

# PLA4MAP

## PLA-Schalen mit verbesserten Barriereigenschaften für den Einsatz in MAP-Verpackungskonzepten für sensible Lebensmittel

Markus Schmid, Corina Reichert, Manuell Hogg, Edina Vary-Gallyas, Isabelle Sauter, Elisa Uhlig (SPI)  
Frank Welle, Carina Stärker, Kerstin Müller, Tanja Fell, Benedikt Hanschmann, Cornelia Stramm (IVV)  
Tamara Ettinger, Simon Früh (ifeu)

Laufzeit: 01.05.2020 –31.10.2023  
Förderkennzeichen: 2219NR148

Biobasierte Verpackungen – Online-Seminarreihe 2024  
Biobasierte Kunststoff-Verpackungen – von der Forschung in die Praxis  
16.April.2024 | 14:00-16:00 Uhr | Online



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Das Fraunhofer IVV – Standort Freising – Standort Dresden

Institutsleitung: Prof. Dr. Andrea Büttner (geschäftsführend) | Prof. Dr.-Ing. Jens-Peter Majschak



Personal gesamt	267
Wissenschaftliches Personal und Graduierte	155
Promovierende	16
Betriebshaushalt	23,8 Mio €

(Stand: März 2023)



Personal gesamt	53
Wissenschaftliches Personal und Graduierte	38
Betriebshaushalt	4,8 Mio €

# Geschäftsfelder und Schwerpunkte



## Lebensmittel

Hochwertige, gesunde und convenience-orientierte Lebensmittel und Lebensmittelzutaten



## Verpackung

Sichere, kundenfreundliche und recyclingfähige Verpackungen und Materialien



## Verarbeitungsmaschinen

Optimierte Produktions- und Reinigungsprozesse sowie digitale Lösungen für die Industrie 4.0



## Produktwirkung

Ganzheitliche sensorische Optimierung von Roh- und Werkstoffen sowie marktreifen Produkten



## Recycling und Umwelt

Innovative Recyclingtechnologien, biobasierte Additive und Umweltanalytik

# Das SPI in Sigmaringen



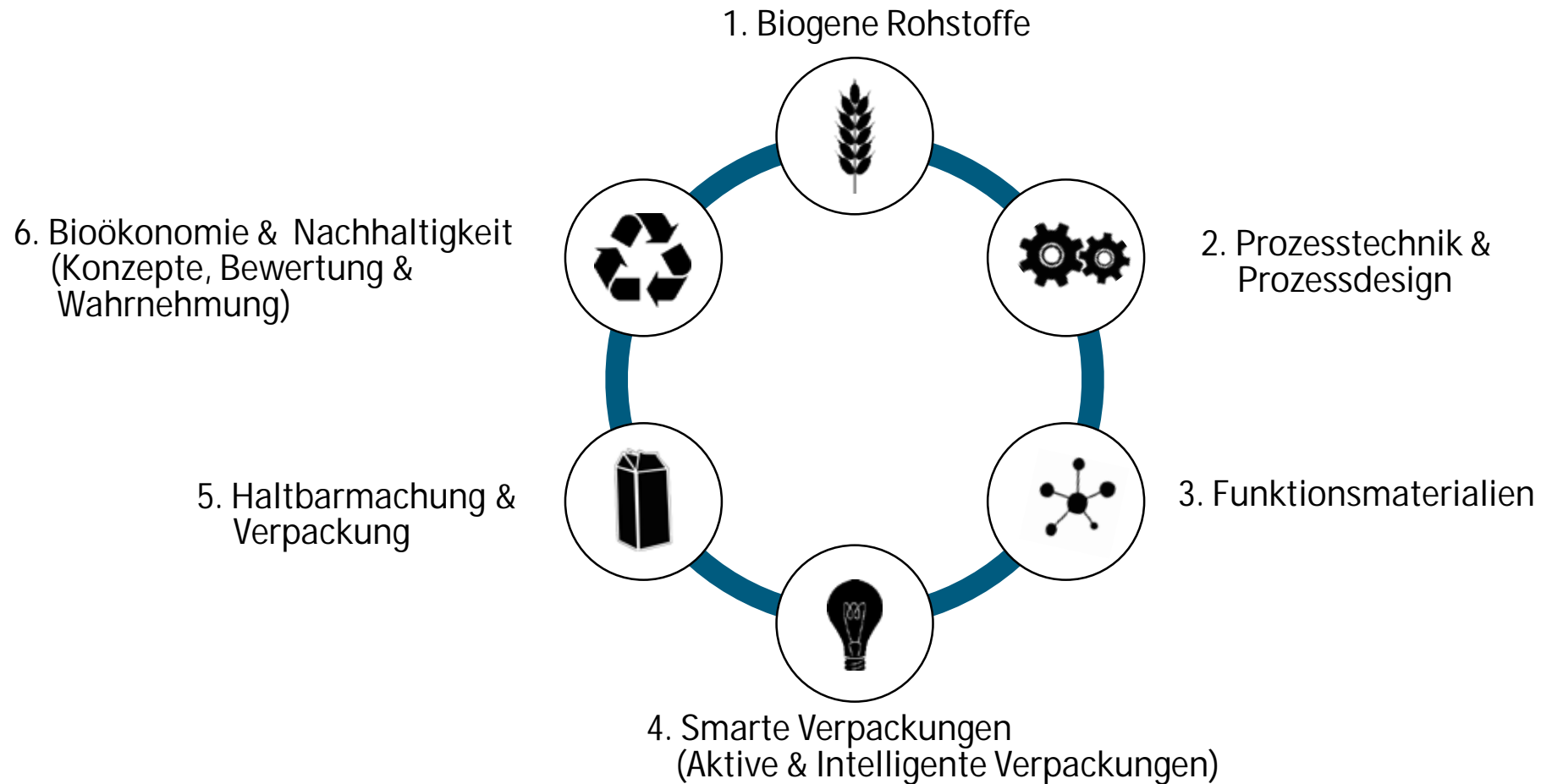
**Forschungsfabrik**  
**Startup - Zentrum**  
**Akademie**

- Das Sustainable Packaging Institute, kurz SPI, befasst sich mit Forschung & Lehre in sechs Themenfeldern



- Das Institut hat den Forschungsschwerpunkt **„Nachhaltige Verpackungskonzepte“**

# Das SPI in Sigmaringen

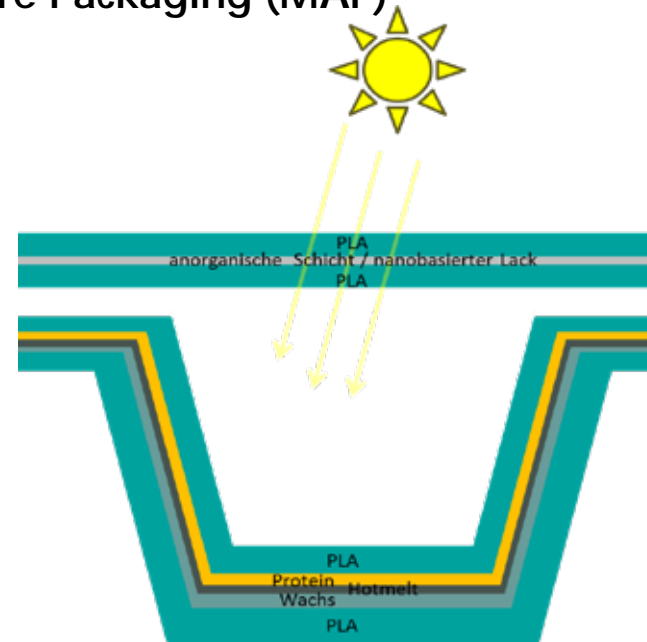


# Projektziel



Entwicklung eines biobasierten und recyclinggerechten  
Verpackungskonzeptes für Modified Atmosphere Packaging (MAP)

- n PLA (Basismaterial)
- n Protein (Sauerstoffbarriere)
- n Wachs (Wasserdampfbarriere)
- n Hotmelt (Kaschierung)



# Entwicklungsschritte im Forschungsprojekt Subline



- n **Entwicklung der Sauerstoffbarriere**
- n **Entwicklung der Wasserdampfbarriere**
- n **Verbundherstellung im Rolle-zu-Rolle Verfahren**
- n **Formen von Schalen**
- n **Lagerversuche**

# Entwicklung der Sauerstoffbarriere



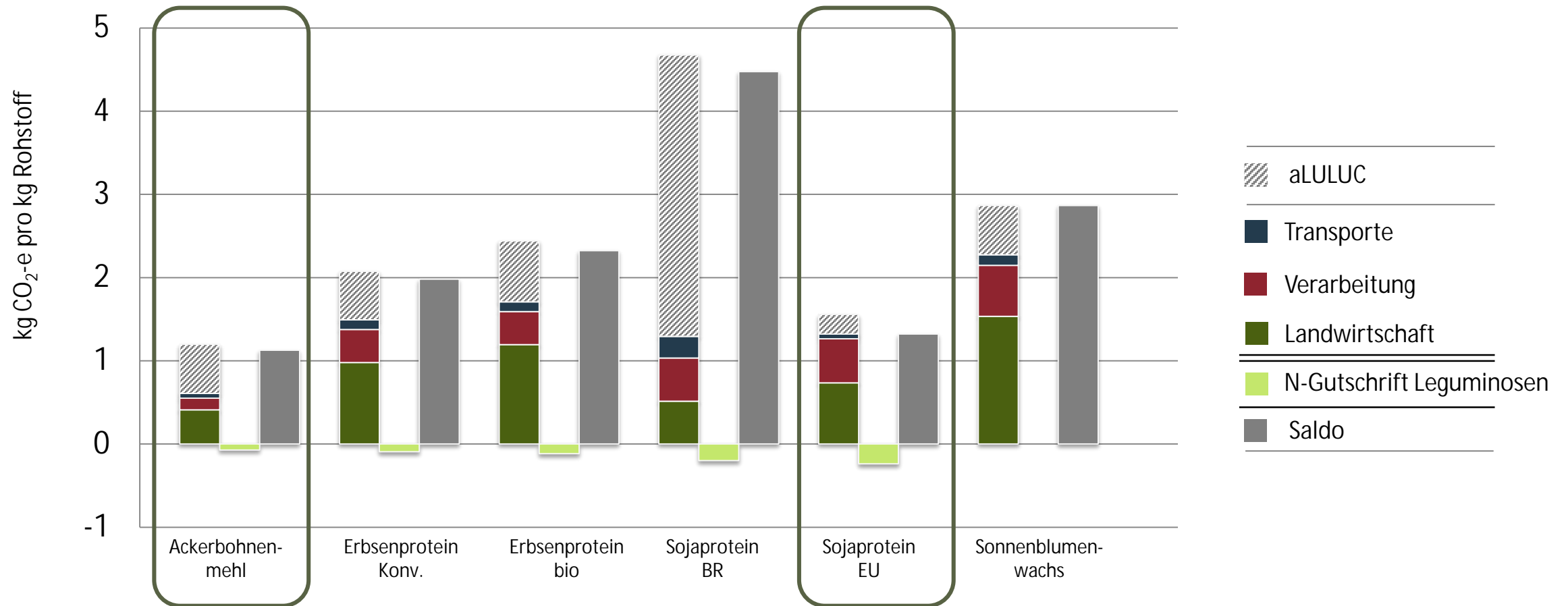
Bezeichnung Proteintyp Anbieter Ceresal	Rohstoff	Proteinkonzentration (%)	Preis pro kg (€)	Mindestabnahme (kg)	Verfügbarkeit	Verarbeitbarkeit zu Filmen	Visuelle/Sensorische Eigenschaften der Filme
Ackerbohnenproteinkonzentrat 65 %, enzym aktiv	Ackerbohne/ Favabohne	60,0	4,59	100	Gut	zusammenhängender Film aber instabil/schwer ablösbar	homogen, gelblich
Erbsenproteinkonzentrat, nativ	gelbe Schälerbse	54 - 56	6,99	100	Gut	zusammenhängender Film, löst sich leicht	homogen, gelb-gold
Erbsenproteinisolat, 80% (Nicht BIO)	gelbe Erbsen	78,6	9,12	100	Sehr gut	zusammenhängender Film, löst sich leicht	homogen, gelb-gold
Hanfprotein 50%	Hanfsamen	50,0	5,32	100	Gut	kein zusammenhängender Film, bricht	nicht homogen, braun-grün, Phasentrennung
Reisprotein 80%	Reiskorn	80,6	6,96	1000	Sehr gut	kein zusammenhängender Film, bricht	nicht transparent, weiß
Bio-Sojaprotein 50%, thermisch behandelt	Sojabohne	44 - 52 (TS)				zusammenhängender Film, reißt leicht ein	nicht homogen, gold-gelb
Sojaprotein 72%	Sojabohne	66,0	2,19	1500	gut	zusammenhängender Film, löst sich leicht	homogen, transparent, gelb
Bio-Sonnenblumenprotein 45 %	geschälte Sonnenblumensaat	45,8	3,68	100	gut	kein zusammenhängender Film	nicht homogen, grobe ungelöste Partikel, beige-braun-grün
Bio-Walnussmehl, teilentölt		44,0	3,96	100	sehr gut	kein zusammenhängender Film	nicht homogen, grobe ungelöste Partikel, dunkelbraun
Weizenprotein vital/Weizengluten	Weizenmehl	69,0	4,65	100	gut	gering/nicht wasserlöslich, kein Film	kein Film herstellbar
Ackerbohnenmehl, enzym-aktiv	Ackerbohnen (Vicia faba)	31,0	1,23	750	gut	zusammenhängender Film, reißt leicht ein	nicht homogen, enthält grobe Partikel, hellgelb
Linsenmehl, rot		23,4	2,86	250	gut	zusammenhängender Film, schlecht ablösbar	nicht homogen, enthält grobe Partikel, hellgelb
Lupinenmehl			1,75	750			
Rapsprotein					mittelmäßig bis schwer verfügbar		
Kartoffelprotein-Isolat							
Sojaproteinisolat							
Aprikosenkernmehl							
Kartoffelproteinisolat (Avebe)					verfügbar Ende 2021		



# Entwicklung der Sauerstoffbarriere



INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG

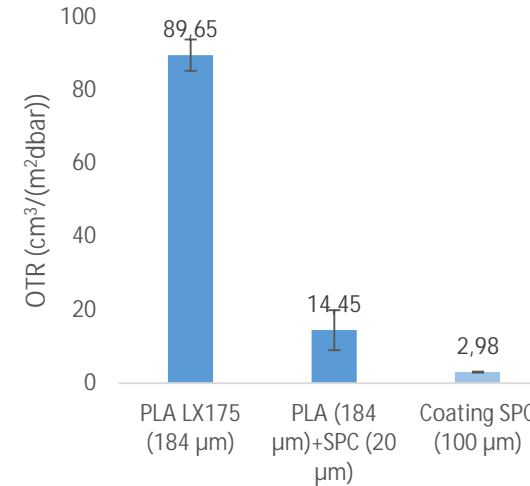


# Entwicklung der Sauerstoffbarriere

Sojaprotein + 60% Sorbitol	10-30µm
PLA Luminy LX175	200µm

## Herstellung (Labormaßstab)

- n 10% Sojaproteinkonzentrat (EU) in Wasser
- n Denaturieren 90°C / 30 min
- n 60% Sorbitol / bezogen auf Protein
- n Optional Farbstoff (Rhodamin)



- ☞ OTR < 10 cm³ / m² d bar für 30µm Beschichtung
- ☞ Keine Rissbildung der Beschichtung beim Thermoformen
- ☞ Tiefziehfähig auch nach 2 Wochen (Tray-Tiefe ca. 4-5 cm)

# Entwicklung der Wasserdampfbarriere



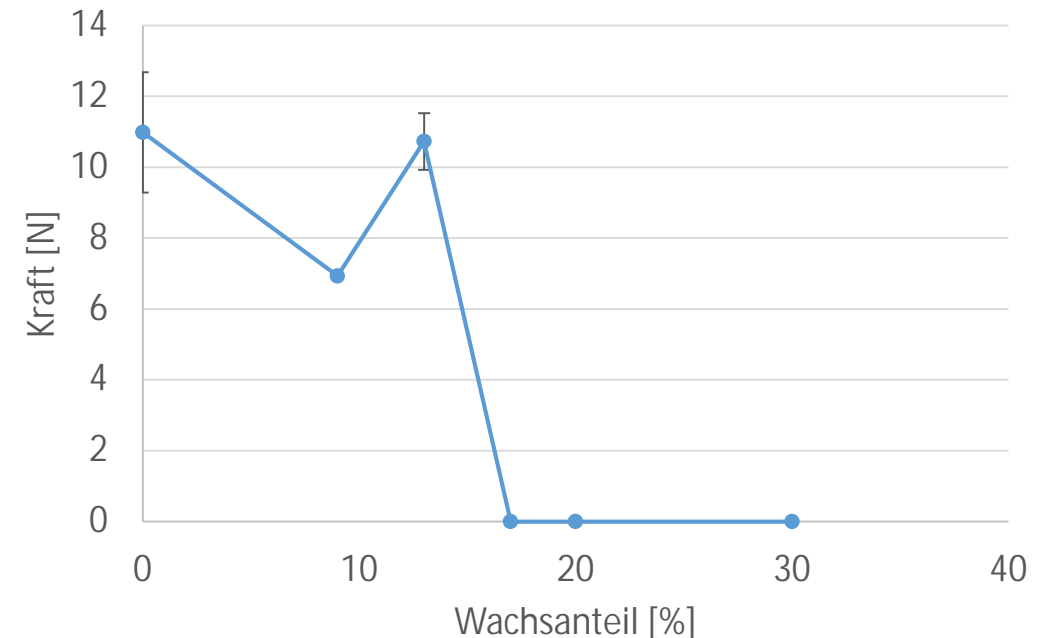
§ Marktverfügbare, biobasierte Hotmelts + Wachs

à Keine ausreichende Haftung

§ Eigene Hotmeltformulierungen

- n Basispolymer: PE, PP, **EVA (33-45%VA, 28% VA)**
- n Harze/Tackifyer: Ester (Bremasin, **Dertoline PLS**), Kohlenwasserstoff (Plastolyn)
- n Wachse: Reiskleiewachs, Sonnenblumenwachs

Haftungstest PLA (30 µm Dicke)





# Verbundherstellung im Rolle-zu-Rolle Verfahren Integration der Sauerstoffbarriere

§ Rolle-zu-Rolle Beschichtung, Reverse Gravure

§ Substrat: PLA LX175, ~180  $\mu\text{m}$ , Corona-vorbehandelt

§ Zielschichtdicke: ~30  $\mu\text{m}$



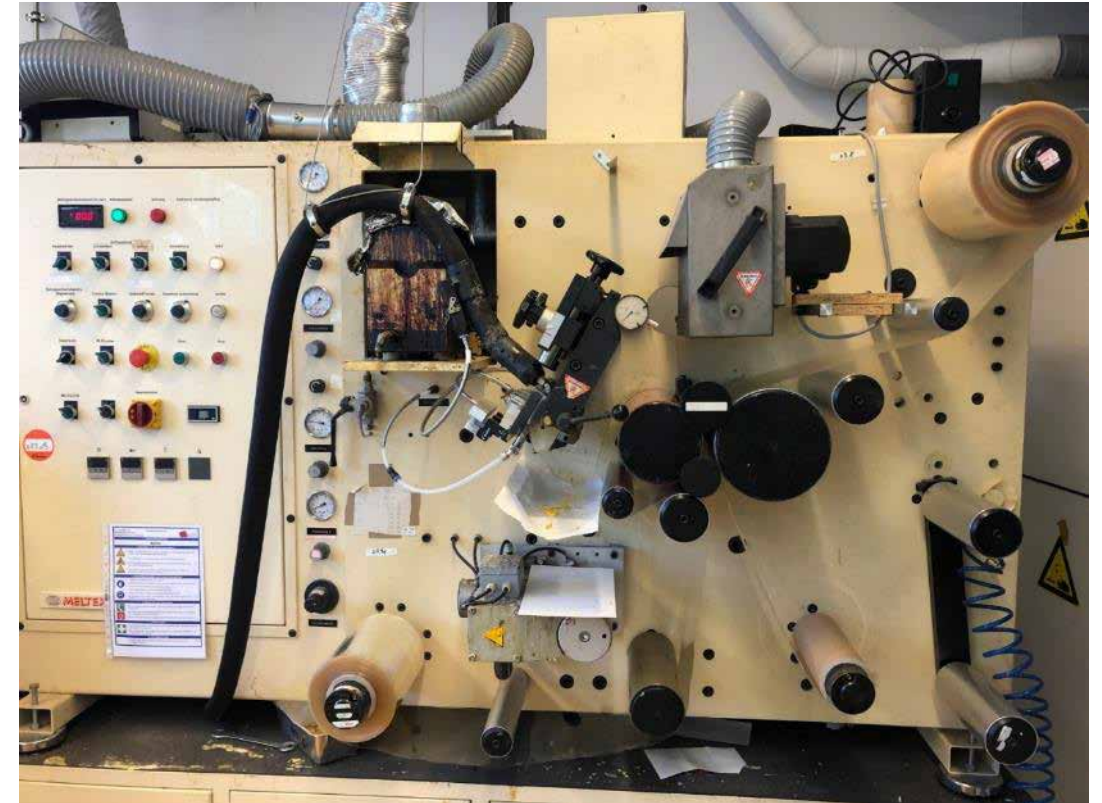
# Verbundherstellung im Rolle-zu-Rolle Verfahren Integration der Wasserdampfbarriere / Kaschierung

§ Rolle-zu-Rolle Kaschierung

§ Zielschichtdicke Hotmelt/Wachs: 80  $\mu\text{m}$

§ Auftragsbreite HM: 180 mm

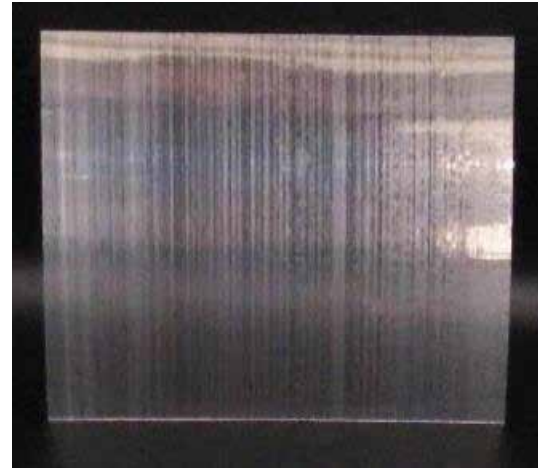
§ 90 lfm Verbund



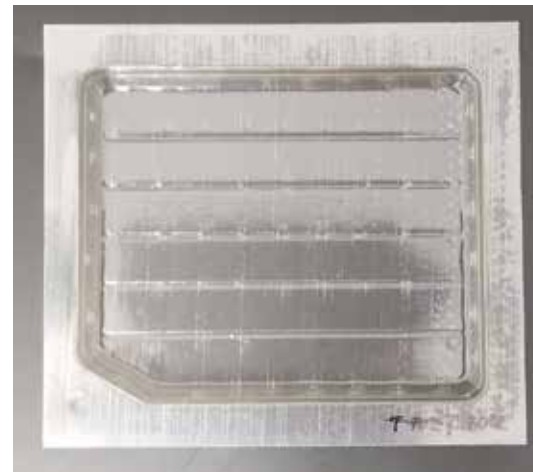
# Thermoformen



KST-S, Uhlmann Pac-Systeme



PLA4MAP Verbundfolie



PLA4MAP Verbund Schale

Schalen mit den Maßen:

LxBxH: 10,3 cm x 8,6 cm x 1,2 cm

- Temperatur: 70°C
- Heizzeit: 12 s
- Druck heizen: 1 bar
- Formzeit: 5 s

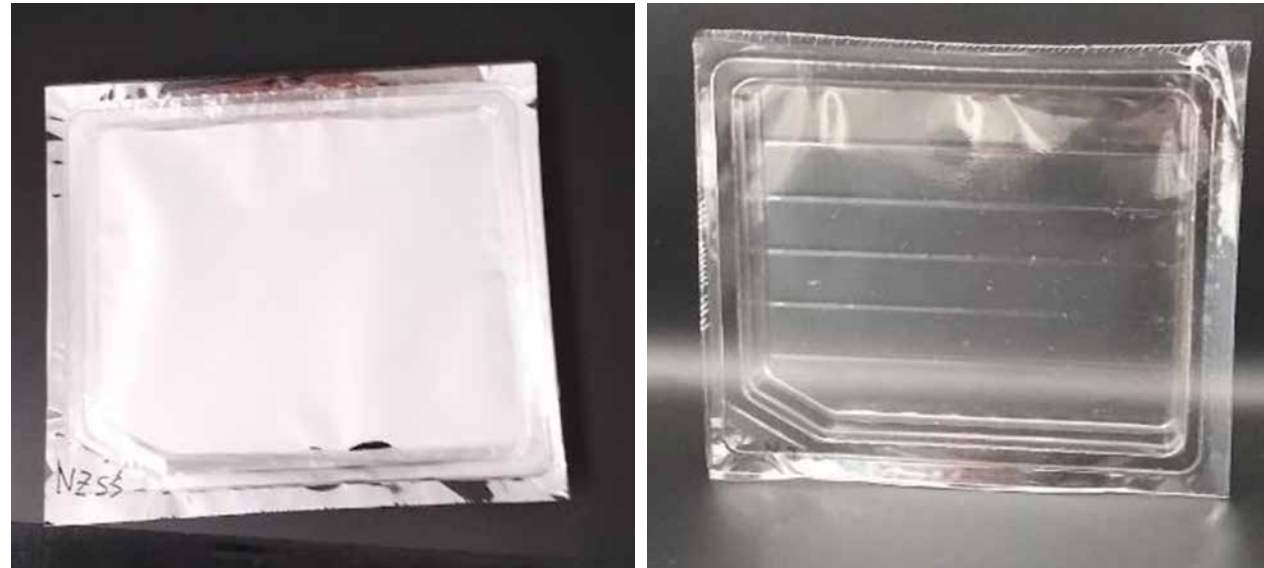
# Thermoformversuche



Temperatur [°C] \ Heizeit [s]	60	70	80	90	100	110
12	-	+				
10	-	+				
8	-	+				
6	-	-	+			
4	-	-	+	+		
3	-	-	-	+	+	
2	-	-	-	-	+	+
1	-	-	-	-	-	-

+Verbund lässt sich Thermoformen, - Verbund lässt sich nicht (vollständig) Thermoformen.

# Siegelversuche



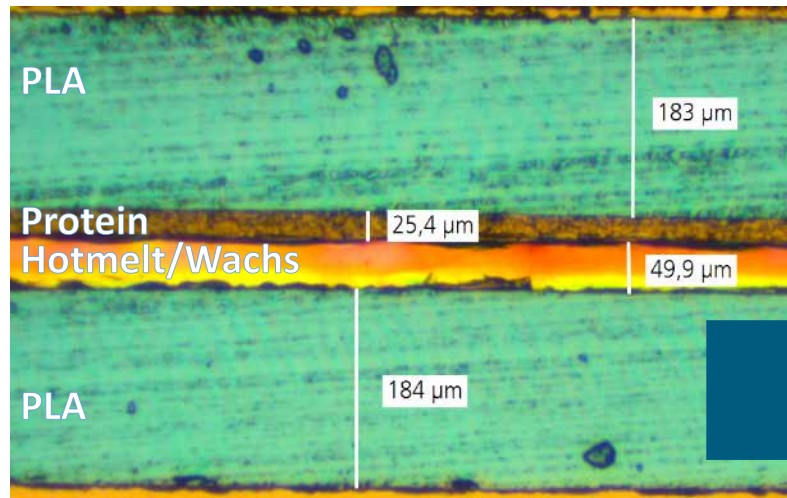
PLA4Map Schale mit NZSS Deckelfolie gesiegelt (links) und PLA4Map Schale mit NTSS Deckelfolie gesiegelt (rechts)



# Verbundherstellung im Rolle-zu-Rolle Verfahren PLA-Schalen mit verbesserten Barriereigenschaften in MAP-Verpackungen



<https://www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/biobasierte-materialien-fuer-papier-und-folienanwendungen/pla4map.html>



## Barriereigenschaften Verbundfolie

**Sauerstoffdurchlässigkeit**  
@23 °C / 85->0 % r.F.  
~5 cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>dbar)

**Wasserdampfdurchlässigkeit**  
@23 °C / 50 % r.F.  
<5 g/(m<sup>2</sup>d)

**CO<sub>2</sub>-Durchlässigkeit**  
@23 °C / 0% r.F.  
<2 cm<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>dbar)

# Lagerversuche

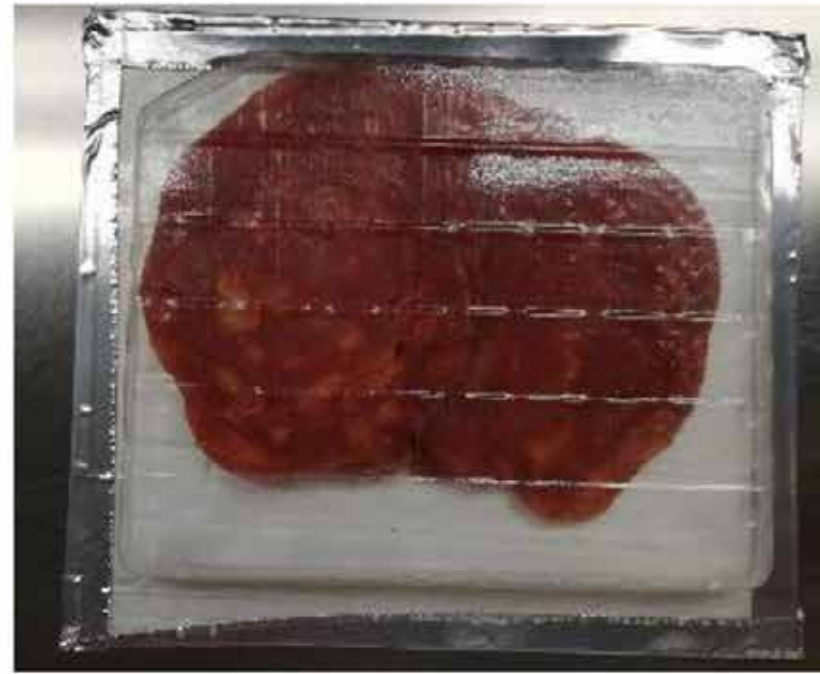


**Putengeschnetzeltes** von Gut Neuhof



Lagerdauer 8 Tage  
Lagertemperatur ~ 3°C

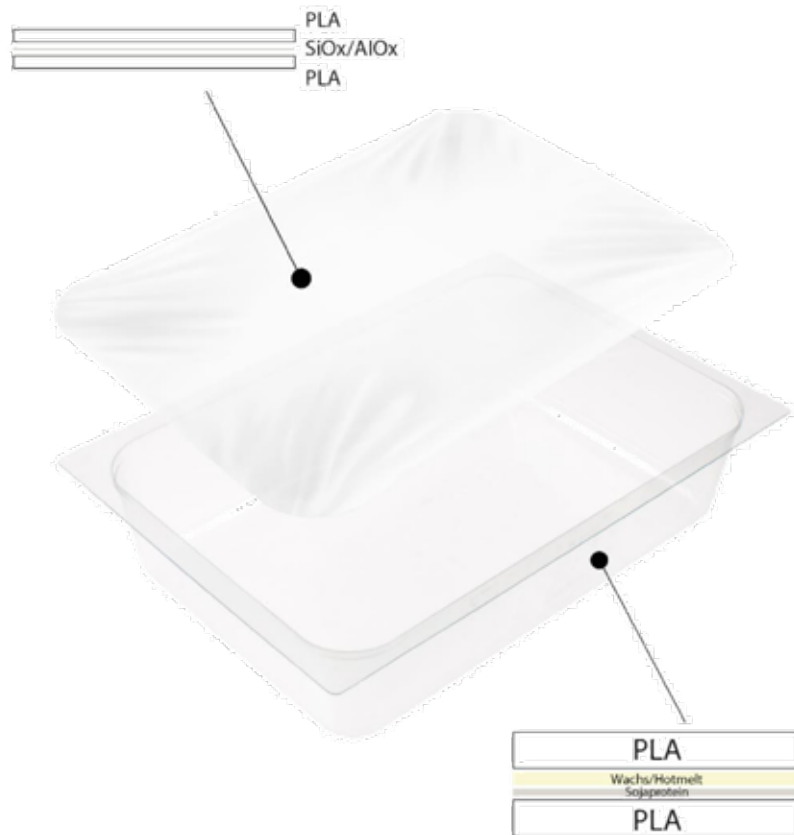
**Chorizo Salami** von Isana Naturfeinkost



Lagerdauer 56 Tage  
Lagertemperatur ~ 3°C

# Von der Forschung in die Praxis – Umsetzbarkeit der Projektergebnisse

## Subline



- n Bewertung der Kreislauffähigkeit
- n Nachhaltigkeitsbetrachtung
- n Konformitätsbetrachtung
- n Anwenderhandbuch und Business Case

# PLA-Verbundschalen – recyclebar?



## Ebene 1: Zuordnung zur korrekten Abfallfraktion

Sortierbarkeit

Vermeidung fehlerhafter  
Zuordnung als Störstoff

## Ebene 2: Rezyklierbarkeit

Mechanisches Recycling

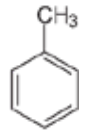
Lösemittelbasiertes Recycling

Dekontamination

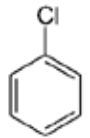
Modellierung für EFSA-  
Beurteilung

# Beurteilung der Aufreinigungsleistung

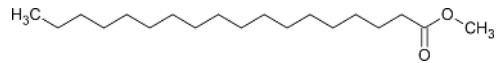
## Challengetest: Kontamination



Toluol

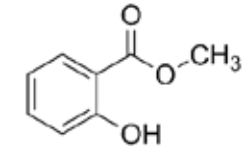


Chlorbenzol

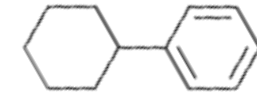


Methylstearat

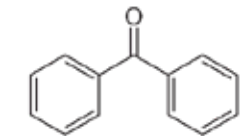
Substanz	CAS-Nr.	M <sub>w</sub> [g mol <sup>-1</sup> ]	T <sub>b</sub> [°C]
Toluol	108-88-3	92,14	111
Chlorbenzol	108-90-7	112,56	131
Methylsalicylat	119-36-8	152,15	222
Phenylcyclohexan	827-52-1	160,26	239
Benzophenon	119-61-9	182,22	305
Methylstearat	112-61-8	298,50	443



Methylsalicylat



Phenylcyclohexan



Benzophenon

- § Grundkontamination mit Modellsubstanzen unterschiedlicher Polarität, Molekularmassen und Siedepunkten
- § Konzentration: 1000 ppm (mg/kg Verbundmaterial)
- § Lagerung über 10 Tage bei 50 °C

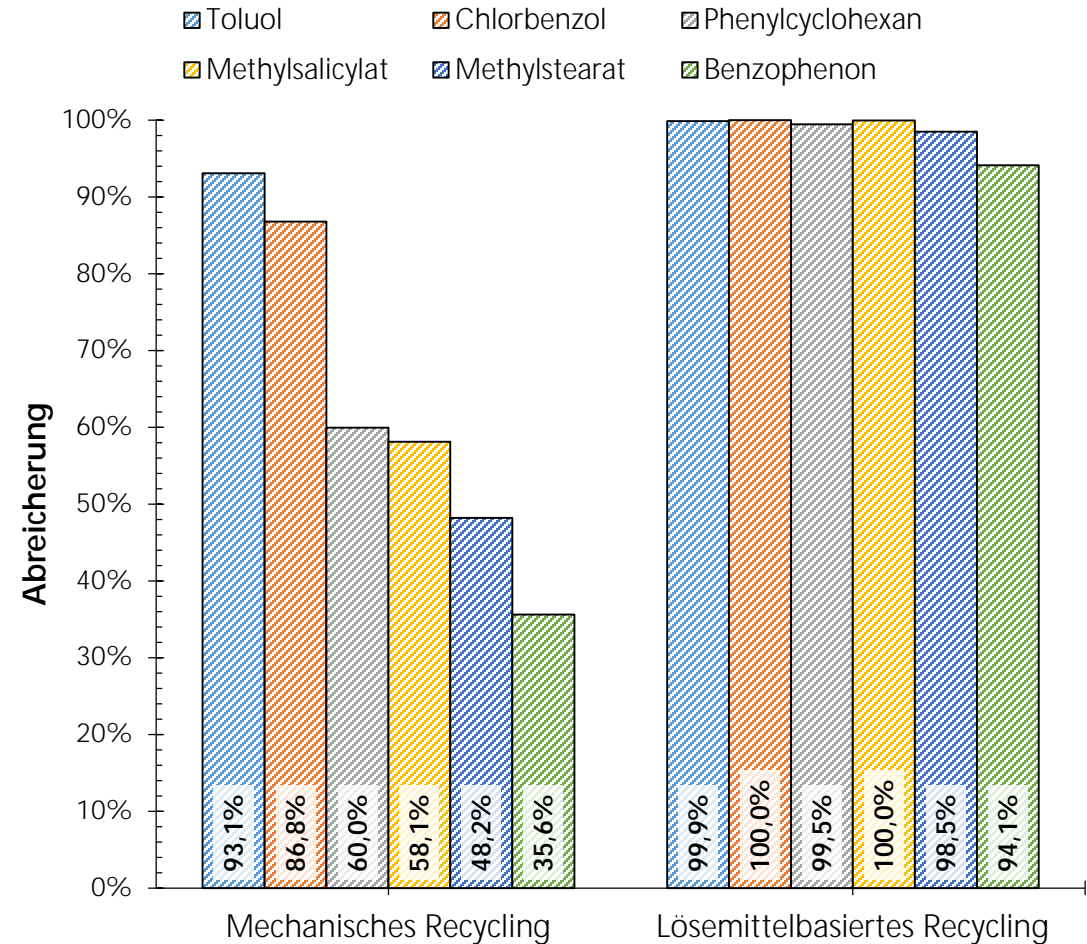
# Beurteilung der Reinigungsleistung

## Ergebnisse des Challengetests



- § Beide Recyclingverfahren zeigen eine Aufreinigungsleistung
- § Schwache Abreicherung der hochsiedenden Kontaminanten im mechanischen Recycling
- § Starke Abreicherung aller Kontaminanten im lösemittelbasierten Recycling

- § Dekontamination mittels lösemittelbasierten Prozess effektiver
- § Nach Modellierung mit PLA-Parametern für EFSA Meat-Tray Szenario ist mechanisches Recycling ausreichend



# Lebensmittelrechtlicher Hintergrund Kunststoff-Verordnung (EU) Nr. 10/2011



## § Anforderungen an die Zusammensetzung – Positivliste

§ Sonnenblumenwachs und Sojaprotein nicht gelistet, Vinylacetat und BHT gelistet mit SML

## § Migrationsgrenzwerte

§ Gesamtmigrationsgrenzwert (OML):  
Inertheitsparameter

§ Spezifischer Migrationsgrenzwert (SML):  
abgeleitet von toxikologischen Daten

§ Restgehalt im Material (QM)

## § Ausnahme funktionelle Barriere

§ Eine Kunststoffschicht, die nicht unmittelbar in Berührung mit Lebensmitteln ist und durch eine funktionelle Barriere vom Lebensmittel getrennt ist, kann aus Stoffen hergestellt sein, die nicht in der Positivliste aufgeführt sind.

# Konformitätsprüfung Non-Target Screening



- § Welche potentiell migrierfähigen Substanzen sind enthalten?
- § Untersuchung der Protein- und Hotmelt/Wachs-Schicht
- § Screening-Techniken: Extraktion mit geeignetem Lösungsmittel, Untersuchung mittels Gaschromatographie und Flüssigchromatographie
- § Identifizierung, Abschätzung Molekulargewicht
- § Berechnung der lag time (Durchbruchzeit) durch die PLA-Schicht





# Vorhersage der Durchbruchzeit (lag time) 170 µm PLA



$$\text{lag time} = \frac{l^2}{6 D_P}$$

$l$  Schichtdicke, 170 µm  
 $D_P$  Diffusionskoeffizient (abhängig von Molekülgröße und Temperatur)

Molekulares Volumen [Å <sup>3</sup> ]	Lag time 23 °C	Lag time 8 °C
50	84,4 Tage	1,2 Jahre
75	264 Jahre	8243 Jahre
100	38 994 Jahre	

# Zusammenfassung der lebensmittelrechtlichen Konformität



- § Komponenten der Wachs- und Proteinschichten nicht alle in Kunststoffverordnung gelistet
- § PLA stellt eine gute Barriere dar
- § Bei den geplanten Anwendungsbedingungen ist keine Migration aus den innenliegenden Protein- und Hotmelt/Wachs-Schichten ins Lebensmittel zu erwarten

# PLA 4MAP Schale

## Vorteile und Herausforderungen



### Vorteile

- § nahezu vollständig biobasierter Mehrschichtverbund
- § Theoretische Recyclingfähigkeit der PLA Fraktion
- § Lebensmittelkonformität konnte im Labor bestätigt werden
- § Business Case und Anwenderhandbuch wurden öffentlich zugänglich gemacht → Liegt aktuell beim Projektträger FNR und wird demnächst veröffentlicht

### Herausforderungen

- § Deutlich höhere Kosten, Optimierungspotenzial ist gegeben.
- § Längere Prozesszeiten beim Thermoformen aufgrund des Labormaßstabs.
- § Verbraucherkommunikation, da der PLA4MAP Verbund vom Verbraucher nur als Kunststoffschale wahrgenommen werden könnte. Mehrwert muss kommuniziert werden.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Hochschule  
Albstadt-Sigmaringen  
Albstadt-Sigmaringen University

Prof. Dr. Markus Schmid  
Institute Director SPI  
Sustainable Packaging Institute SPI  
Faculty of Life Sciences  
schmid@hs-albsig.de

Forschungsfabrik  
Startup - Zentrum  
Akademie

