



in Industrie und Handwerk  
an der RWTH Aachen



---

**DESIGN + PRODUKTION**

# KIOptiPack - Nachhaltige Produktion von Kunststoffverpackungen mit KI

Dr.-Ing. Malte Schön  
Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV)  
23.01.2024



**KI HUB  
KUNSTSTOFF  
VERPACKUNGEN**



**INSTITUT FÜR  
KUNSTSTOFF  
VERARBEITUNG**

in Industrie und Handwerk  
an der RWTH Aachen

GEFÖRDERT VOM



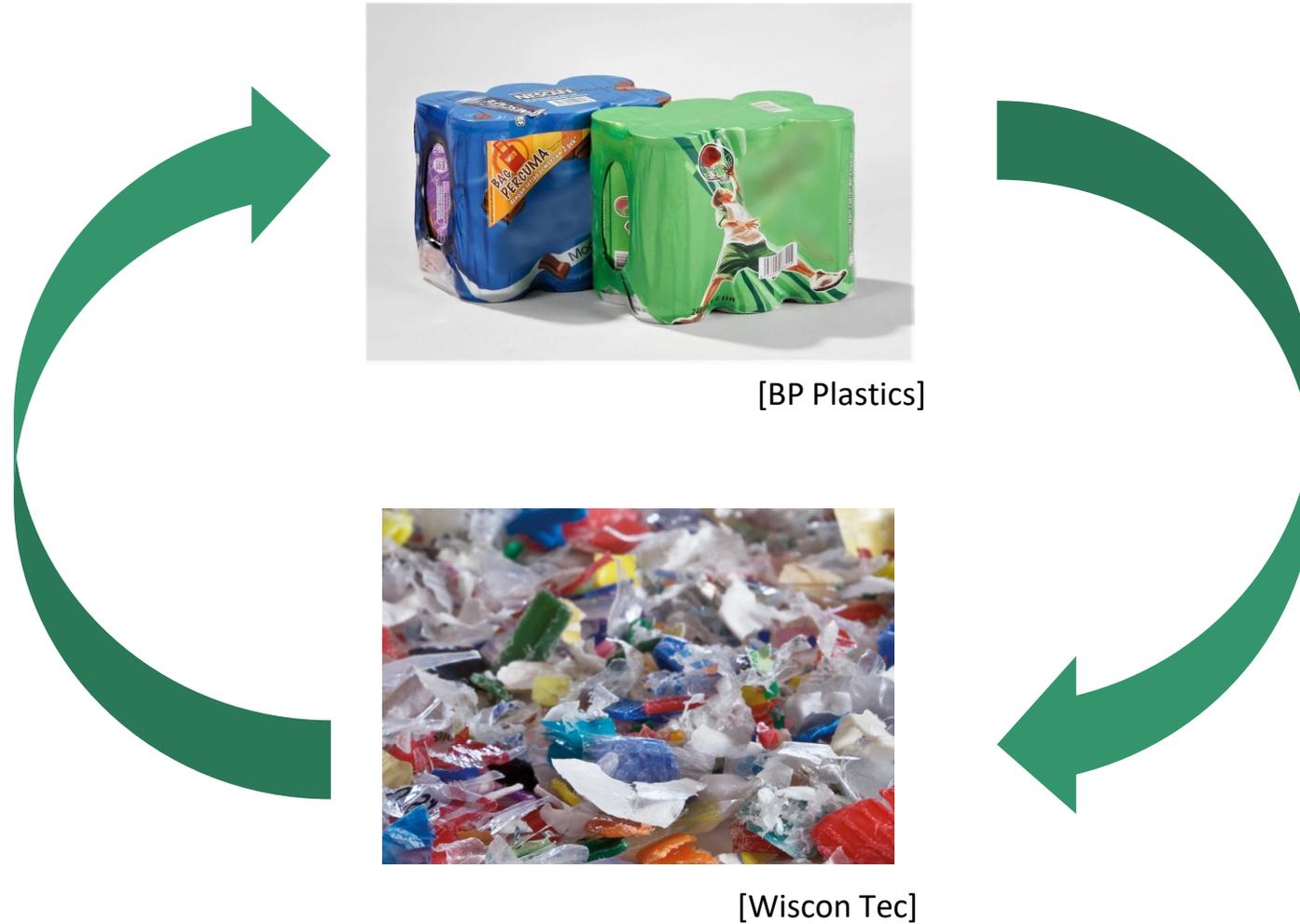
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

**FONA**  
Forschung für Nachhaltigkeit

---

## KI HUB KUNSTSTOFFVERPACKUNGEN

## Kreislaufwirtschaft der Kunststoffe - Idealvorstellung



## Herausforderungen bei der Kreislaufführung von Kunststoffen, z.B.:



[BP Plastics]



„löchrige“, nicht bedruckbare Folie!



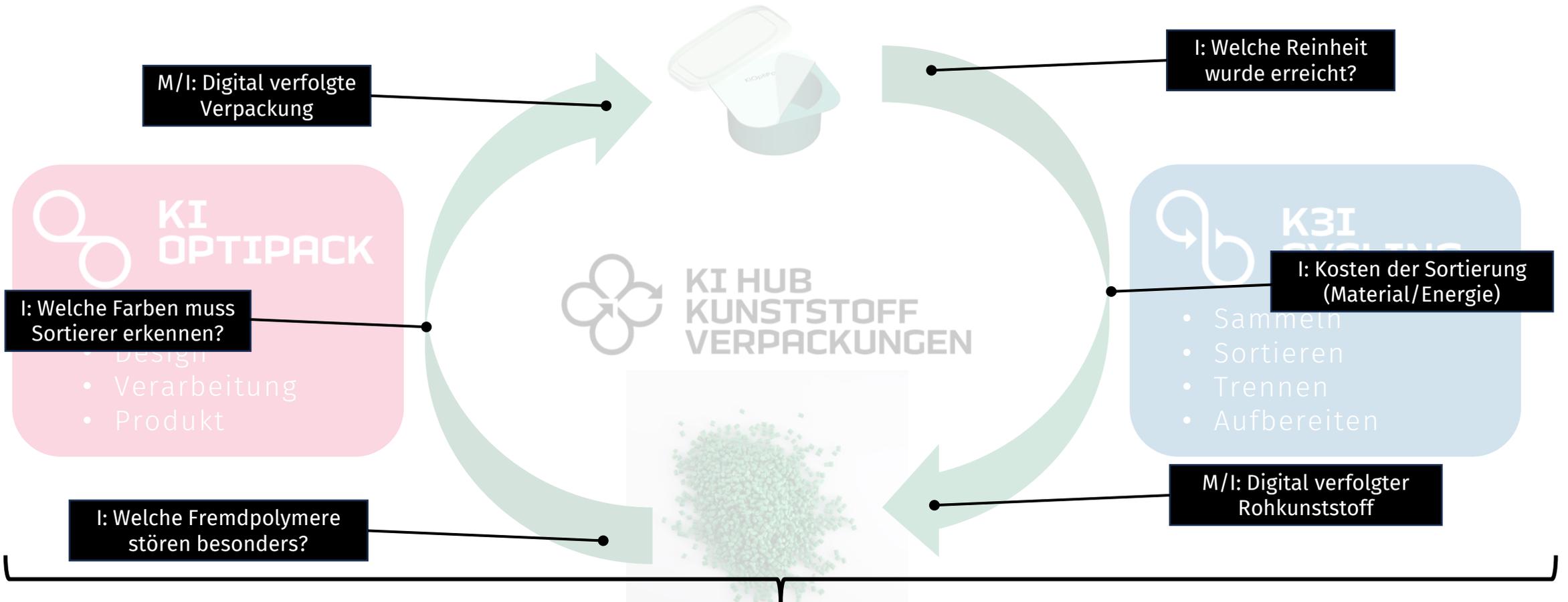
[Wiscon Tec]



Daher: KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen bestehend aus zwei Laboren



Daher: KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen bestehend aus zwei Laboren, die Informationen (I) & Material (M) austauschen



Gemeinsame Datenbasis erlaubt u.A. effizientere Verarbeitung und genauere Abschätzung der Umweltfolgen (LCA)

## Ansatz von KIOptiPack

### Vorhersage relevanter Materialeigenschaften

aus einfach messbaren Größen & meta-  
Informationen

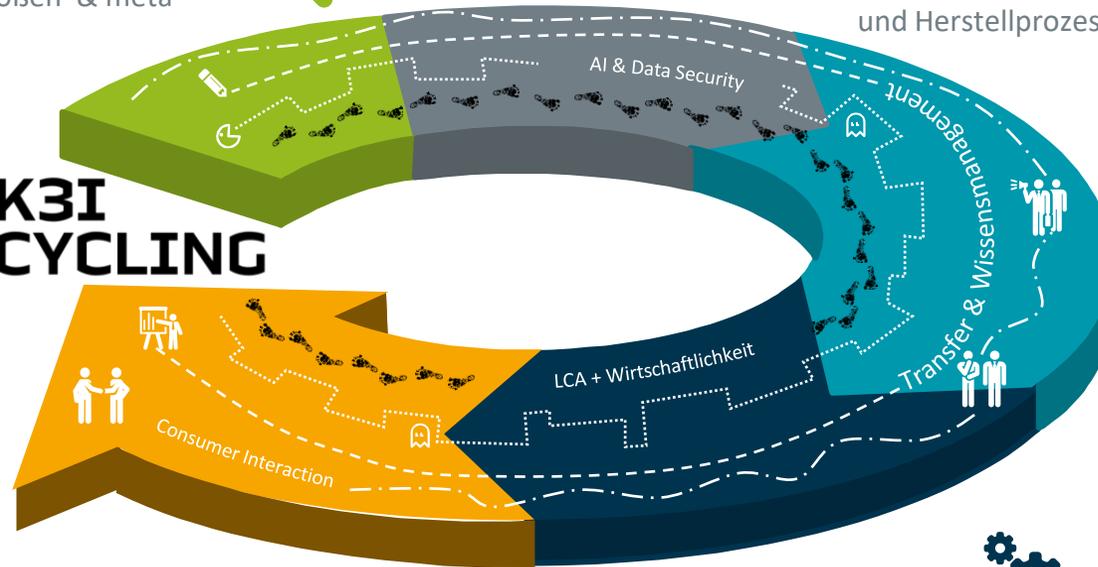


### Verpackungsdesign

- Robustes Formteil- und Werkzeugdesign
- Rezepturenentwicklung
- KI-gestützte Entscheidungshilfe für Produktaufbau und Herstellprozess



### K3I CYCLING



### Prozessdesign

Ermittlung robuster Prozessfenster

### Nutzung & Recycling

Kaskaden-Engineering in stoffl.  
Verwertung



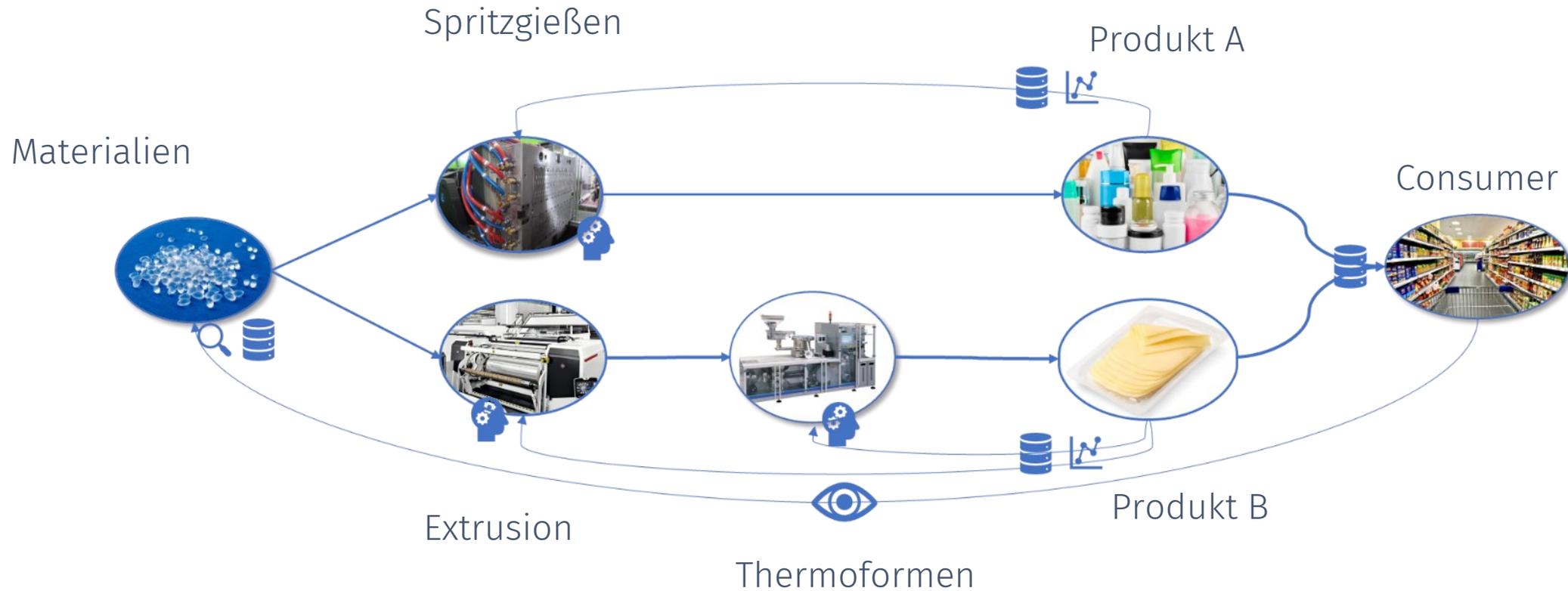
### Prozessführung

- Inline-Optimierung Extrusionsprozess
- Inline/Online Viskositätsregelung beim Spritzgießen

## Das Konsortium von KIOptiPack



## Prozesskette



## Demonstrator



### Komplexer Deckel – mittels Spritzgießen hergestellt

Herausforderungen: Maßgenauigkeit, mechanische Stabilität bei zyklischer Belastung, komplexer Fließweg

### Folien (Blasfolie/Gießfolie)

Herausforderungen: Reproduzierbarkeit der Dicke, Kontamination, Gele, Lebensmittelkontakt, mechanische Belastungen

### Dichtungsfläche - Schnittstelle zwischen Becher und Folie

Herausforderungen: Schweißbarkeit, Reproduzierbarkeit der Dicke, mechanische Belastungen

### Becher - hergestellt durch Extrusion und Thermoformen

Herausforderungen: Reproduzierbarkeit der Wandstärken, Dehnbarkeit, Kompatibilität der Materialien

## Demonstrator



### Folien (Blasfolie/Gießfolie)

Herausforderungen: Reproduzierbarkeit der Dicke, Kontamination, Gele, Lebensmittelkontakt, mechanische Belastungen



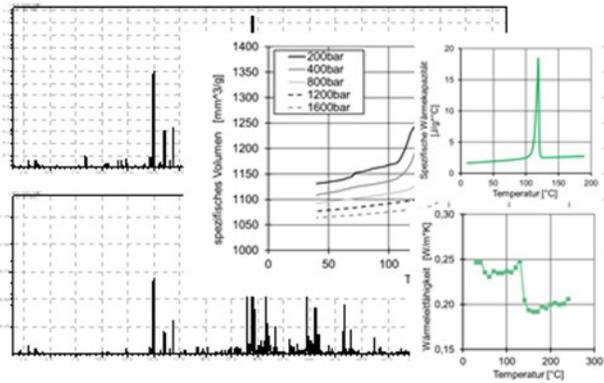
„löchrige Folie“

Vielleicht können wir schon im Voraus vorhersagen:

- welche Folienstärken
- welche Materialqualitäten (!)
- welche Verarbeitungsbedingungen (?)
- usw.

können dazu führen, dass die Folie Löcher hat?

# Material



## Materialcharakterisierung und -modellierung

- Verarbeitungseigenschaften, Produkteigenschaften
- Entwicklung von datengetriebenen Schnellmessmethoden

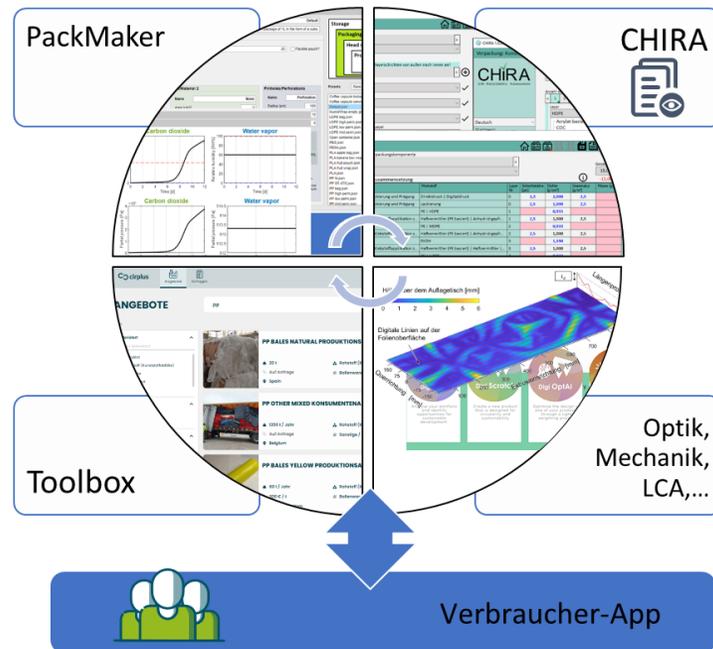
## Verfahrensuntersuchung in den Produktionsprozessen

- Compoundierung, Extrusion, Spritzgießen, Thermoformen
- Prozesseinfluss und -robustheit

## Digitale Modellierung und Bereitstellung

- Semantische Modellierung mittels Ontologien
- Standardisierung der Datenformate und Schnittstellen
- Digitaler Materialpass

# Verpackungsdesign



## Designansatzanalyse

- Designstudien zu rezykliergerichten und rezyklathaltigen Verpackungen
- Evaluierung funktionaler Drop-In Lösungen und Matchmaking zwischen Verpackung und Produkt/Lieferkette

## Vernetzung von Designtools

- Entwicklung einer Datapipeline
- Erweiterung der bestehenden digitalen Plattformen (CHIRA, IVV SL, IVV Thermoform) für die Abbildung von Rezyklatmaterial
- Transfer der Tools, Materialien und Verpackungen in die Anwendung

## Berücksichtigung von Consumer-Feedback

- Synchronisation mit subjektiver Nachhaltigkeitsbewertung
- Verbraucheranalyse

# Compoundierung



## Entwicklung eines Assistenzsystems zur Rezepturentwicklung und Schwankungserkennung/-kompensation

- Inline-Erkennung von Materialschwankungen mittels Inline-Sensorik
- Modellierung, zunächst mit Neeware, dann mit PIR und PCR
- Modellierung von Materialeigenschaften (Viskosität und mechanische Eigenschaften)
- Datenaggregation von Anlagentechnik und Benutzereingaben
- Anreicherung des digitalen Werkstoffblattes

## Zusammenhang zwischen Compoundierung und Demonstrator



### Folien (Blasfolie/Gießfolie)

Herausforderungen: Reproduzierbarkeit der Dicke, Kontamination, Gele, Lebensmittelkontakt, mechanische Belastungen

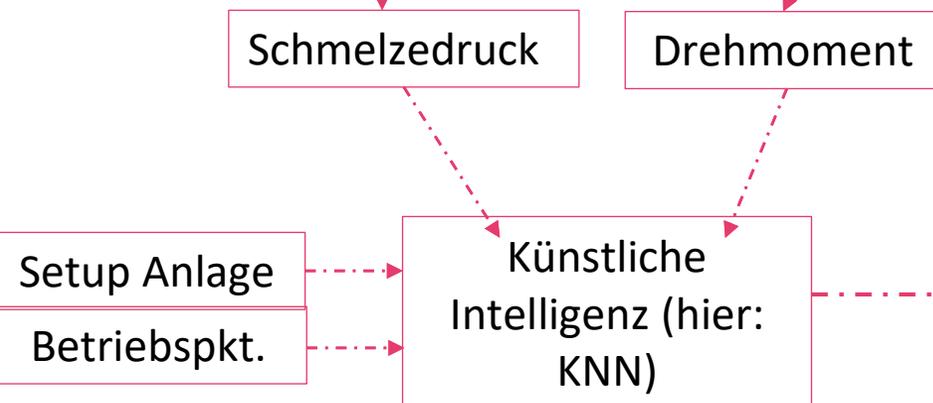
Vielleicht können wir schon im Voraus vorhersagen:

- welche Folienstärken
- > - welche Materialqualitäten (!)
- > - welche Verarbeitungsbedingungen (?)
- usw.



„löchrige“ Folien

können dazu führen, dass die Folie Löcher hat?



Die Qualität des Materials kann (bis zu einem gewissen Grad) anhand der Daten bestimmt werden, die wir ohnehin haben bzw. messen. Können wir auch vorhersagen, wie viele Löcher wahrscheinlich gefunden werden?

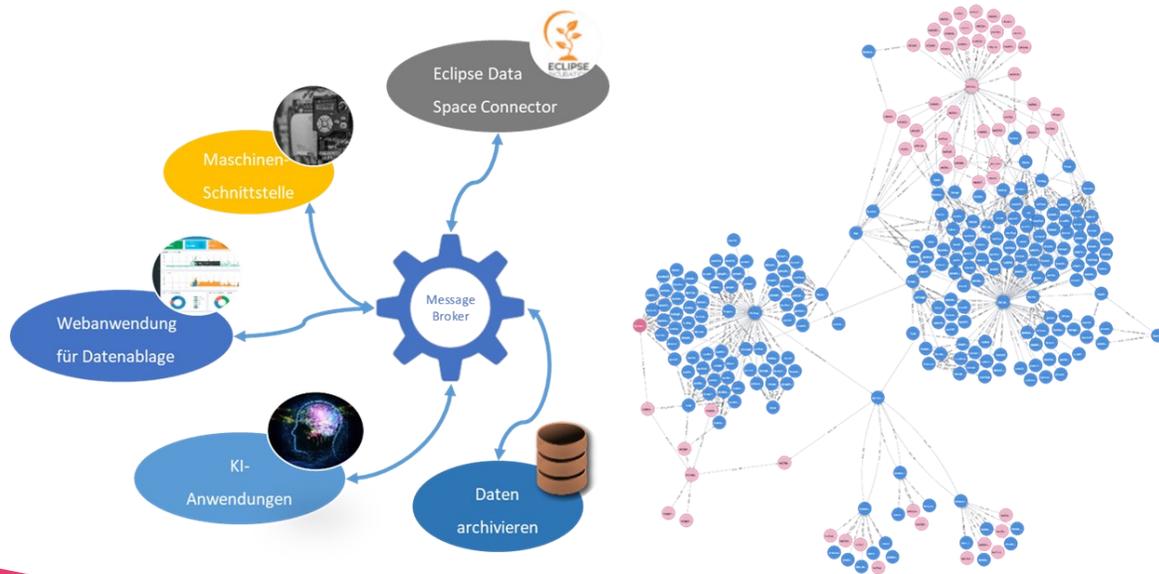
# Vernetzung und Datenraum

## Schaffung einer digitalen Infrastruktur auf Basis von Gaia-X

- Datenhoheit durch Gaia-X Policies und lokale Datenquellen
- Sicherer Austausch durch Gewährleistung von Standards in Datenspeicherung und Datenaustausch
- Flexible, skalierbare und modulare Microservice-Architektur
- Standardisierte Ontologien/Metadaten und Datenmodelle
- Standardisierte Schnittstellen

## Bereitstellung von Blueprints für Microservices

- Eclipse Dataspace Connector (EDS)
- Connectors für Anlagenschnittstellen und Datenintegration
- Module zur Datenspeicherung und -verarbeitung
- Assistenzsysteme / UI-Module



## Compoundierung und Extrusion

- Online-Detektion von Materialschwankungen
- Kompensation der Verarbeitungseigenschaften
- Rezeptentwicklung mittels KI-Methoden
- Assistenzsystem zur Prozessanpassung
- Online-Erkennung von Dickenschwankungen und Stippen
- Analyse und Optimierung des Folienaufbaus

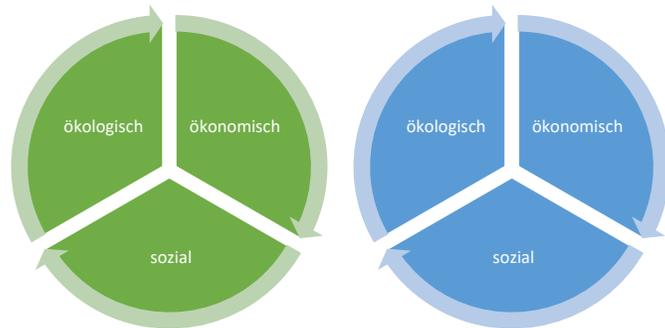
## Spritzgießen

- Assistenzsystem zur Prozessoptimierung
- Künstliche Neuronale Netze für die Prozessmodellierung
- Bestimmung robuster Prozesspunkte
- Einsatz von Verfahrens- und Werkzeugtechnik für eine robustere Prozessführung

## Formen, Siegeln, Schneiden

- Bestimmung eines initialen Prozessfensters
- Robuste Prozessführung bei der Rezyklatverarbeitung
- Zustandsüberwachung zur adaptiven Prozessregelung
- Assistenzsystem zur Benutzerinteraktion

# Ganzheitliche Nachhaltigkeitsbetrachtung



## Objektive Nachhaltigkeitsbetrachtung

- Inventarisierung und Nutzung von Daten aus den Produktionsprozessen, der Verpackungsentwicklung und dem gesamten Lebenszyklus (K3I-Cycling)
- Kopplung und Integration von ökologischen, ökonomischen und sozialen Nachhaltigkeitskriterien
- Entwicklung eines Berechnungsmodells zur objektiven Nachhaltigkeitsbewertung

## Subjektive Nachhaltigkeitsbetrachtung

- Identifizierung und Priorisierung von Deskriptoren zur Perceived Sustainability
- Ableiten quantifizierbarer, deskriptiver Eigenschaften von Material und Produkt
- KI-gestützte Korrelationsanalyse der subjektiven und objektiven Nachhaltigkeitskennzahlen

## Geschäftsmodelle



### Nachhaltigkeits-Geschäftsmodelle, Wertschöpfungs- Ökosystem & Innovationsbarrieren

- Entwicklung gemeinsamen eines Wertschöpfungs-Ökosystems für nachhaltige Kunststoff-Verpackungslösungen
- Entwicklung von Geschäftsmodell-Bausteinen entlang der Wertschöpfungskette
- Abbau von Umsetzungsbarrieren durch Maßnahmen des Innovationsmanagements
- Ableitung von übertragbaren Erfolgsfaktoren und Entwicklung eines verallgemeinerten „Baukastens“



Dr.-Ing. Malte Schön

+49 241 80 98820  
malte.schoen@ikv.rwth-aachen.de



in Industrie und Handwerk  
an der RWTH Aachen



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!