)	0,10
Polymethylmethacrylate	PMMA	6	PMMA	0,00
Polyvenyl	PVC	8	PVC	0,00
Epoxy Resin	ER	9	other Polymers	1,12
Polyhydroxybutyric acid	PHA	9	other Polymers	0,51
Termoplastic starch	TPS	9	other Polymers	0,34
Polytrimethylene terephthalate	PTT	9	other Polymers	0,20
Polybutylene adiapate terephthalate	PBAT	9	other Polymers	0,13
Polybutylene succinate adipate	PBSA	9	other Polymers	0,10
Casein Polymers	CS	9	other Polymers	0,06
Aliphatic polycarbonates	APC	9	other Polymers	0,05
Polyethylenfuranoat	PEF	9	other Polymers	0,02
Ethylene propylene diene monomer rubber	EPDM	9	other Polymers	0,02
Polybutylene terephthalate	PBT	9	other Polymers	0,00

Bewertungsreihenfolge

Vorstellung der Bewertungsmethodik

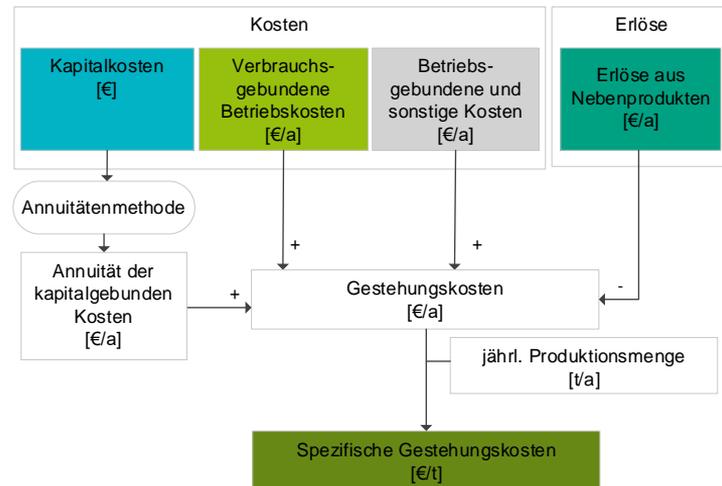
Technische Kriterien

Kriterium	Berechnung	Systemgrenze	Biopolymere	Polymerrecycling
Technische Kriterien				
Kumulierter Energieaufwand (KEA)/ Energieintensität	VDI 4600 $EEI = \frac{E_t}{m_{p,tot}} = \frac{E_{fuel} + E_{el} + E_{steam} + E_{cool}}{m_i + \sum m_k}$	Gate to gate Produktionsanlage	X	X
Kohlenstoffkonversions-effizienz	$\eta_c = \frac{c_{c.i} \cdot \dot{m}_i + \sum c_{c.k} \cdot \dot{m}_k}{c_{c.j} \cdot \dot{m}_j + \sum c_{c.l} \cdot \dot{m}_l}$	Gate to gate Produktionsanlage	X	X
Biomassennutzungseffizienz	$BUE_M = \frac{m_{p,tot}}{m_j} = \frac{m_i + \sum m_k}{m_p}$	Gate to gate Produktionsanlage	X	

Vorstellung der Bewertungsmethodik

Ökonomische Kriterien

Kriterium	Berechnung	Systemgrenze	Biopolymere	Polymerrecycling
Ökonomische Kriterien				
Gestehungskosten	VDI 6025	Gate to gate Produktions-anlage	X	X
Investitionskosten		Gate to gate Produktions-anlage	X	X



Vorstellung der Bewertungsmethodik

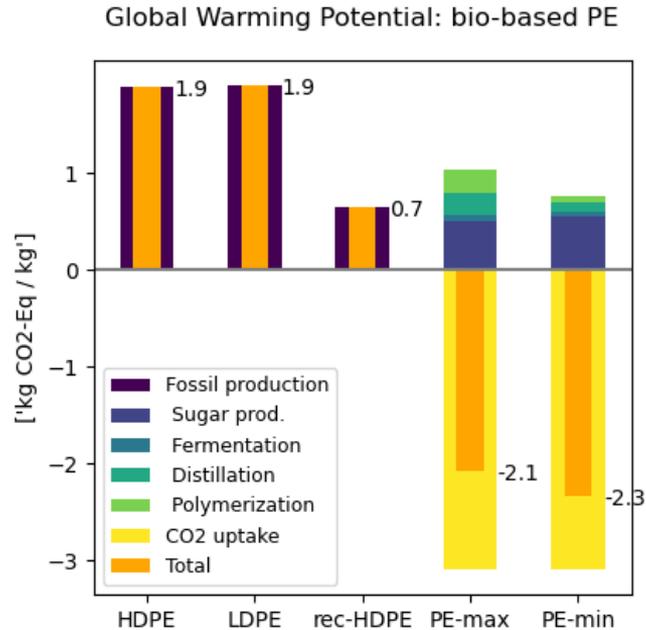
Ökologische Kriterien

Kriterium	Berechnung	Systemgrenze	Biopolymere	Polymer-recycling
Ökologische Kriterien				
Treibhauseffekt	LCA; IPCC 2021	Cradle to gate	X	X
Landverbrauch	LCA; Recipe/CML	Cradle to gate	X	
Wasserverbrauch	LCA; Recipe/CML	Cradle to gate	X	
Verbrauch an fossilen Ressourcen	LCA; Recipe/CML	Cradle to gate	X	
Eutrophierungspotenzial	LCA; Recipe/CML	Cradle to gate	X	
Versauerungspotenzial	LCA; Recipe/CML	Cradle to gate	X	
Ökotoxizität	LCA; Recipe/CML	Cradle to gate	X	
Rezyklierbarkeit	Qualitative Einschätzung	End of life	X	
Biologische Abbaubarkeit	EN 13432, qualitative Einschätzung	End of life	X	

Vorstellung der Bewertungsmethodik

Allgemeine Bewertung

Einzelkriterienbewertung statt aggregierte Scores

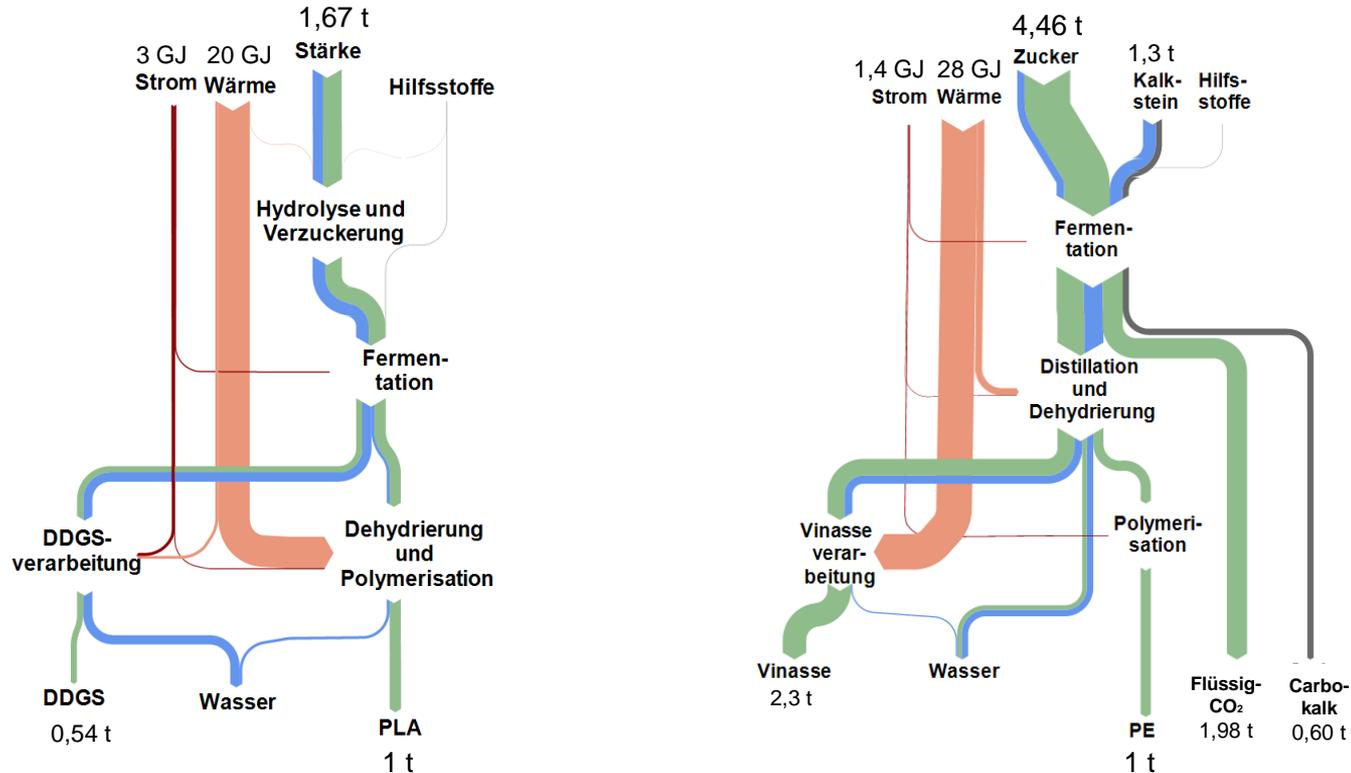


Kriterium	Polymer 1	Polymer 2	Polymer 3 ...
Kumulierter Energieaufwand (KEA)	Yellow	Red	Green
Kohlenstoffkonversionseffizienz	Green	Green	Yellow
Biomassennutzungseffizienz	Green	Green	Yellow
Gestehungskosten	Green	Yellow	Red
Investitionskosten	Yellow	Yellow	Yellow
Treibhauseffekt	Green	Green	Green
Landverbrauch	Red	Red	Yellow
Wasserverbrauch	Yellow	Yellow	Yellow
Verbrauch an fossilen Ressourcen	Green	Green	Green
Eutrophierungspotenzial	Yellow	Yellow	Yellow
Versauerungspotenzial	Yellow	Red	Yellow
Ökotoxizität	Red	Red	Red
Rezyklierbarkeit	Green	Green	Green
Biologische Abbaubarkeit	Green	Yellow	Green

Darstellung erster Bewertungsergebnisse

Darstellung erster Bewertungsergebnisse

Massen- und Energiebilanz PLA, PE

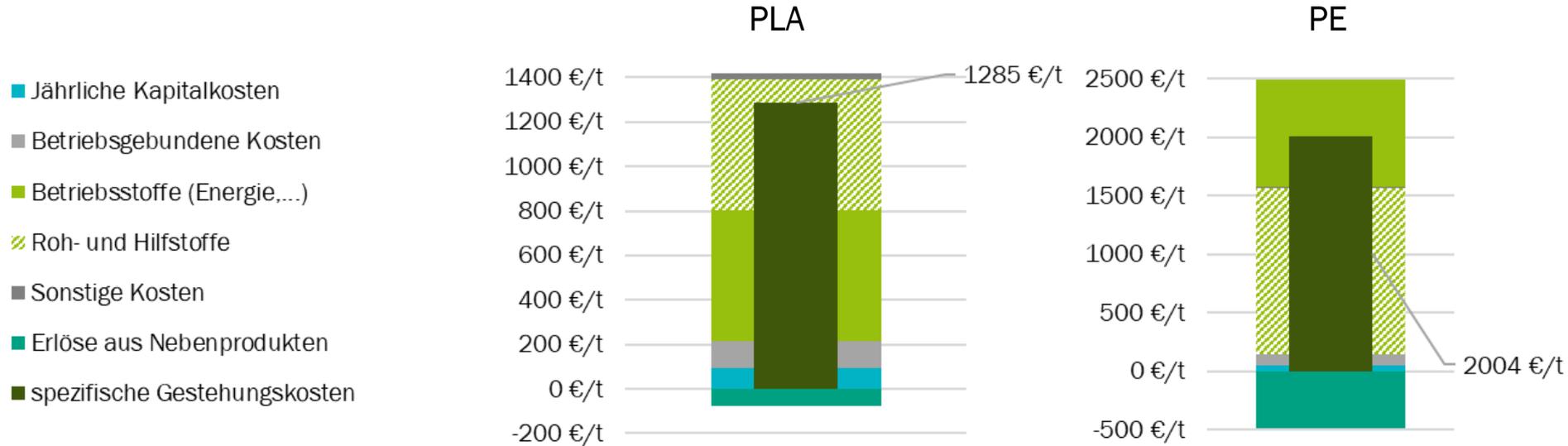


Quellen:

- Braune et al. (2016)
- Manandhar and Shah (2020)
- Manandhar and Shah (2023)
- Institut for Bioplastics and Biocomposites (2021)
- Horv eth et al. (2021)
- Bensvides et al. (2020)
- Mertinez et al. (2012)
- Meisel et al. (2015)
- Vlachopoulos (2009)

Darstellung erster Bewertungsergebnisse

Ökonomische Kriterien



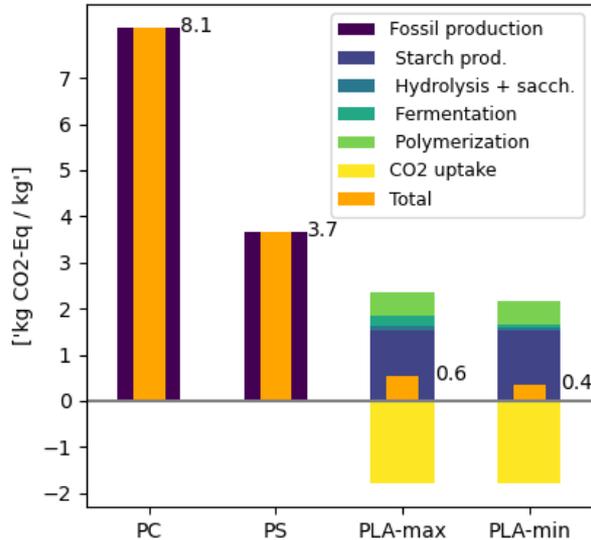
- ❖ Sehr starke Abhängigkeit von Rohstoff- und Energiepreisen
- ❖ Einbindung in Produktionsketten für Roh- und Nebenprodukte sowie Bezug Energie notwendig
- ❖ Standortauswahl dadurch sehr entscheidend

Darstellung erster Bewertungsergebnisse

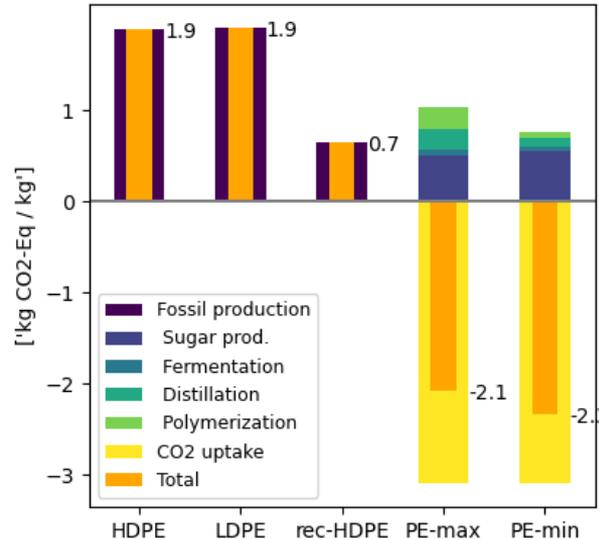
Ökologische Kriterien PLA und PE

Cradle to gate - Bilanzierung

Global Warming Potential: bio-based PLA



Global Warming Potential: bio-based PE

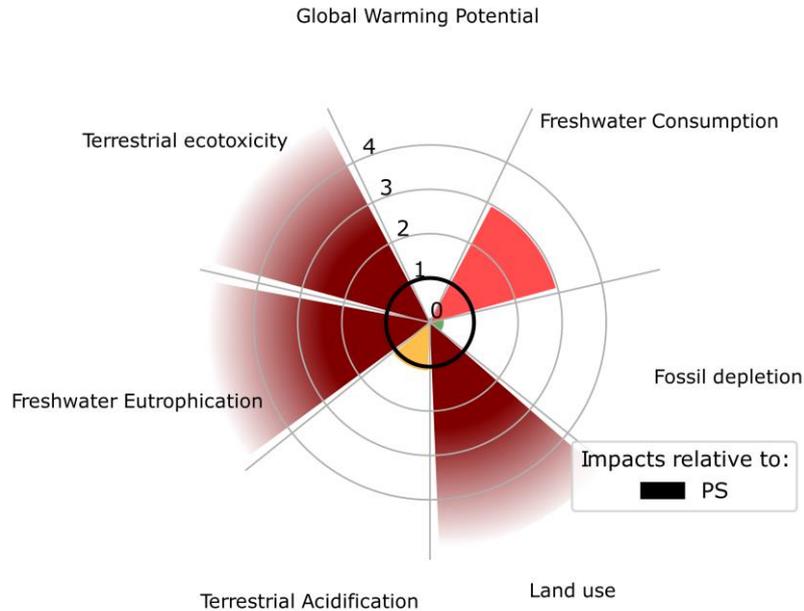


- ❖ Ökobilanzierung auf Basis von Massen- und Energiebilanz gemäß Literatur
- ❖ Datensätze aus Ecoinvent - Emissions - Datenbank (v. 3.9.1)
- ❖ IPCC 2021 (CO₂: 1, CH₄:29,8, N₂O: 273), ReCiPe 2016
- ❖ Deutscher Strommix (0,47kg CO₂-eq./kWh)
- ❖ Gutschrift für CO₂-Aufnahme
- ❖ Allokation nach C-Gehalt
- ❖ PLA auf Basis von Maisstärke, PE von Zuckerrübe

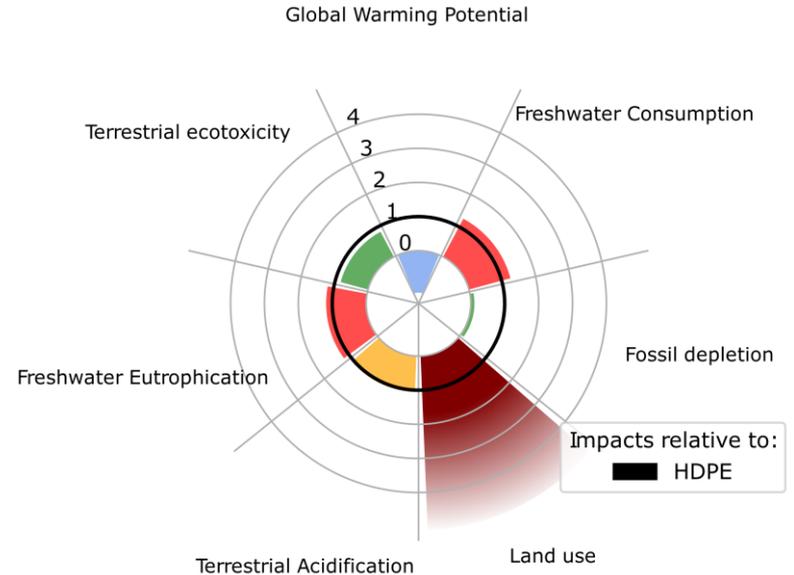
Darstellung erster Bewertungsergebnisse

Ökologische Kriterien PLA und PE

PLA-min biopolymer impacts relative to PS



PE-min biopolymer impacts relative to HDPE



Vielen Dank für Ihre Teilnahme!



Smart Bioenergy – Innovationen für eine nachhaltige Zukunft

Kontakt:

Dr. Kathleen Meisel

kathleen.meisel@dbfz.de

**DBFZ Deutsches
Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**

Torgauer Straße 116

D-04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112

E-Mail: info@dbfz.de

www.dbfz.de