

Sammlungs- und Recyclingsinfrastruktur für faserverstärkte Kunststoffe

Valentin Sommer, M.Sc.

Hintergrund Planungsproblem

- EU 2020 Strategie
Erhöhung Ressourceneffizienz / zirkuläre Wertschöpfung
- Deponieverbot
unbehandelte faserverstärkte Kunststoffe (FVK)
- fehlende Steuerungsmechanismen
Recyclingquoten, definierte Abfallschlüssel
- Anstieg verbauter FVK-Massen im Leichtbau
- aufkommende Abfallmassen
 - Zeitverzögerter Anstieg (unsicherer first Lifecycle)
 - Zusammensetzung, Qualität, Ort ungewiss

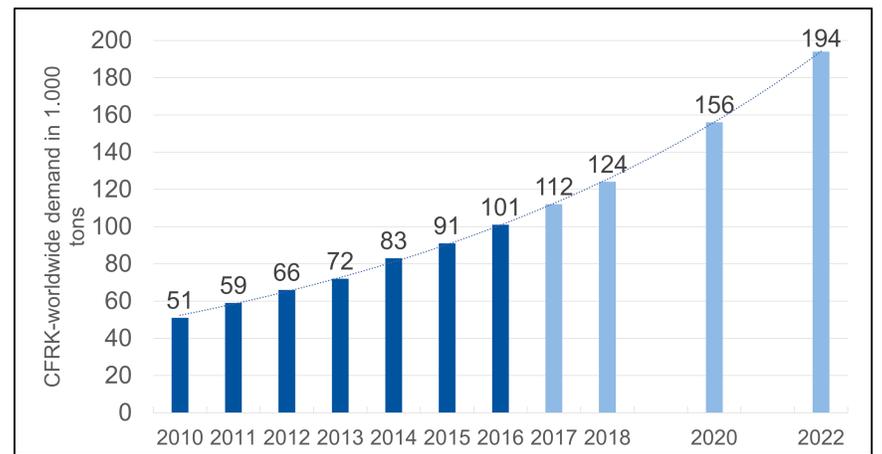


Abbildung 1: Entwicklung Einsatz carbonfaserverstärkter Kunststoffmassen weltweit (2010-2022). (CC e.v. 2017)

➤ **Sammlungs- und Recyclingsinfrastruktur notwendig**

Ziel: Gestaltung und Bewertung von Sammlungs- und Recyclingsinfrastruktur für FVK

- Entwicklung Decision Support System (DSS) basierend auf Methoden des Operations Research
- Betrachtungsgegenstand
 - verfügbare Verwertungswege
 - unsichere Technologieentwicklung
 - unsichere Absatzmarktentwicklung
 - Recyclingquoten als Steuerungsmechanismus
- Bewertung zukünftiger Investitionsentscheidungen
 - Ort, Kapazität und Technologie sowie Lagerung
 - Technologieauswahl beeinflusst stofflich nutzbaren Anteil, mögliche Erlöse und Kosten
 - Ökonomische und ökologische Bewertung

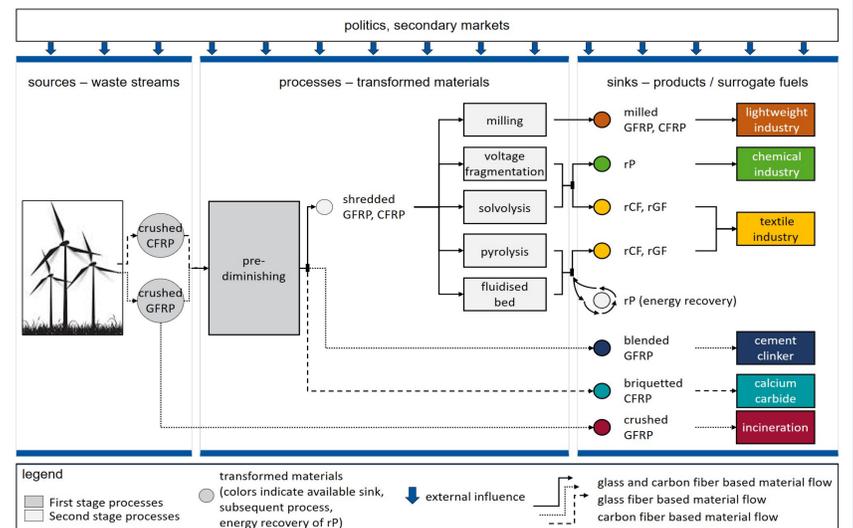


Abbildung 2: abstraktes Recyclingnetzwerk

➤ **Handlungsempfehlung für politische Entscheidungsträger**

Ansatz: Decision Support System (DSS) basierend auf Methoden des Operations Research

- Abstraktion Planungsproblem durch mathematisches Optimierungsmodell
- Sensitivitätsanalysen hinsichtlich
 - potentieller Recyclingquoten
 - Abfallmassen Quantität/Qualität
 - Investment und Prozessparameter
- Erweiterung Optimierungsmodell zur multikriteriellen Bewertung sowie zur Berücksichtigung von Unsicherheiten

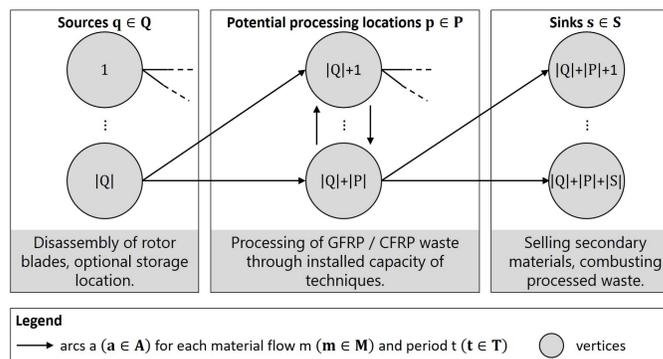


Abbildung 3: Graph des Optimierungsmodells

$$\begin{aligned} \max NP &= \sum_{t \in T} (c_{1,t}x_{1,t} + c_{2,t}x_{2,t} + c_{3,t}x_{3,t} + c_{4,t}x_{4,t}) & (1) \\ N_{i,t} &= \sum_{p \in P} x_{i,p,t} & \forall i \in Q, t \in T & (2) \\ I_{i,t} &= I_{i,t-1} + \sum_{p \in P} x_{i,p,t} - \sum_{p \in P} x_{i,p,t} & \forall i \in Q, t \in T & (3) \\ \sum_{p \in P} x_{i,p,t} &= \sum_{p \in P} x_{i,p,t} & \forall i \in P, t \in T & (4) \\ \sum_{p \in P} x_{i,p,t} &= \sum_{p \in P} x_{i,p,t} & \forall i \in P, t \in T & (5) \\ x_{i,p,t} &\leq \begin{cases} w_{i,p,t} & \text{for } t = \min(T) \\ w_{i,p,t-1} + w_{i,p,t} & \text{else} \end{cases} & \forall i \in P, t \in R, k \in K, t \in T & (6) \\ w_{i,p,t} &\leq w_{i,p,t} & \forall i \in P, t \in R, k \in K, t \in T & (7) \\ w_{i,p,t} &\geq w_{i,p,t-1} & \forall i \in C, t \in T(\min(T)) & (8) \\ \sum_{p \in P} w_{i,p,t} &\leq w_{i,p,t} & \forall i \in P, t \in R, k \in K, t \in T & (9) \\ \sum_{p \in P} x_{i,p,t} &\leq w_{i,p,t} & \forall i \in C, t \in T & (10) \\ I_{i,t} &= 0 & \forall i \in C, m \in M, t = \{0, \max(T)\} & (11) \\ \sum_{p \in P} x_{i,p,t} &\leq N_{i,t} & \forall i \in S, t \in T & (12) \\ w_{i,p,t} &\leq 0 & \forall i \in P, t \in R, k \in K, t \in T | t \leq C & (13) \end{aligned}$$

Abbildung 4: Optimierungsmodell

Das **Forschungskolleg Verbund.NRW** ist ein inter- und transdisziplinär forschendes Graduiertenkolleg, das Untersuchungen zur Ressourceneffizienz von Verbundwerkstoffen und Verbundkonstruktionen im Bauwesen durchführt.