

14. Forum Grüner Punkt, 13.06.2024

Nachhaltigkeit von Kunststoffverpackungen durch KI verbessern – entlang der gesamten Wertschöpfungskette vom Design bis zum erneuten Eintreten in den Kreislauf

Prof. Dr.-Ing. habil. Marek Hauptmann

Agenda

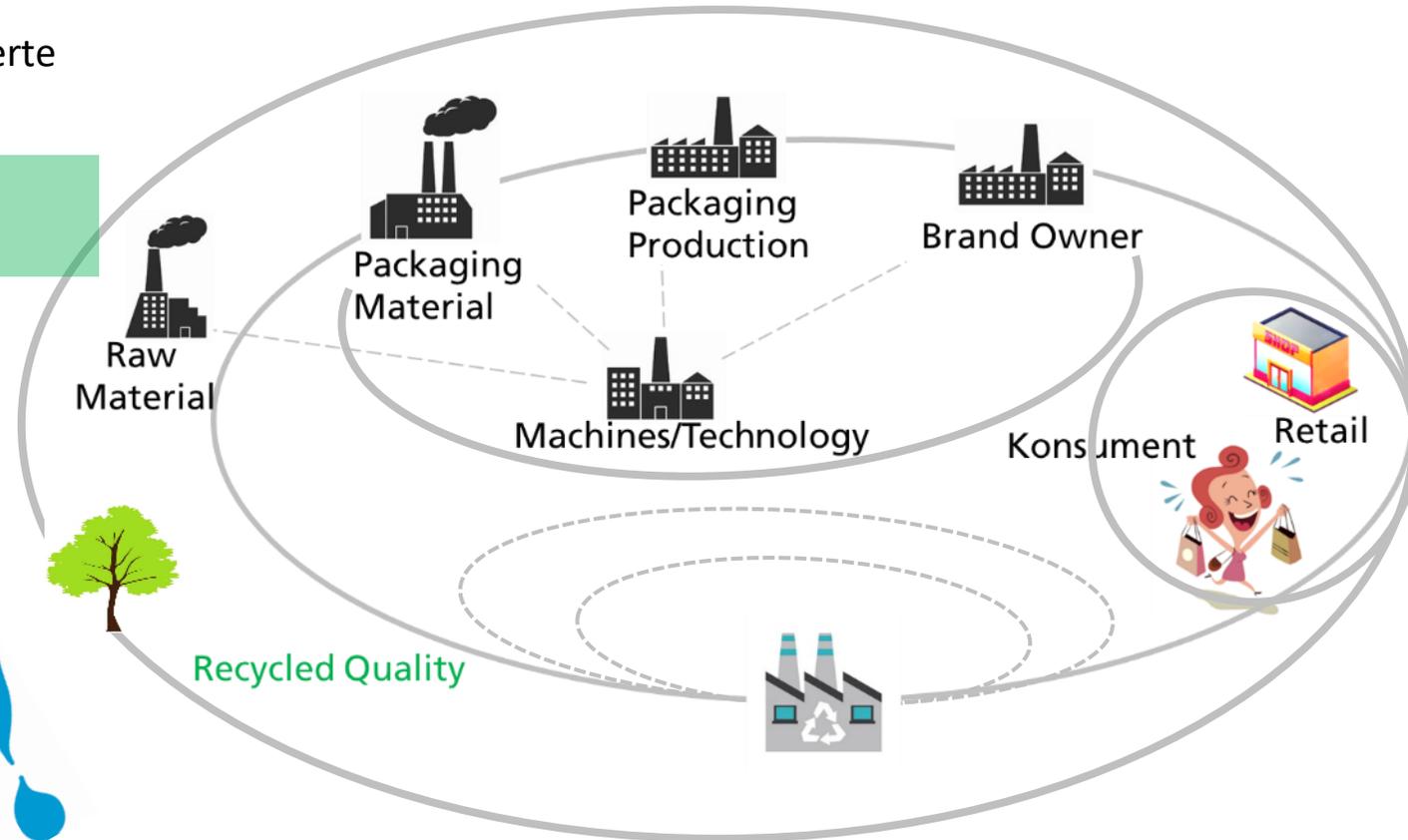
- Nachhaltigkeit im Verpackungswesen
- Aktuelle Herausforderungen auf der Verarbeitungstrecke
- KI-Anwendungshub – Kunststoffverpackungen
- KIOptiPack, Innovationslabor Design und Produktion

Nachhaltigkeit im Verpackungswesen

„Protection Agent“ und Enabler des Warenumlauf – Verpackung

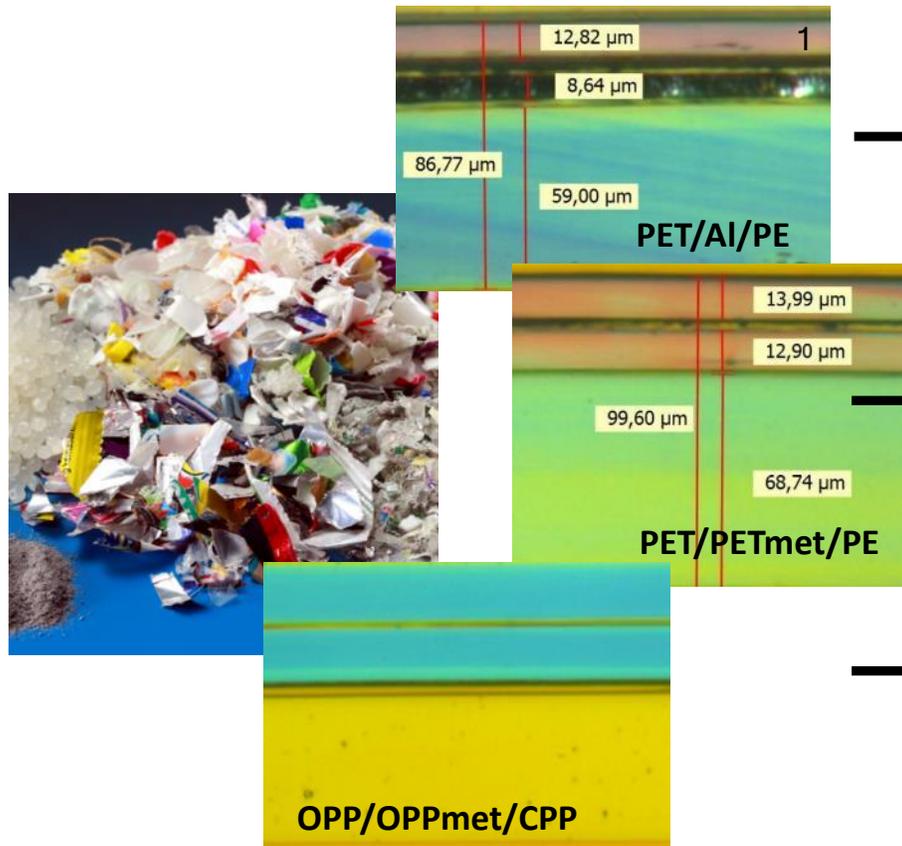


1. Wirtschaftsorientierte Nachhaltigkeit
2. Umweltorientierte Nachhaltigkeit
3. Sozialökonomische Nachhaltigkeit



Aktuelle Herausforderungen auf der Verarbeitungstrecke

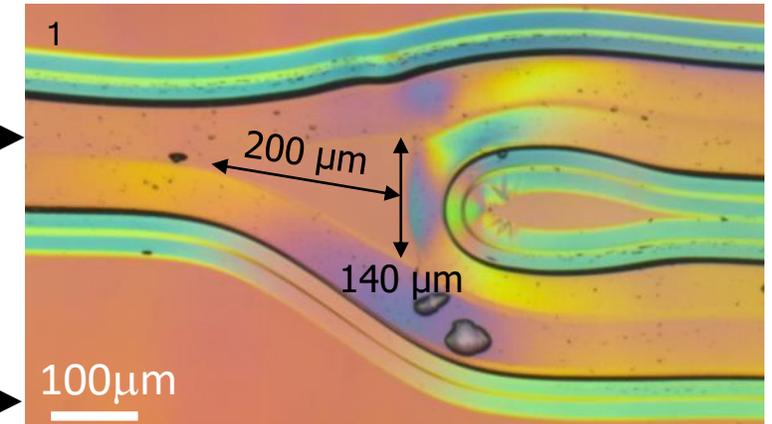
Multilayer, Mono Polymerverbunde, Mono PE/ Mono PP Verbunde



Aufbereitung

- mechan. Recycling /inkl. Lösemittelbas. Recycling
 - chem. Recycling (Pyrolyse)
- **Reinheit!**
- Mischung Virgin/ r-Polymer
 - **Qualitätsklassen vs Qualitätsbedarf?**

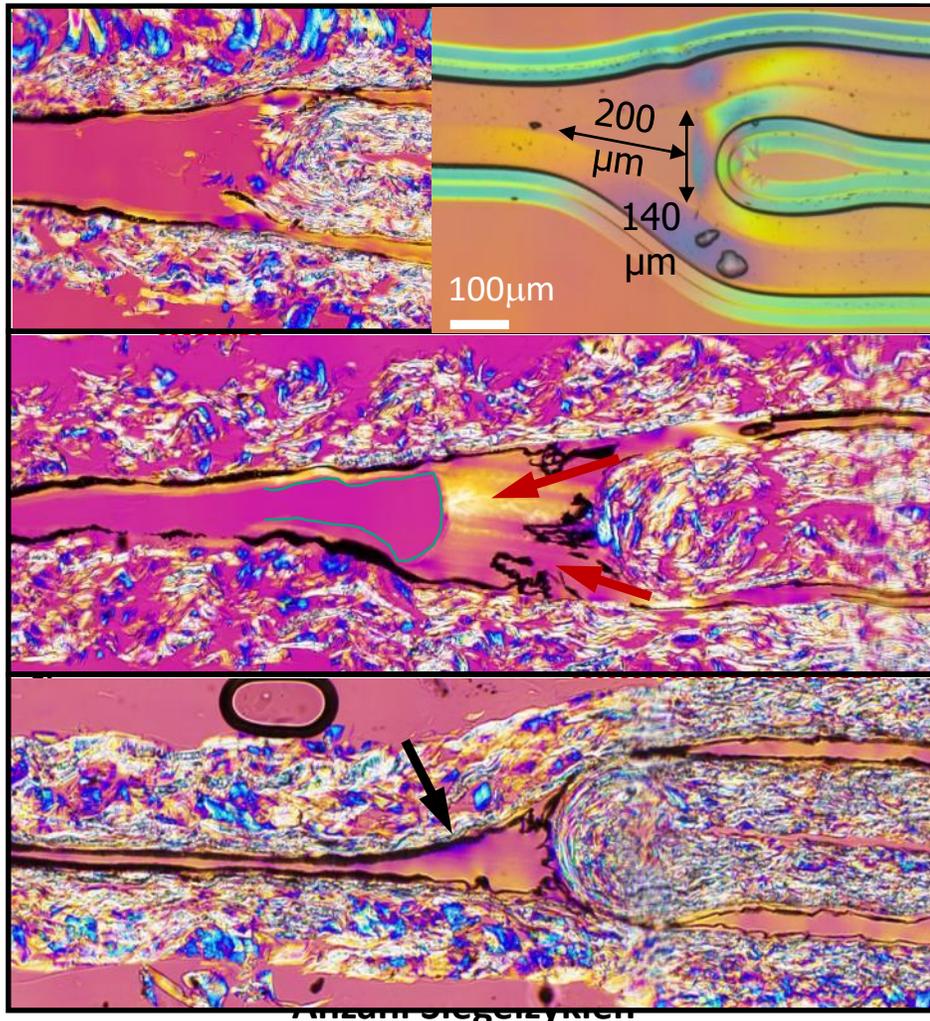
Eigenschaften/Schwankungen?



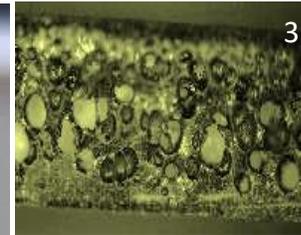
¹ Hauptmann M., Bär W., Schmidtchen L., Bunk N., Abegglen D., Vishtal A., Wyser Y. (2020), The sealing behavior of new mono-polyolefin and paper-based film laminates in the context of bag form-fill-seal machines, Packaging Technology and Science, 34(2) 2021, S.117-126

Aktuelle Herausforderungen auf der Verarbeitungstrecke

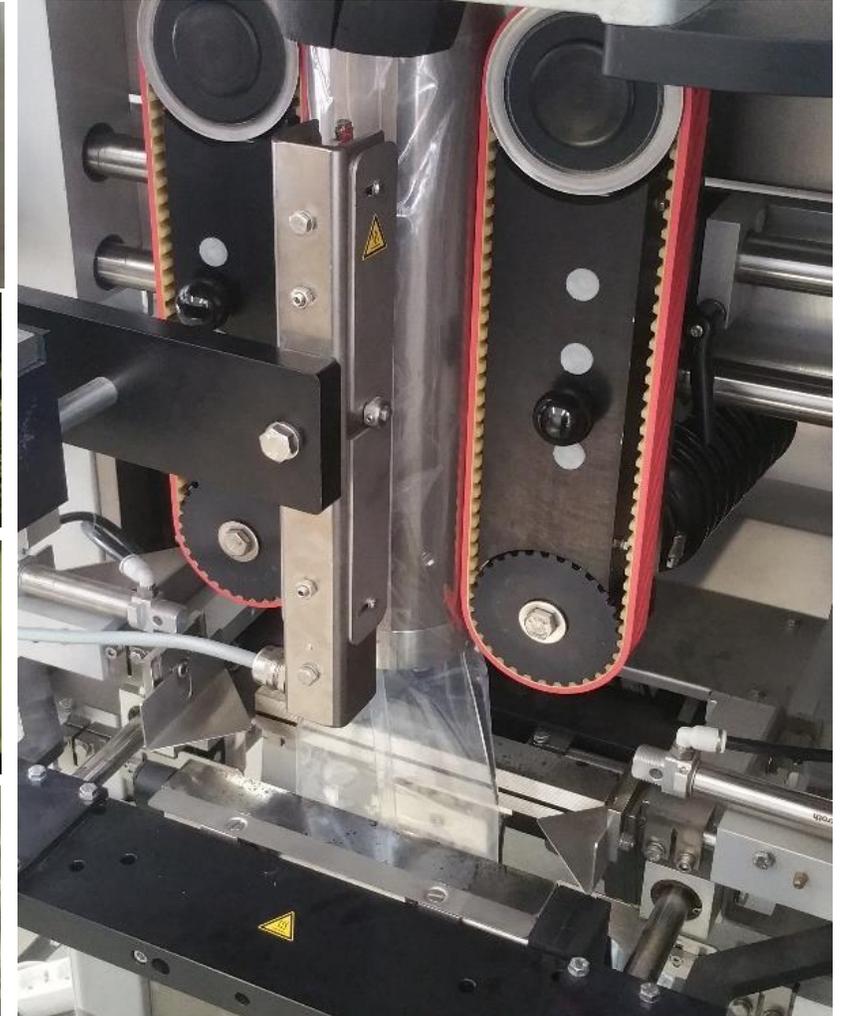
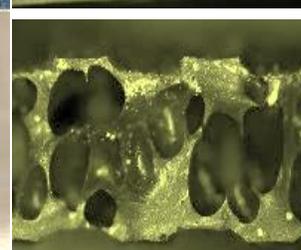
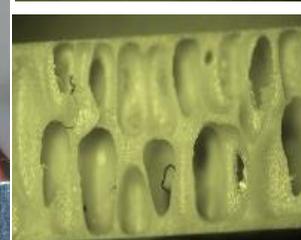
3



1



3



¹ Hauptmann M., Bär W., Schmidtchen L., Bunk N., Abegglen D., Vishtal A., Wyser Y. (2020), The sealing behavior of new mono-polyolefin and paper-based film laminates in the context of bag form-fill-seal machines, Packaging Technology and Science, 34(2) 2021, S.117-126

² Jänchen R., Fromm A., New Packaging Materials NEED Processing Innovations, 18th TAPPI European PLACE Conference, 2022

³ Wolf J., Jukarainen J., Vishtal A., Hauptmann M., Investigation on the influencing factors to improve the Melt Flow into the Layer Jump Area of Functional Paper Packaging, in preparation for Pack. Techn. and Sc.



**KI HUB
KUNSTSTOFF
VERPACKUNGEN**

Der KI-Anwendungshub als Plattform

34 Partner in aktiver Rolle
7 Forschungsinstitutionen
27+11 Industriepartner

17 Partner in aktiver Rolle
6 Forschungsinstitutionen
8 Industriepartner

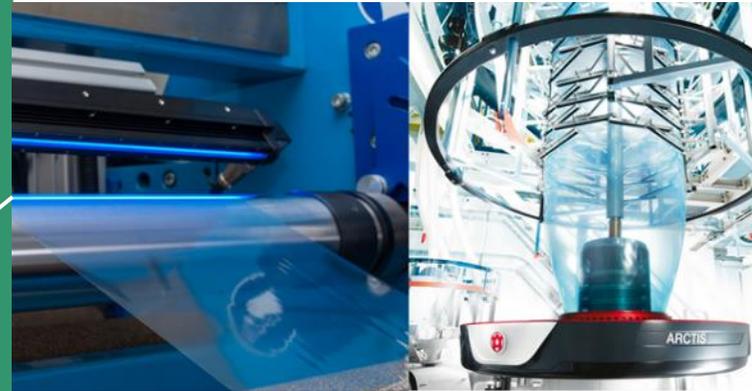
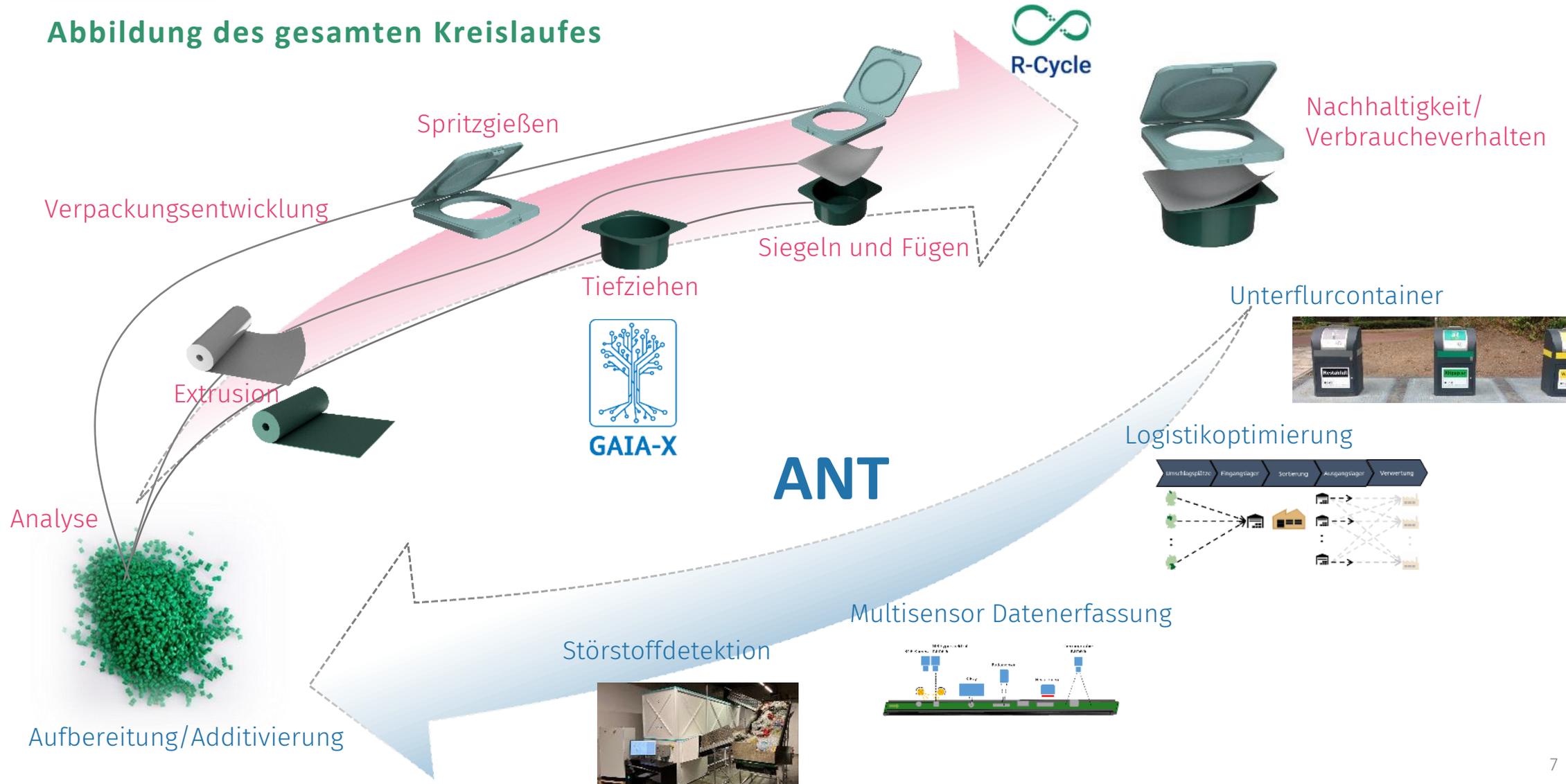
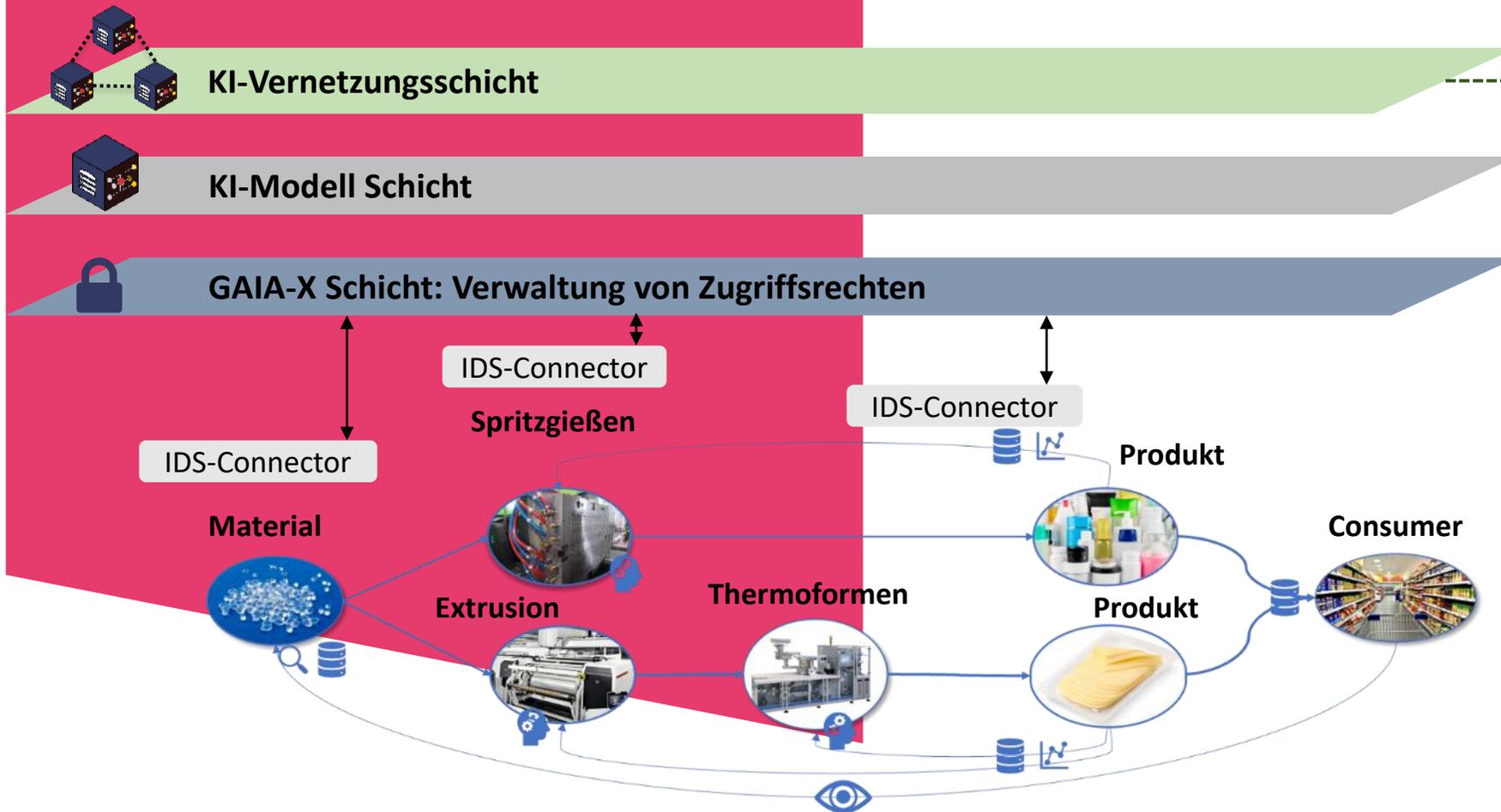


Abbildung des gesamten Kreislaufes



Datenraum



- Ziele**
- Vernetzung des Gesamtsystems basierend auf verschiedenen Modellvorhersagen
 - Vorhersage der Optimierungsgrößen (Produktqualität, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit)

Datenraum

Datentransfer über föderierte Cloud



Folienhersteller



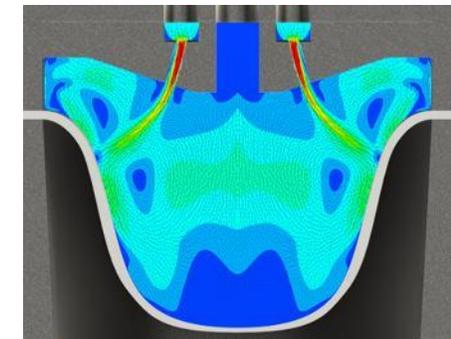
Produzent



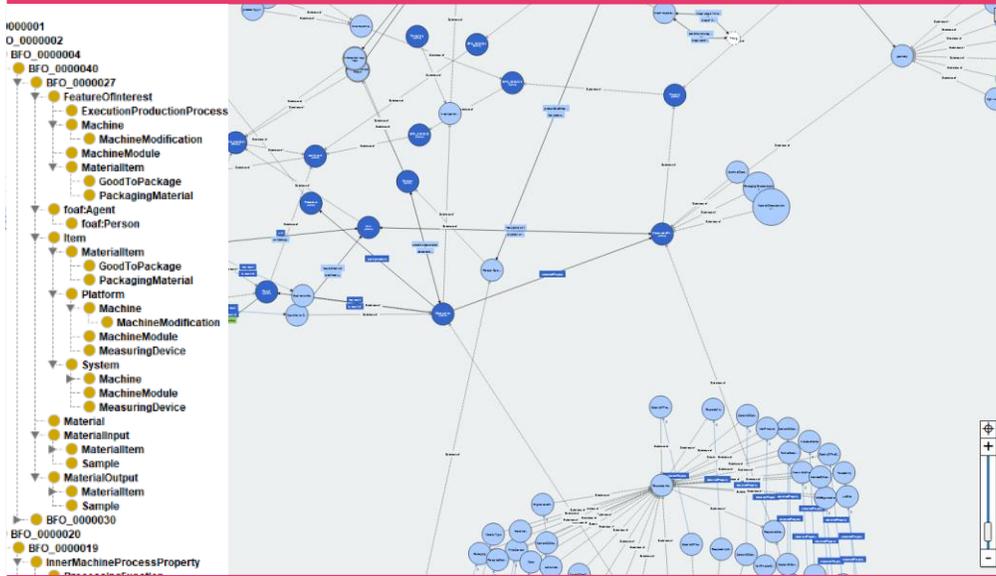
Anlagenhersteller



Berater



Ontologie



Abrufbarkeit und passgerechte Verknüpfung der Daten
 – Abbildung von Datenzugehörigkeit

Material/PM

Ursprung,
 Historie,
 Zusammensetzung
 Eigenschaften

Messverfahren

Bedingungen,
 Standard
 Gerät,
 Ort,
 Zeit,
 Messwerte, -
 reihen,
 Kennwerte

Eigentümer

Unternehmen,
 Datenerzeuger,
 LaborantIn,
 Sensor

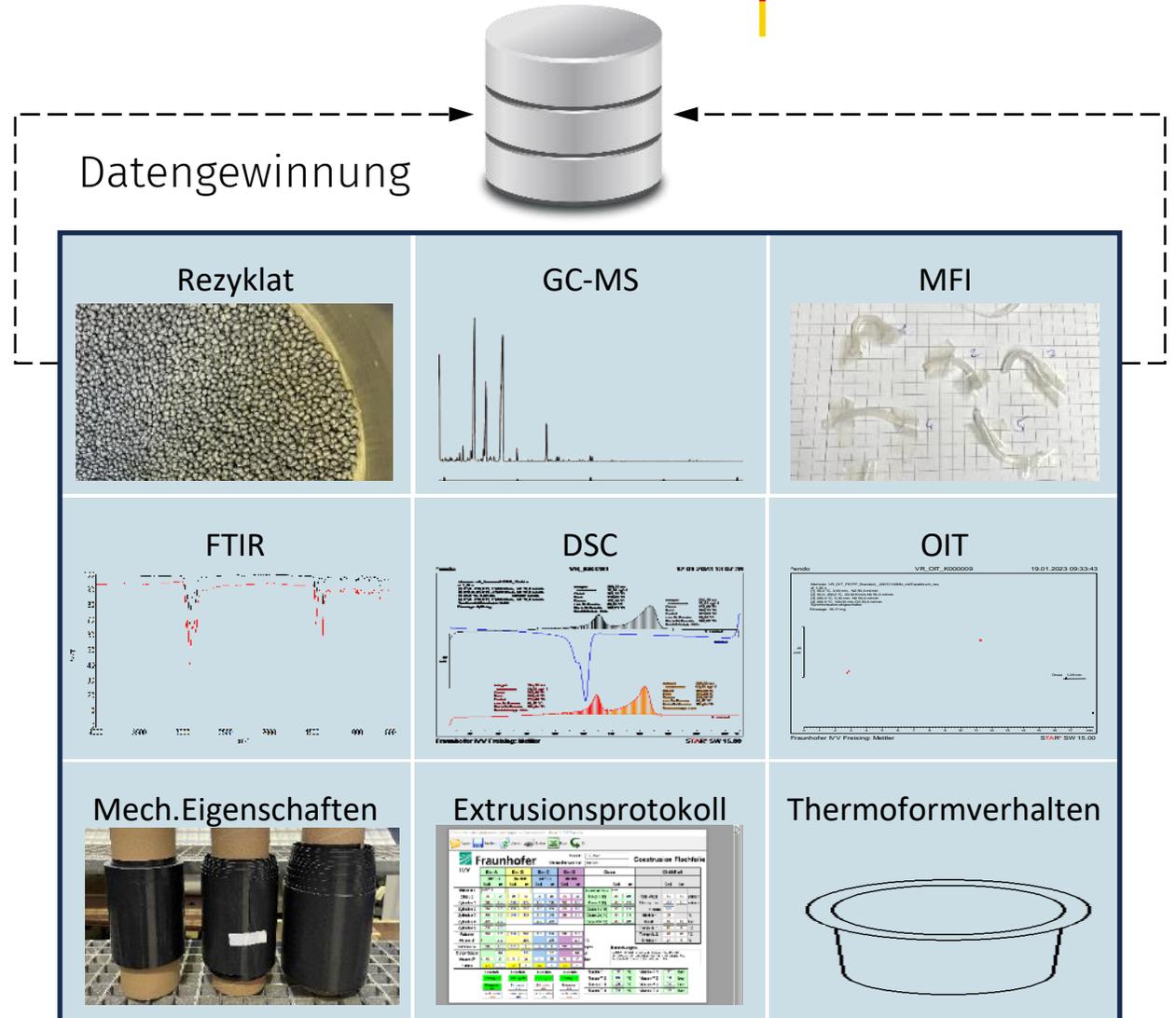
Prozess

Werkzeuge,
 Temperatur,
 Druck, Zeit,
 Bediener,
 ...

Material- charakterisierung

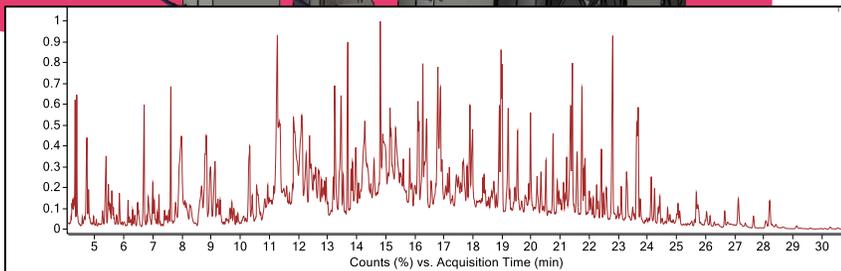
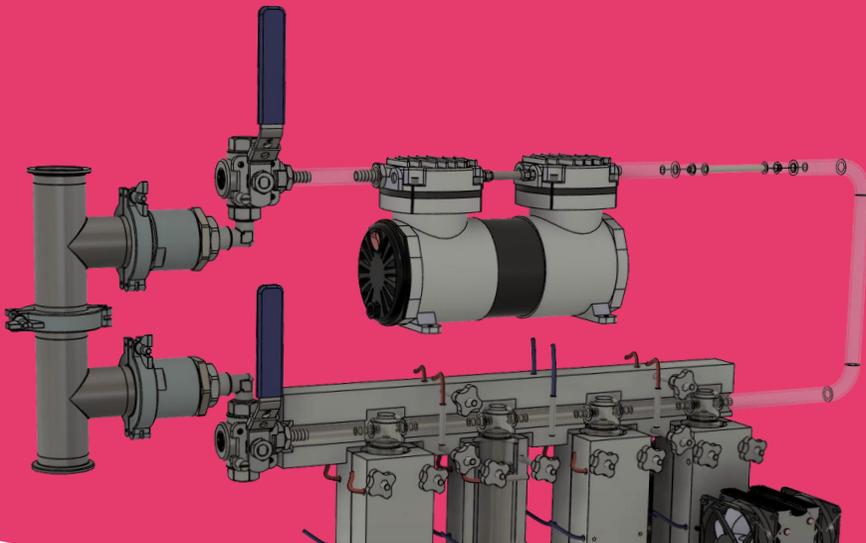


Rezyklatqualitäten



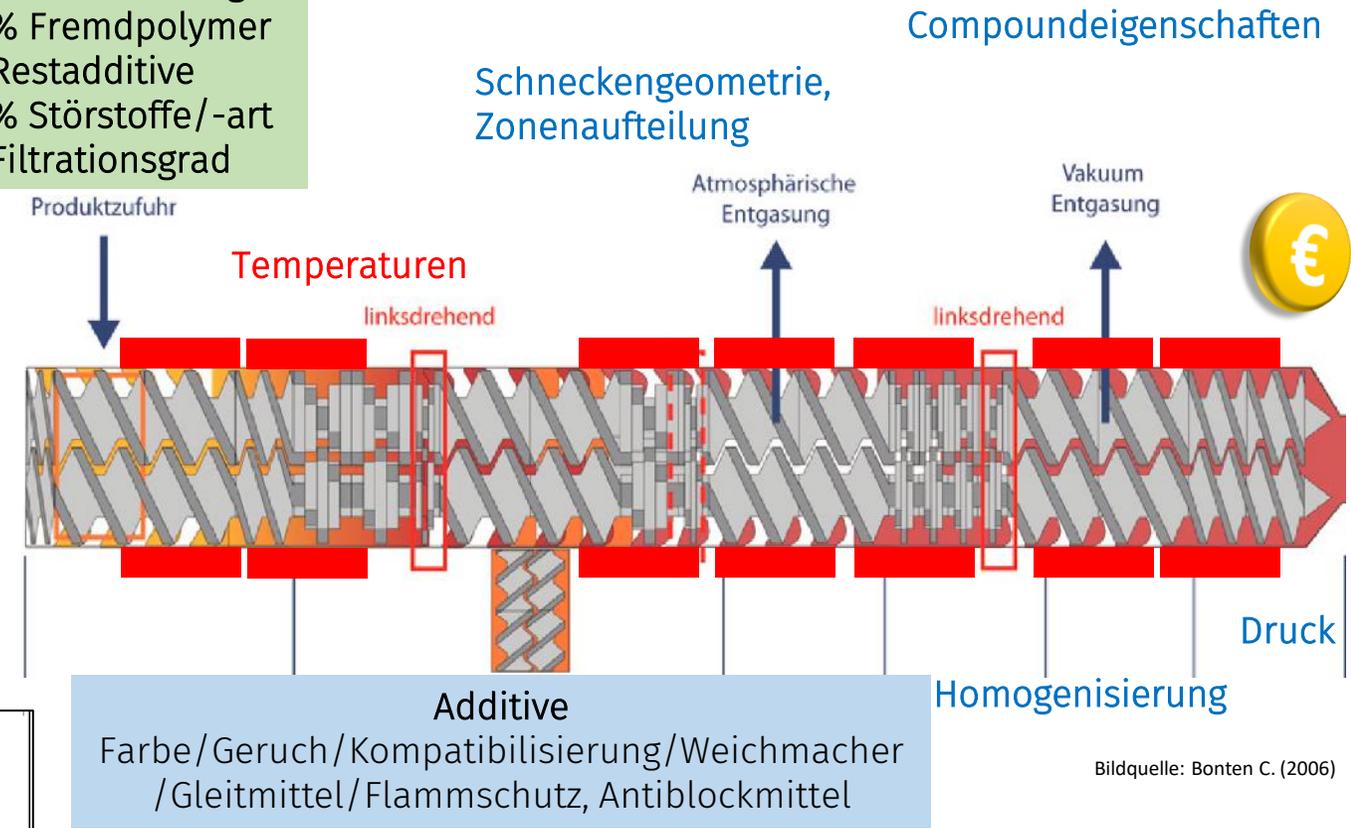
Prozessoptimierung

Beispiel Compoundierung



Geruch

% PIR/PCR/virgin
% Fremdpolymer
Restadditive
% Störstoffe/-art
Filtrationsgrad



Homogenisierung

Additive
Farbe/Geruch/Kompatibilisierung/Weichmacher
/ Gleitmittel/Flammschutz, Antiblockmittel

Bildquelle: Bonten C. (2006)

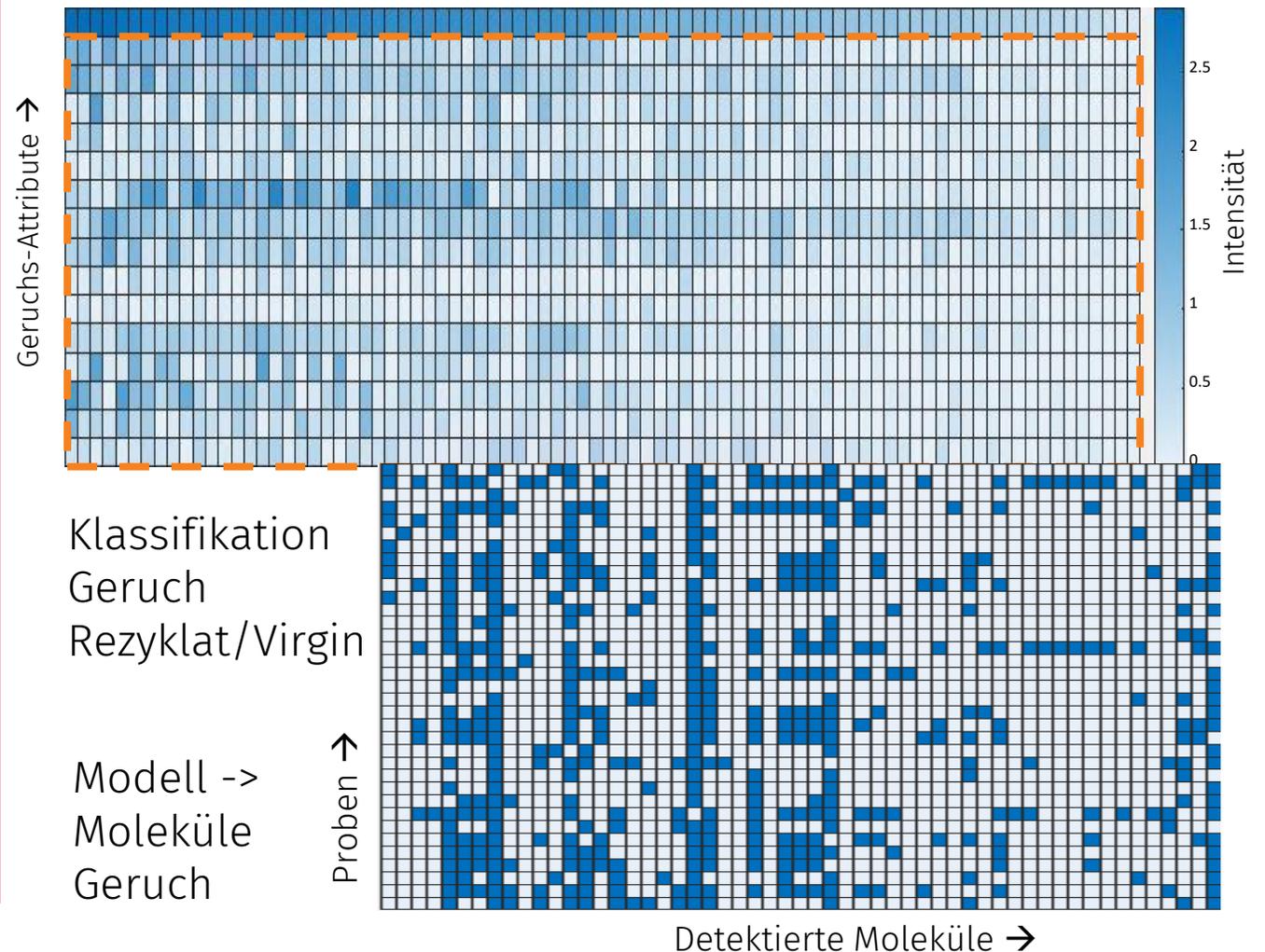
Prozessoptimierung

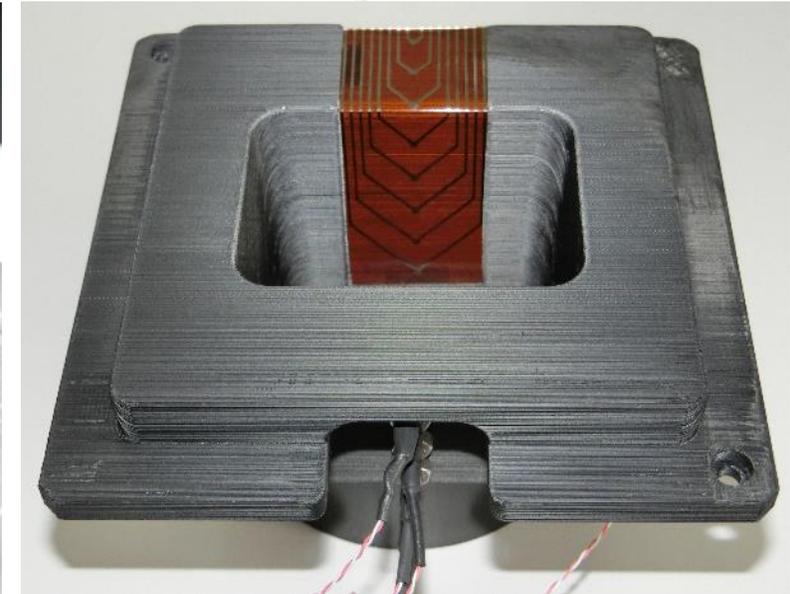
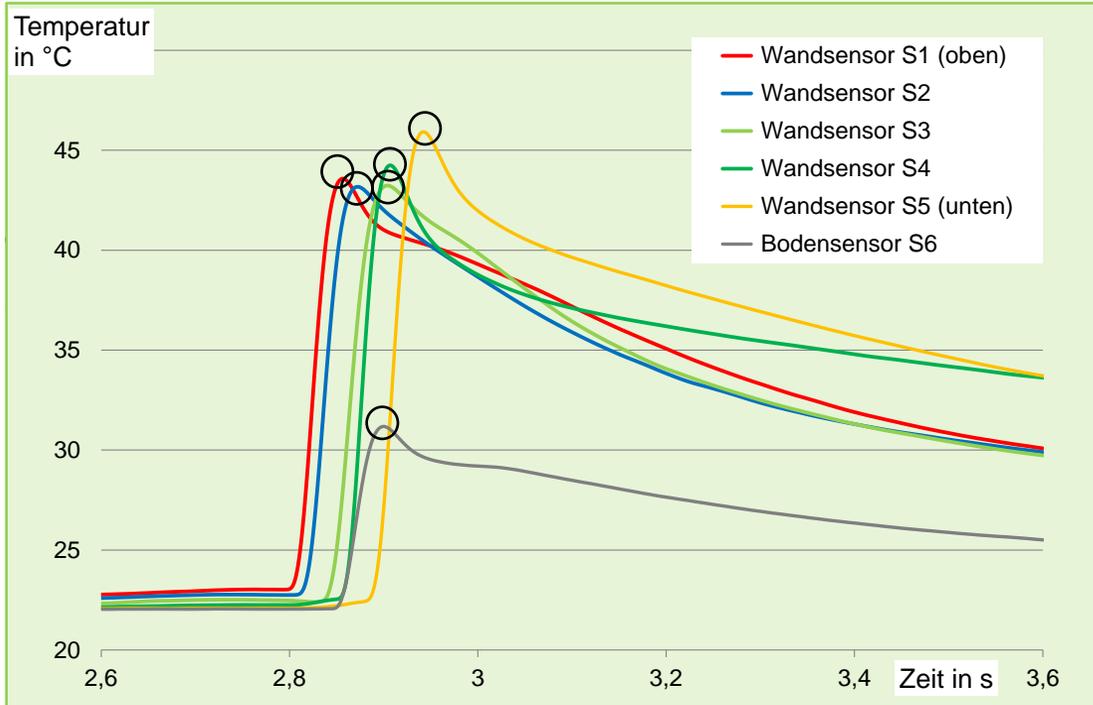
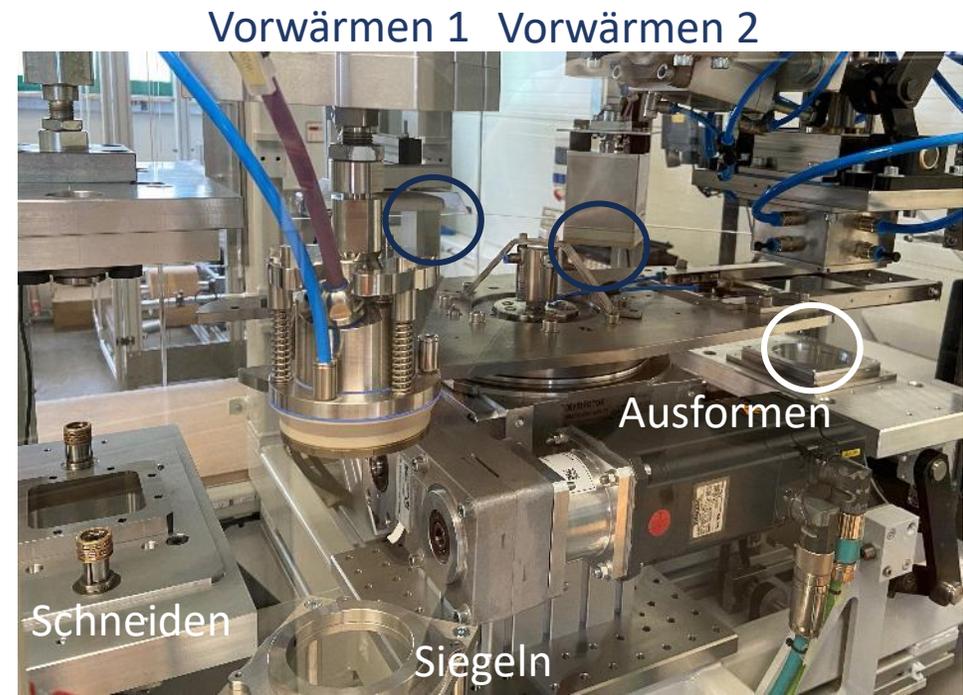
Beispiel Geruchsidentifikation

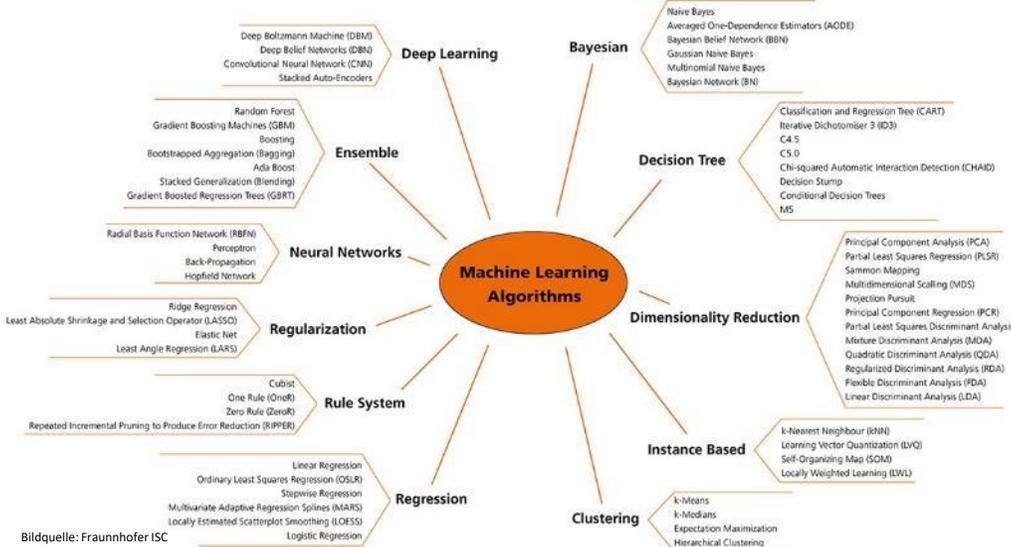


Sensorische Bewertung

Unterscheidung der Proben nach Geruch und Klassifikation





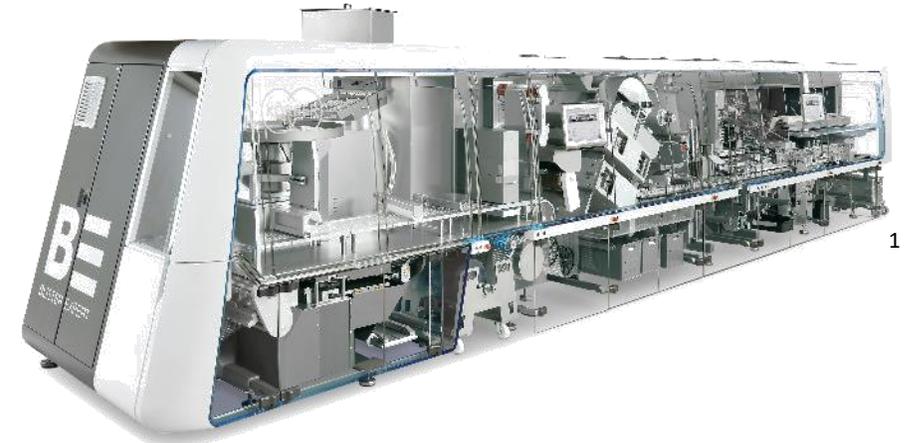
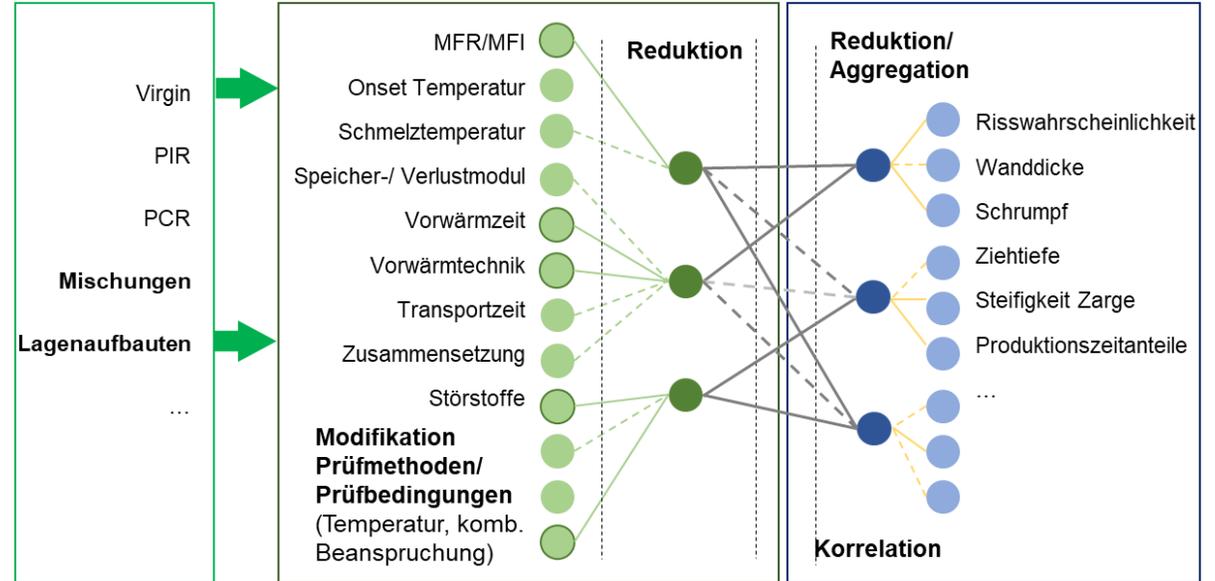


Repräsentatives
Materialspektrum

Materialkennwerte/
Maschinenbedingungen

Eingangs-
größen x_i

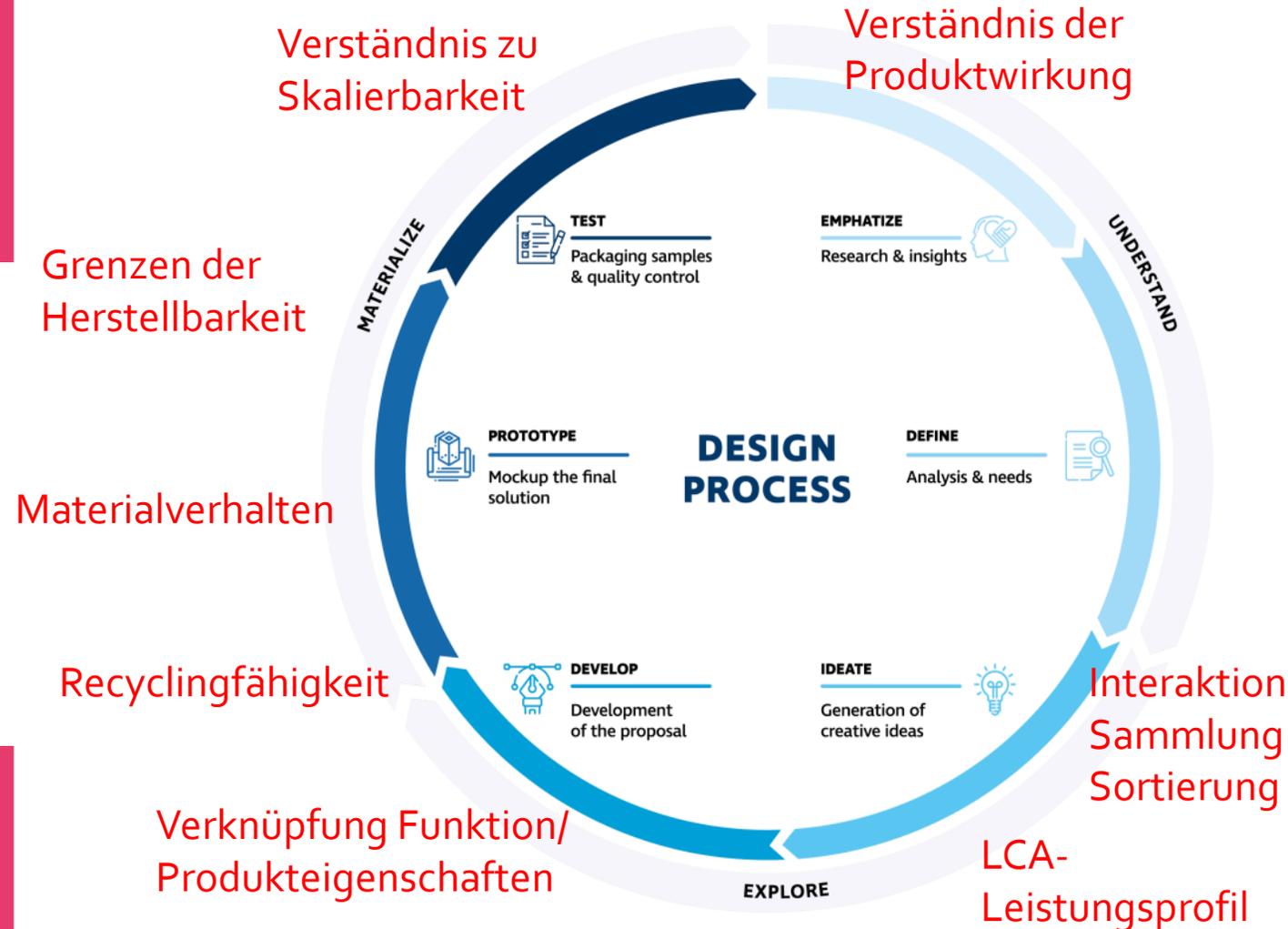
Qualitätskenngrößen
Zielgrößen y_i der Formteile



1



Funktionspriorisierung



¹ <https://www.technepackaging.com/en/services/design-process/>

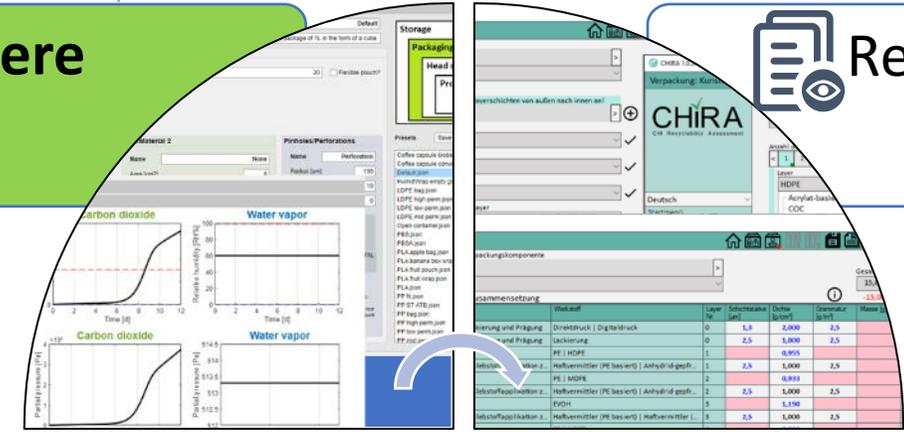
Verpackungsentwicklung



Verbraucherverhalten
 Bsp. Frischfleisch 2,5-7,5 Tage

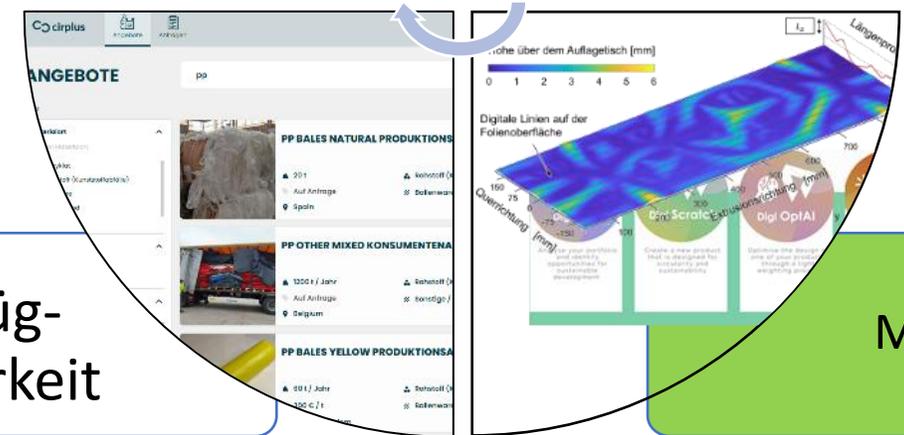
Barriere

Rezyklierbarkeit

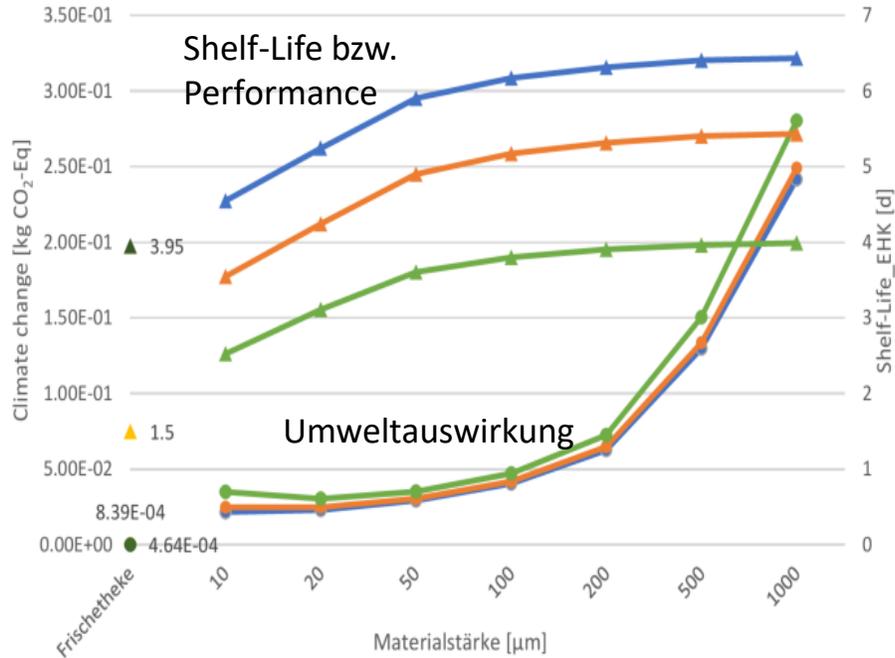


Verfügbarkeit

Mechanik, LCA, ...



Verpackungsentwicklung



Getestete Varianten
~ Digitale Prototypen

Verpackung.Aufbau: Liste Komponenten (Material)

Verpackung.Aufbau: Liste Massenanteile

- Verpackung.Aufbau: Geometrie
- Verpackung.Flächenanteilmodifiziert
- Verpackung.Kopfraumatmosphäre
- Verpackung.Masse
- Verpackung.Verpackungstyp
- Verpackung.CAD

**Minimaler
Input Vektor/
Datenmodell**

Material.BruchdehnunglängsMaterial.Bruchdehnungquer

Material.CAS-Nr.

Material.Dichte

Material.DSC

Material.Emodul

Material.ErweichungstemperaturVicat

Material.Färbung

Material.FTIR

Material.Lochung

Material.Materialklasse

Material.Quelle

Material.Reißfestigkeit

Material.Schlagfestigkeit

Material.SchlagfestigkeitDDI

Material.Schmelzindex

Material.Schüttdichte

Material.Aufbau: Liste Komponenten (Material)

Material.Aufbau: Liste Massenanteile

Material.Aufbau: Liste Typ

- Material.Zustand
- Material.Größe
- Material.Verarbeitungstechnologie
- Material.Verarbeitungstechnologie.Abfallgefährlich/Ungefährlich
- Material.Verarbeitungstechnologie.Ausschuss
- Material.Verarbeitungstechnologie.Kühlwasserbedarf
- Material.Verarbeitungstechnologie.Strombedarf
- Mat
- Mat

