



Entwicklung neuartiger biobasierter Folien mit besonderen Barriereigenschaften

Dr. Dirk Schawaller

TECNARO GmbH

Bustadt 40

D-74360 Ilfeld

Tel: +49(0)7062/97687-0

Fax: +49(0)7062/91789-101

E-mail: info@tecnaro.de

Internet: <http://www.tecnaro.de>



FNR-Projekt: Biobasierte Barrierefolien „BioBaFol“



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FNR Forschungsprojekt:

“Entwicklung neuartiger biobasierter Folien mit besonderen Barriereigenschaften für Anwendungen im Lebensmittel- und Verpackungsbereich (BioBaFol)”

Förderprogramm:

„Nachwachsende Rohstoffe“ des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

Projektlaufzeit:

01.04.2019 - 30.09.2022

Bezug der Projektziele zur Gesetzgebung: Verpackungsverordnung und -gesetz



- § 12, S. 2832 der **Verpackungsverordnung** vom 21. August 1998, zuletzt geändert am 18. Juli 2017 und in Kraft getreten am 29. Juli 2017.
- § 4, S. 2236 des **Verpackungsgesetzes** vom 5. Juli 2017 und in Kraft getreten am 1. Januar 2019.

§ 4

Allgemeine Anforderungen an Verpackungen

Verpackungen sind so herzustellen und zu vertreiben, dass

1. **Verpackungsvolumen und -masse auf das Mindestmaß begrenzt werden**, das zur Gewährleistung der erforderlichen Sicherheit und Hygiene der zu verpackenden Ware und zu deren Akzeptanz durch den Verbraucher angemessen ist;
⇒ Begrenzung des Verpackungsvolumens und der Verpackungsmasse auf ein Minimum.
2. ihre **Wiederverwendung oder Verwertung möglich** ist und die **Umweltauswirkungen** bei der Wiederverwendung, der Vorbereitung zur Wiederverwendung, dem Recycling, der sonstigen Verwertung oder der Beseitigung der Verpackungsabfälle **auf ein Mindestmaß beschränkt** bleiben;
⇒ Wiederverwendung oder Recycling ist möglich.
⇒ Minimierung der Umweltauswirkungen bei der Verwertung oder Entsorgung von Verpackungsabfällen.
3. **bei der Beseitigung** von Verpackungen oder Verpackungsbestandteilen auftretende **schädliche und gefährliche Stoffe** und Materialien in Emissionen, Asche oder Sickerwasser **auf ein Mindestmaß beschränkt** bleiben;
⇒ Minimierung von Schad- und Gefahrstoffen in Emissionen, Asche oder Sickerwasser bei der Entsorgung von Verpackungen.
4. die **Wiederverwendbarkeit** von Verpackungen und der **Anteil von sekundären Rohstoffen** an der Verpackungsmasse **auf ein möglichst hohes Maß gesteigert** wird, welches unter Berücksichtigung der Gewährleistung der erforderlichen Sicherheit und
⇒ Maximierung des Anteils von Sekundärrohstoffen.

Projektpartner und ihre Teilprojekte



Rezepturenentwicklung und Compoundherstellung
(Dr. Dirk Schawaller: dirk.schawaller@tecnaro.de)



Entwicklung, Prüfung und Applizieren von bioORMOCER[®]en
(Dr. F. Somorowsky: ferdinand.somorowsky@isc.fraunhofer.de)



Entwicklung und Prüfung der Basisfolien und der Nachhaltigkeitsanalyse zum biobasierten Produkt / Betrachtungen zum Recycling (SKZ)
(Alexander Rusam: a.rusam@skz.de)



Barrierefolienherstellung und Betrachtungen zum Recycling
(Maximilian Strahl: maximilian.strahl@suedpack.com)



bioORMOCER[®]-Upscaling und Herstellung
(Dr. Guido Leibelng: guido.leibelng@jencaps-technology.de)

Unsere Produkte: Granulate hergestellt aus nachwachsenden Rohstoffen für die kunststoffverarbeitende Industrie



**Seit Juni 2015
neue Adresse:**

**Tecnaro GmbH
Bustadt 40
D-74360 Ilsfeld**

- Produktionskapazität ca. 15.000 t/Jahr
- 3 Produktionslinien
- 40 Mitarbeiter

Ersatz erdölbasierter Kunststoffe wie PE, PP, PS, ABS, TPE, PVC-P, PA etc. durch **Biopolymer-Compounds der Produktfamilien **ARBOFORM®**, **ARBOBLEND®** und **ARBOFILL®****

Endprodukte unserer Kunden: Blasfolien, Castfolien, Platten, tiefgezogene Bauteile, Extrusionsprofile und spritzgegossene Bauteile für viele verschiedene Anwendungen.



Zum Beispiel **Wuchshüllen** (bis zu 100 % biobasiert und zu 100 % bioabbaubar im Boden) zum Schutz der jungen Pflanzen vor Verbiss:

- **Biologische Abbaubarkeit** des Materials bei **Waldbodenkontakt**
- **Kein Eintrag von Mikroplastik** wie bei herkömmlichen PE- oder PP-Wuchshüllen
- Vertrieb durch die **ARBOTRADE GmbH**, ein Joint-Venture der beiden Unternehmen **TECNARO GmbH** und **Joma-Polytec GmbH**
- Kommerzielles Produkt hervorgegangen aus dem FNR-Projekt **“TheForestCleanup”**

ARBOBLEND®: Anwendungen im Lebensmittelbereich



Berücksichtigung der Vorgaben von:

- EU-Direktive 10/2011
- FDA (=> U.S. 21 CFR)



Bildquelle: 4e-solution

ARBOBLEND®: Kaffee-Kapseln



NATUR TEC CAP
Future with innovation

terracaps®
kompostierbar | sauerstoffdicht | CO₂ neutral

NATUR TEC CAP und TERRACAPS - innovative und nachhaltige Bio-Kaffeekapseln aus ARBOBLEND®

Bild: TECNARO GmbH

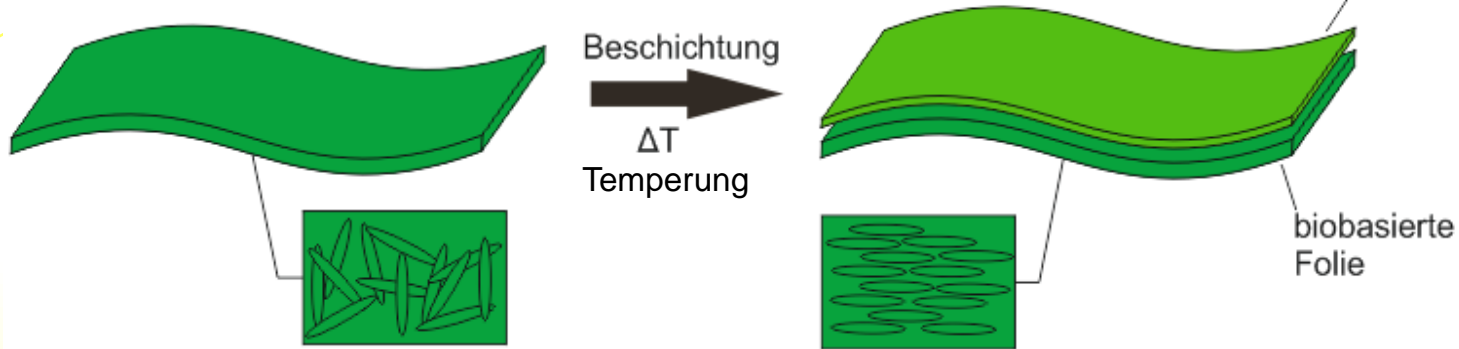
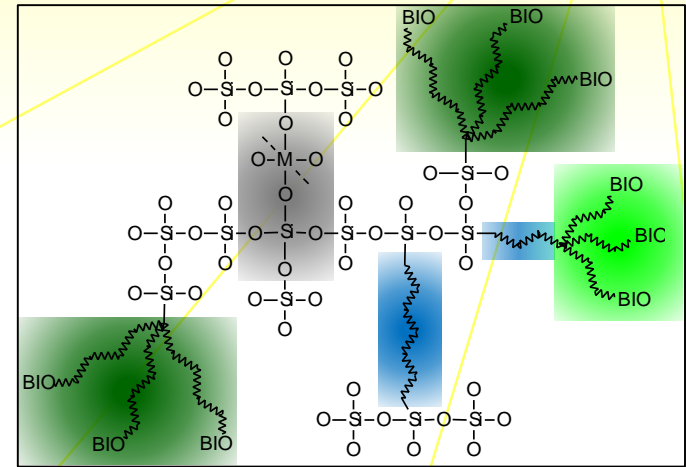
FNR-Projekt: Biobasierte Barrierefolien „BioBaFol“



Funktionalisierung einer PLA-basierten Folie
in einem Schritt: Strukturausbildung in der
Trägerfolie und gleichzeitig Bildung einer
bioORMOCER®-Barrierschicht auf der
Foliensoberfläche

Biobasiertheit der organischen
Ausgangskomponenten wichtig

⇒ Möglichst hoher Biobasiertheitsgrad
im Endprodukt



FNR-Projekt: Biobasierte Barrierefolien „BioBaFol“

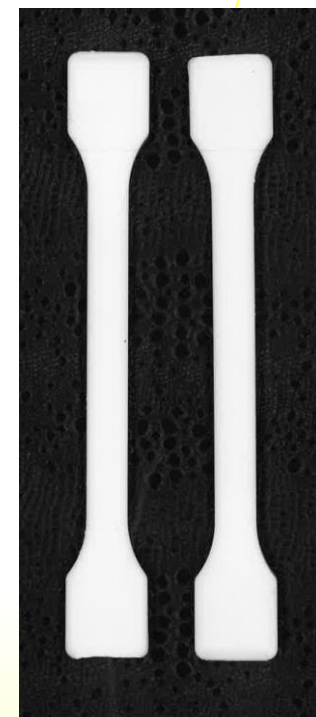


- Vorgabe: Einsatz von **PLA als biobasierte Hauptkomponente** in der Trägerfolie, **keine „Drop-In-Lösungen“** vorgesehen (wie z. B. Bio-PE oder Bio-PA etc.)
- Aufzeigen von **Möglichkeiten und Grenzen** einer PLA-basierten Folie
- **Überwindung der bekannten Nachteile** von PLA:
 - Hohe Sprödigkeit
 - Geringe Schlagzähigkeit
 - Geringe Wärmeformstabilität
 - Schlechte Barriereigenschaften
- Überführung des Rohstoffs PLA in einen **vermarktbaren PLA-basierten Werkstoff durch Compoundierung** mit weiteren Füllstoffen und biobasierten Komponenten
- Berücksichtigung der **Vorgaben des Folienherstellers** (Rheologie, Verarbeitungsverhalten, Antiblocking-Effekte etc.)
- **Synthese der bioORMOCER®e**: Einsatz von Hydroxypropylcellulose (HPC), Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC)) und Chitosan als **biobasierte Komponenten** bei der Silanhydrolyse sowie Zugabe von Chitosan als Additiv zum fertigen bioORMOCER®-Lack

Rheologische und mechanische Eigenschaften der Compounds von TECNARO



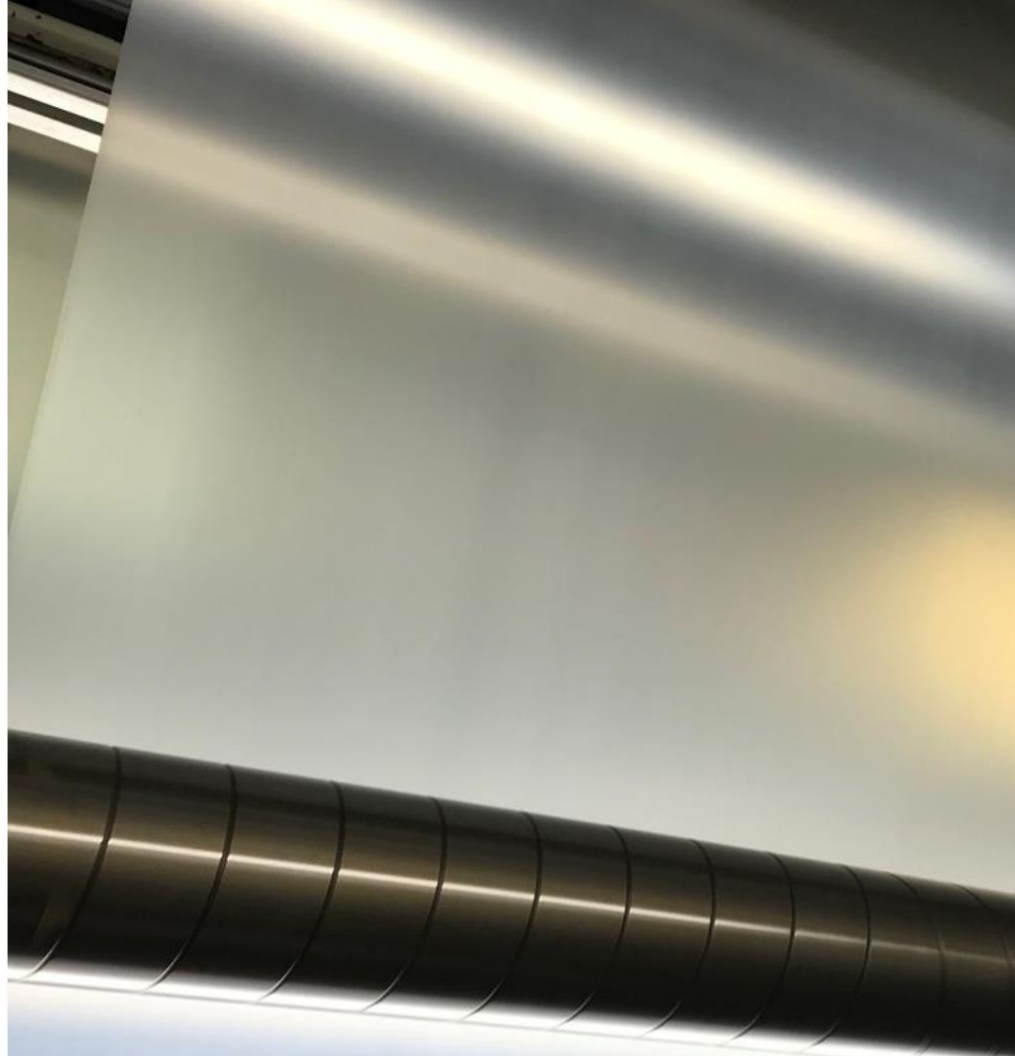
Durchführung von mechanischen Tests bei TECNARO an Prüfkörpern



	MVR (190 °C / 2,16 kg) [cm ³ /10 min]	Elastizitätsmodul [MPa]	Bruchdehnung [%]	Schlagzähigkeit [kJ/m ²]	Schwindung [%]	Weiterverarbeitung zu Folien (CF: Castfolien) (BF: Blasfolien)
Reines PLA (Typ Nr. 1)	4	3.400	3	20	0,32	BF
Compound BioBaFol-C-01	4	2.800	40	NB	0,80	CF, BF
Compound BioBaFol-C-02	5	1.700	16	143 (PB)	0,97	CF, BF
Compound BioBaFol-C-03	2	3.100	44	217 (PB)	0,87	BF
Compound BioBaFol-C-04	5	4.000	8	68	0,62	BF
Compound BioBaFol-C-05	8	2.100	29	215 (PB)	0,76	CF, BF
Compound BioBaFol-C-06	7	1.800	54	NB	1,05	CF, BF
Compound BioBaFol-C-07	18	1.600	51	NB	0,81	CF
Compound BioBaFol-C-08	14	1.300	36	NB	1,14	CF
Compound BioBaFol-C-09	10	2.300	8	87	1,08	BF
Compound BioBaFol-C-13	5	3.400	17	153 (PB)	0,80	BF
Compound BioBaFol-C-14	6	3.000	4	19	0,47	BF
Compound BioBaFol-C-15	4	1.000	72	NB	1,09	BF
Compound BioBaFol-C-16	6	1.100	60	NB	0,89	BF
Compound BioBaFol-C-17	9	800	28	NB	0,92	BF
Compound BioBaFol-C-18	3	4.200	7	64	1,36	CF, BF

	MVR (190 °C / 2,16 kg) [cm ³ /10 min]	Elastizitätsmodul [MPa]	Bruchdehnung [%]	Schlagzähigkeit [kJ/m ²]	Schwindung [%]	Weiterverarbeitung zu Folien (CF: Castfolien) (BF: Blasfolien)
Reines PLA (Typ Nr. 2)	2	3.600	4	20	0,37	BF
Compound BioBaFol-C-10	4	3.100	12	23	0,53	CF
Compound BioBaFol-C-11	3	2.800	15	47	0,40	CF
Compound BioBaFol-C-12	3	3.500	5	17	0,39	-

Südpack: Herstellung von Blasfolien aus verschiedenen Compounds von TECNARO



Südpack:

Herstellung von **Blasfolien** aus den Compounds von TECNARO im **technischen Maßstab**.

Anschließende **CORONA Behandlung** zur Verbesserung des **Benetzungsverhaltens** der bioORMOCER® Lacke und der **Anhaftung** der vernetzten bioORMOCER® Beschichtungen auf der Oberfläche der Trägerfolien

Südpack: optisches Erscheinungsbild von Blasfolien und Thermoformen von Castfolien



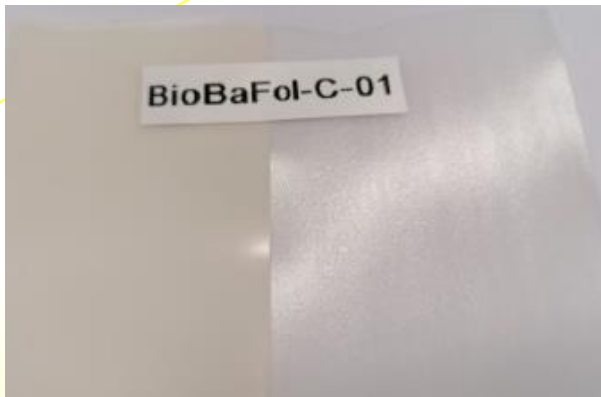
Trägerfolie (Dicke 50 μm) hergestellt aus TECNARO-Compound BioBaFol-C-01 im **Blasfolienverfahren** bei **Südpack**: opakes Erscheinungsbild aufgrund der Struktur und Morphologie des Materials.



Im **Thermoformverfahren** bei **Südpack** hergestellte Schalen, wobei eine **Castfolie** (Foliendicke zu Beginn = 250 μm) eingesetzt wurde, welche aus dem Compound BioBaFol-C-01 hergestellt worden ist.

⇒ Höhere Ziehtiefen sind möglich und haben zu guten Resultaten geführt.

SKZ: Herstellung von Castfolien aus verschiedenen Compounds von TECNARO und vom SKZ



- SKZ:**
- Herstellung von **Castfolien** aus verschiedenen Compounds von TECNARO und vom SKZ im Labormaßstab
 - Diverse Analytik

Fraunhofer ISC: Entwicklung von bioORMOCER®en im Labormaßstab und deren Einsatz als Beschichtung auf den diversen Folien



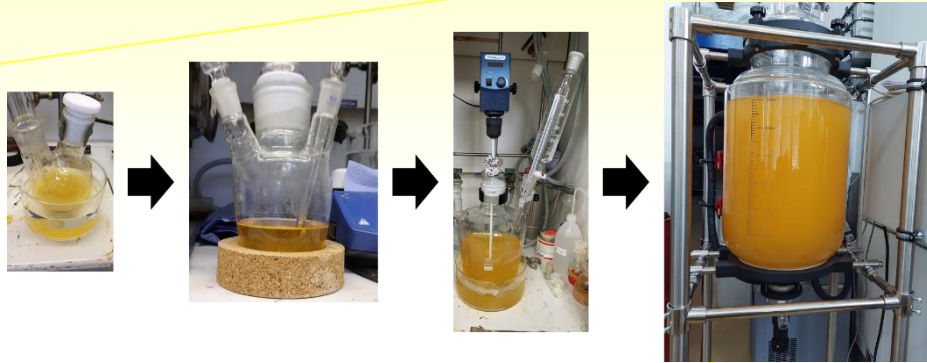
- Entwicklung von verschiedenen bioORMOCER® Systemen **im Labormaßstab**
- Auswahl bestimmter Formulierungen für die weiteren Entwicklungen und das **Upscaling bei JenCAPS**
- Verschiedene **Beschichtungsversuche** mit behandelten und unbehandelten Blas- und Castfolien im Labormaßstab (Generierung von Basisparametern für die geplanten Beschichtungsversuche bei Südpack):
Coatema CC-10 Pilot-Beschichtungsanlage am Fraunhofer ISC



JenCAPS: Herstellung der bioORMOCER®-Lacke und Untersuchungen zur Oberflächenaktivierung der Trägerfolien

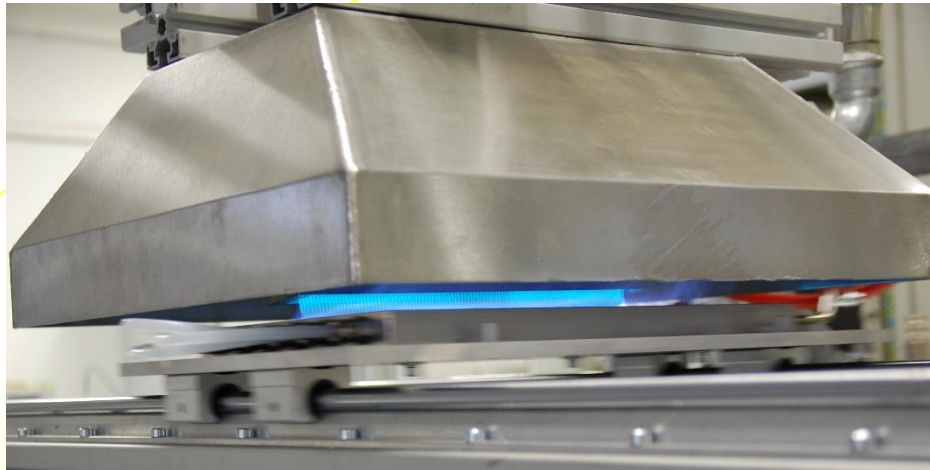


Entwicklung und Herstellung der bioORMOCER® Lacke:



- Entwicklung im Labormaßstab und anschließendes **Upscaling in den technischen Maßstab**
- Herstellung der bioORMOCER®-Lacke für **Beschichtungsversuche bei Südpack im technischen Maßstab**
- Untersuchungen zum **Benetzungsverhalten**

Oberflächenaktivierung der Trägerfolien durch Flammensilikatisierung:

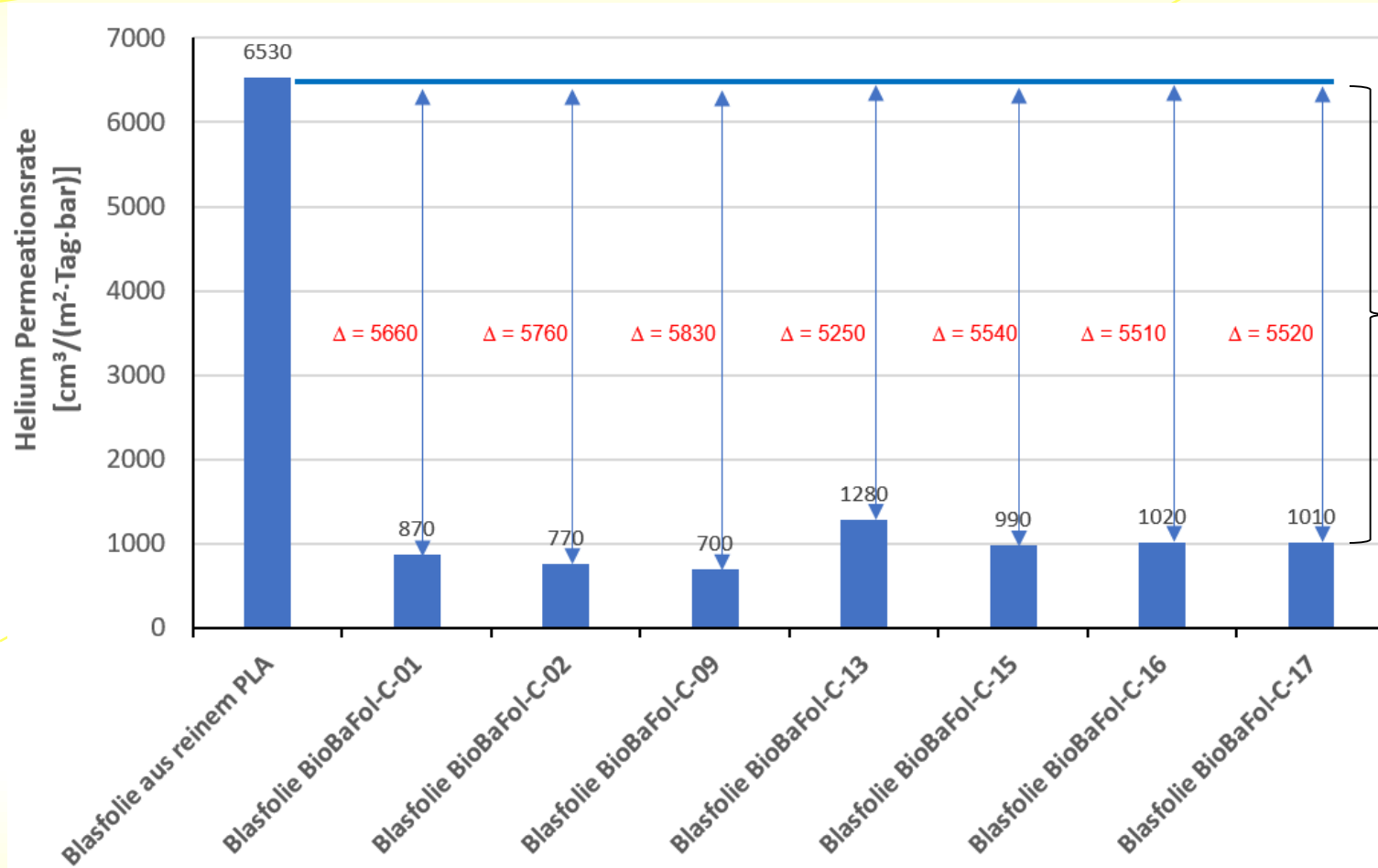


- Erhöhung der **Oberflächenenergie**, um das **Benetzungsverhalten** der bioORMOCER® Lacke zu optimieren
- Erfolgreich für alle Trägerfolien mit Foliendicken von bis zu **20 µm**
- **Verbesserte Haftung** der vernetzten bioORMOCER®-Schichten auf der Oberfläche der Trägerfolien

SKZ: Messung der Helium Permeationsrate an unbeschichteten Folien hergestellt aus TECNARO Compounds



Unbeschichtete Blasfolien hergestellt aus den Compounds von TECNARO im Vergleich zur reinen PLA-Folie, Foliendicke: 50 μm

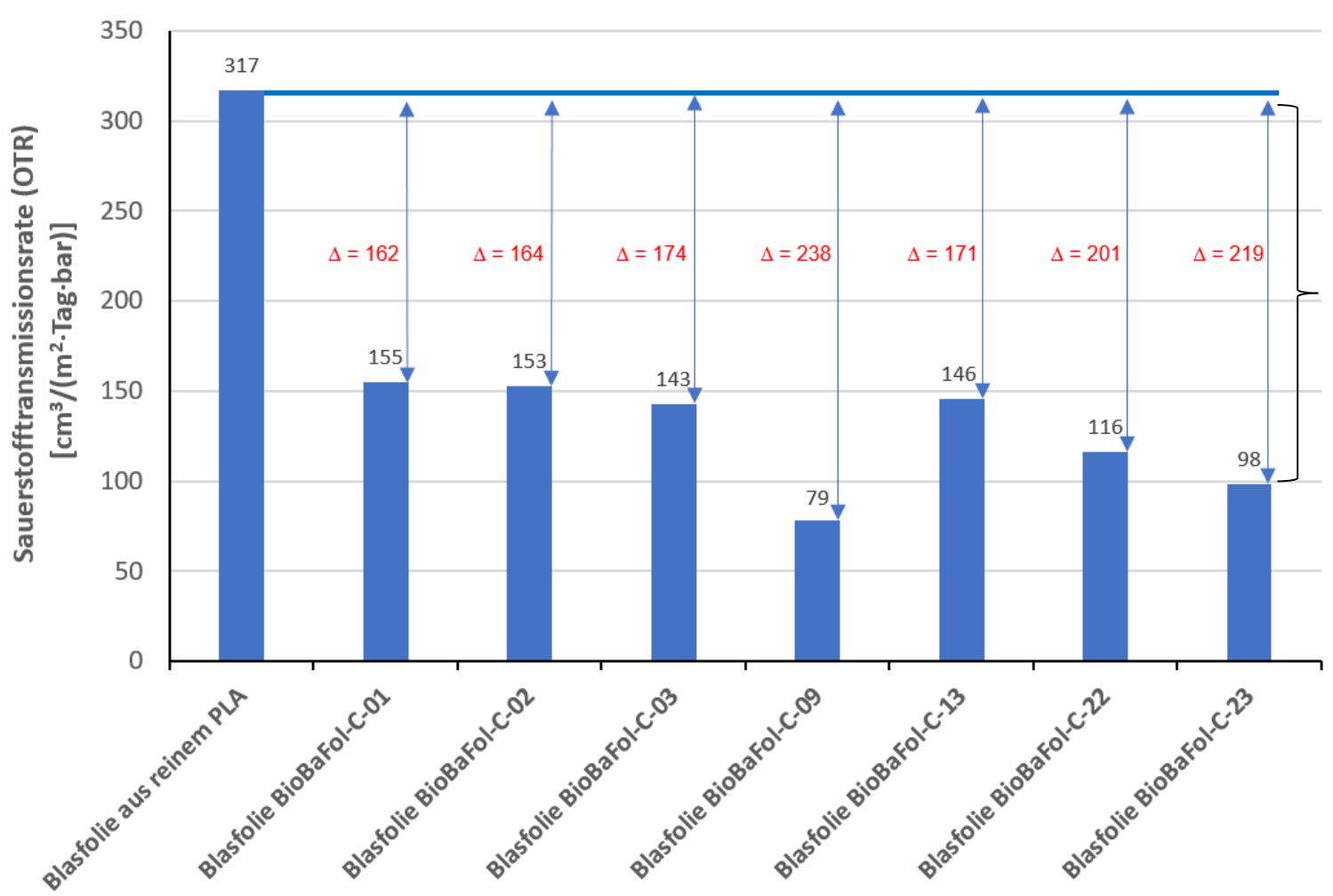


Verringerung der **Helium Permeationsrate** (im Vergleich zur reinen PLA-Folie) aufgrund der Zusammensetzung der PLA-basierten TECNARO Compounds

ISC: Messung der Sauerstofftransmissionsrate (OTR) an unbeschichteten Folien hergestellt aus TECNARO Compounds

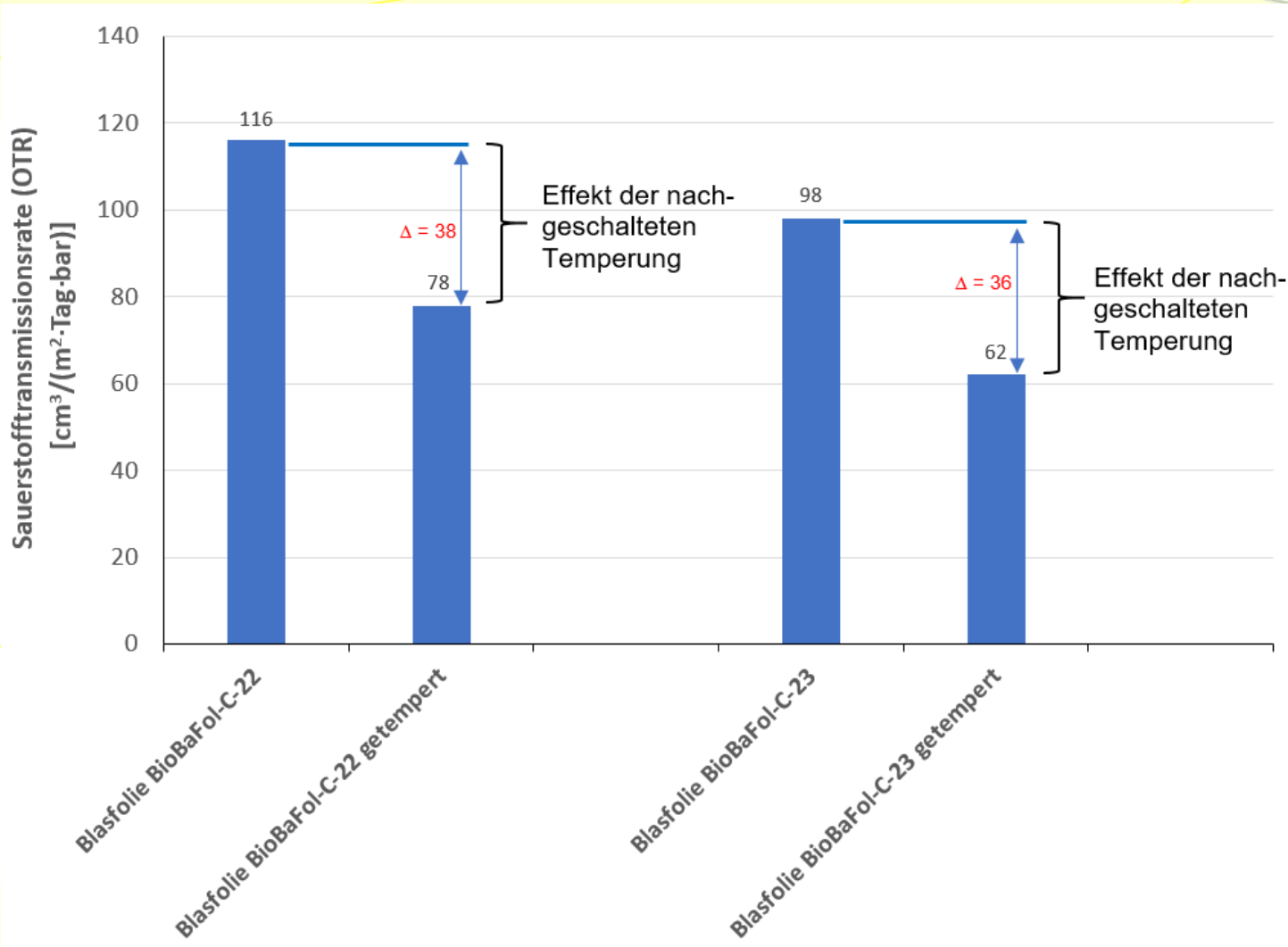


Unbeschichtete Blasfolien hergestellt aus den Compounds von TECNARO im Vergleich zur reinen PLA-Folie, Foliendicke: 50 μm

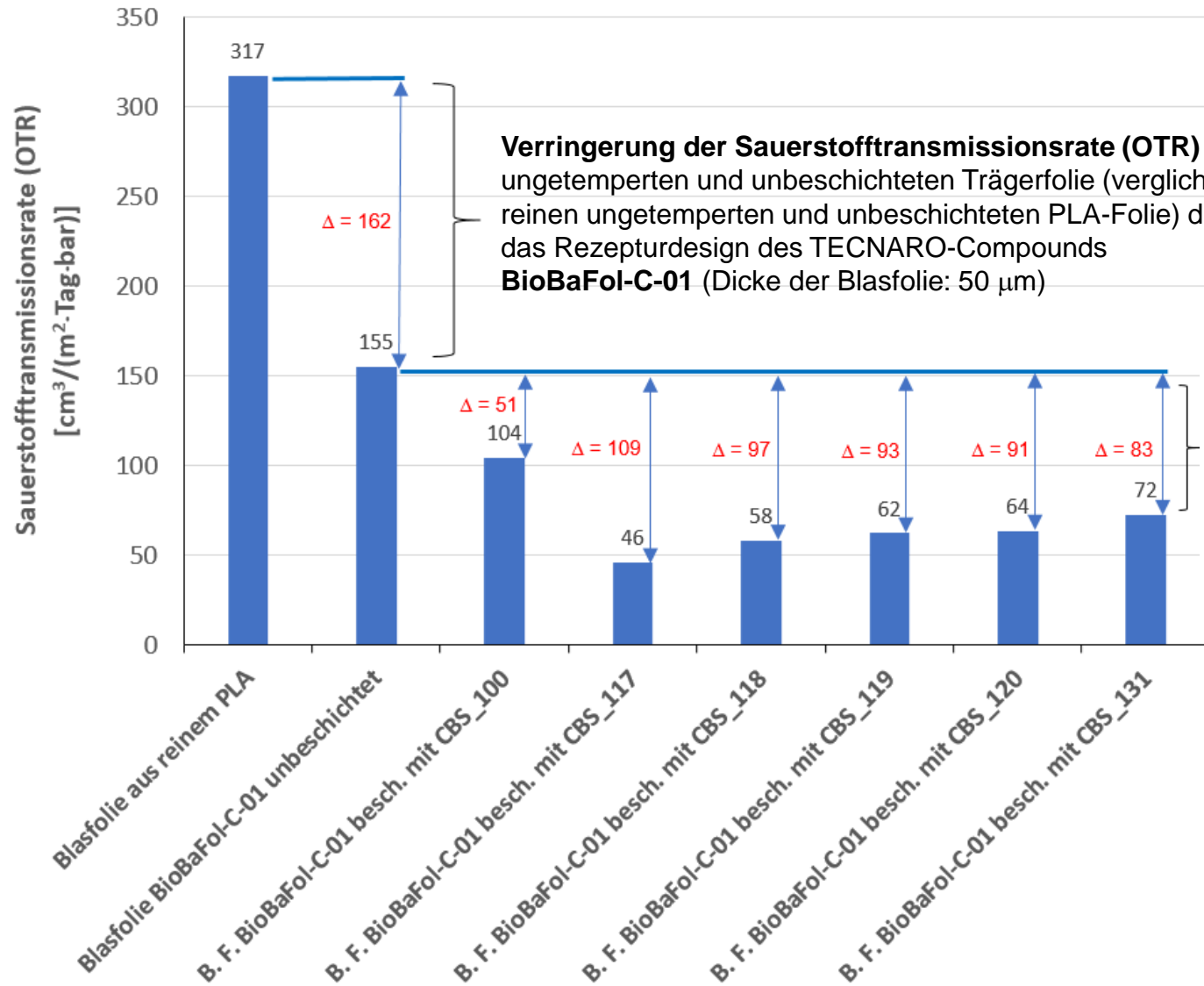


Verringerung der **Sauerstoffpermeationsrate** (im Vergleich zur reinen PLA-Folie) aufgrund der Zusammensetzung der PLA-basierten TECNARO Compounds

ISC: Messung der Sauerstofftransmissionsrate (OTR) an unbeschichteten Folien hergestellt aus TECNARO Compounds: Temperungseffekte



Verringerung der OTR durch die Zusammensetzung und Struktur der Trägerfolie und weitere OTR-Abnahme durch die bioORMOCER®-Schichten



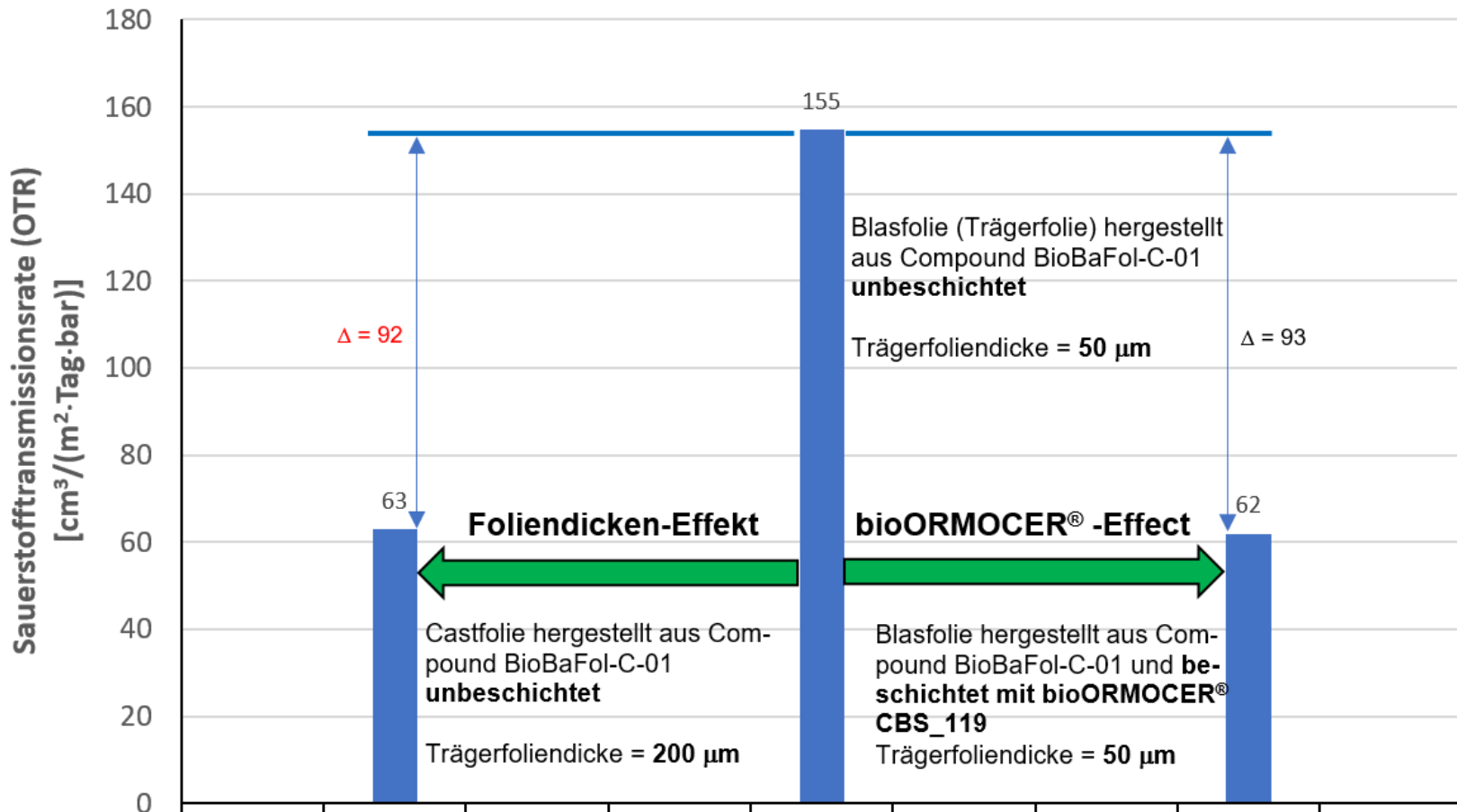
Verringerung der Sauerstofftransmissionsrate (OTR) in der ungetemperten und unbeschichteten Trägerfolie (verglichen zur reinen ungetemperten und unbeschichteten PLA-Folie) durch das Rezepturdesign des TECNARO-Compounds **BioBaFol-C-01** (Dicke der Blasfolie: 50 µm)

Weitere OTR-Abnahme verursacht durch die **bio-ORMOCER®e** und durch **Temperungseffekte in der Trägerfolie**
 Dicke der Trägerfolie: 50 µm,
 Dicke der Beschichtung: 2 - 3 µm

OTR Verringerungseffekte verursacht durch die Trägerfoliendicke bzw. durch die bioORMOCER® Beschichtung



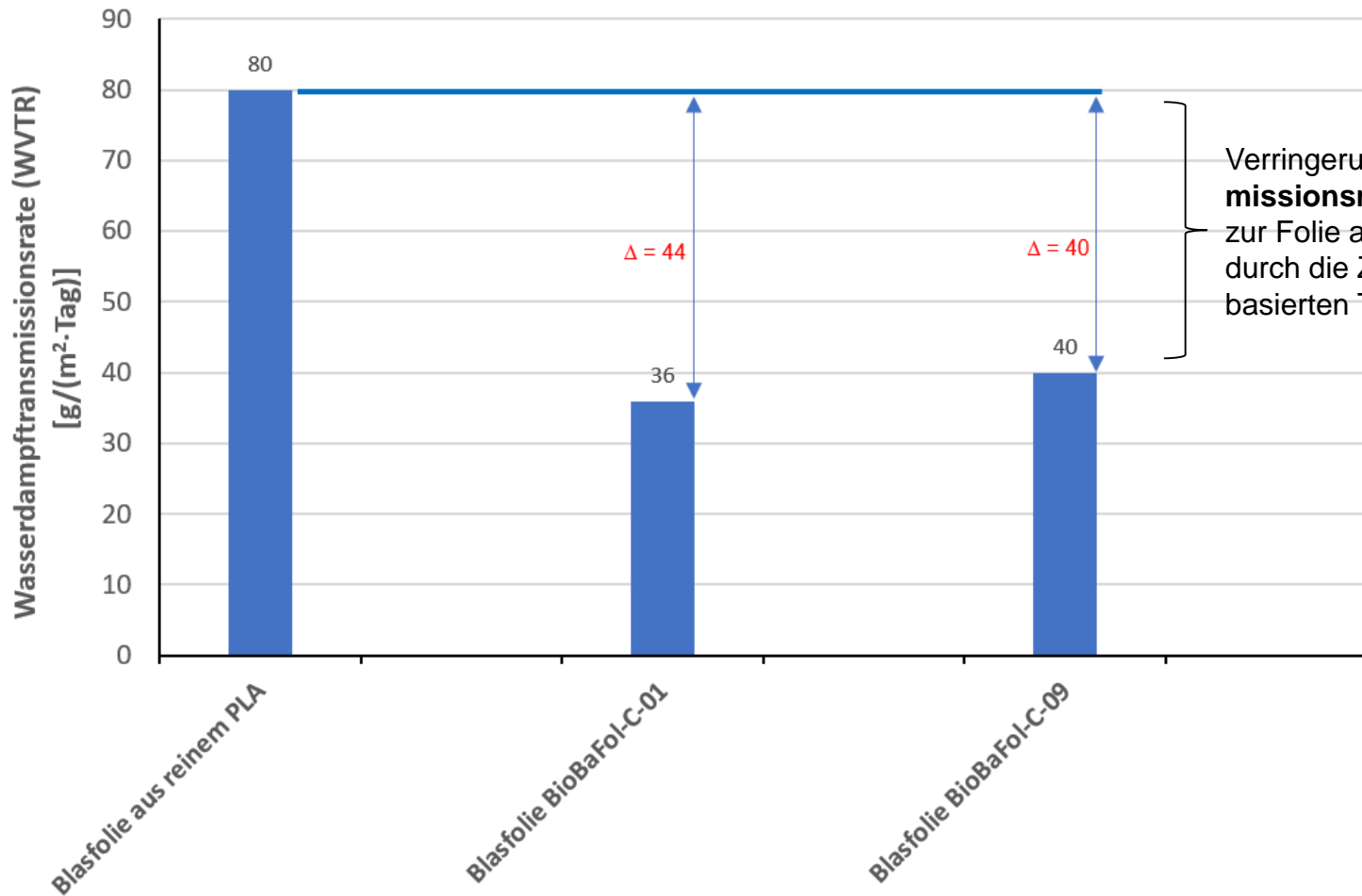
Die bioORMOCER®-Beschichtung ermöglicht eine Materialeinsparung für die Trägerfolie, wobei die gleiche OTR im Vergleich zur dickeren, unbeschichteten Trägerfolie erreicht wird



Wasserdampftransmissionsrate (WVTR) von unbeschichteten Blasfolien hergestellt aus TECNARO Compounds

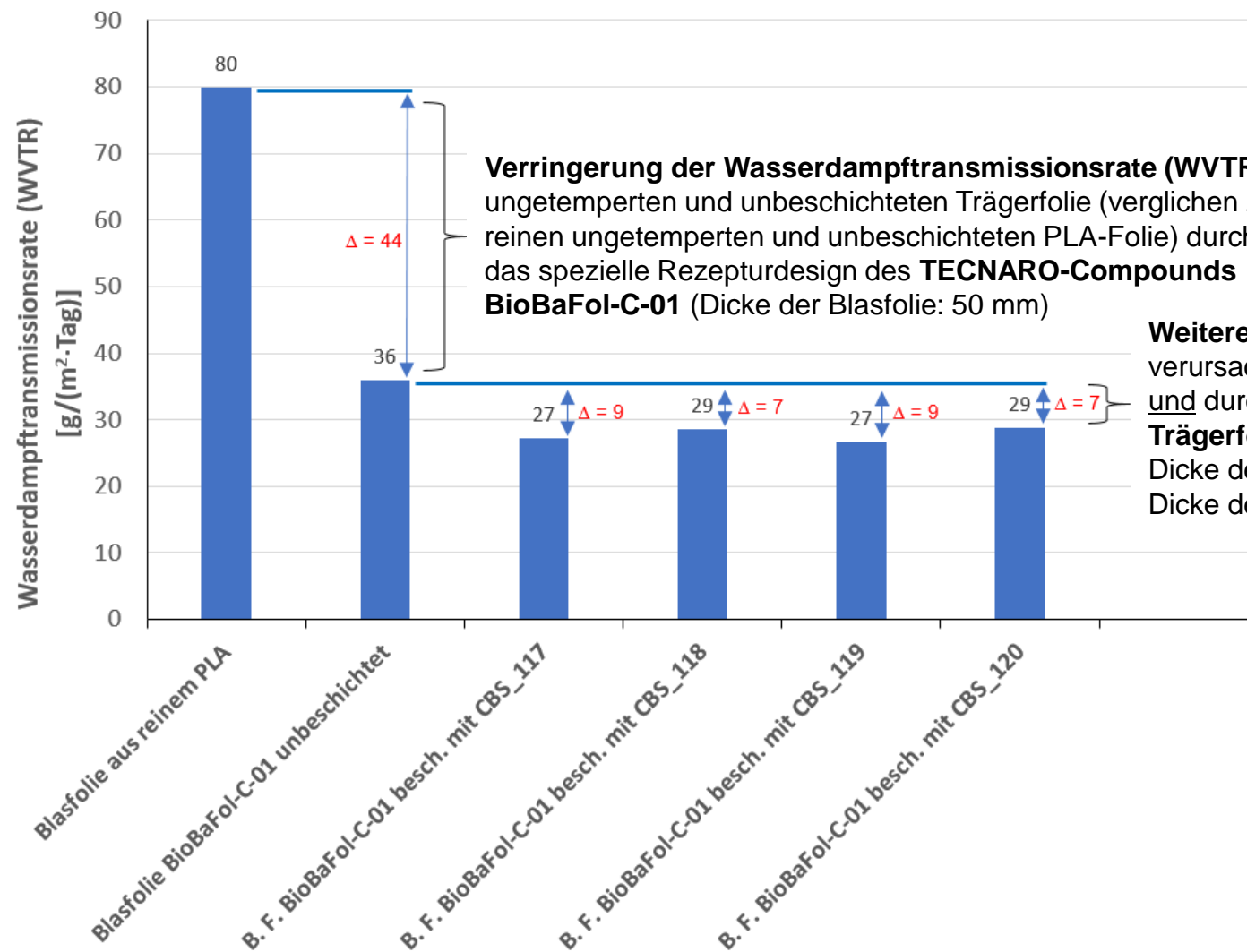


Unbeschichtete Blasfolien hergestellt aus TECNARO Compounds verglichen mit einer Folie hergestellt aus reinem PLA, Foliendicken: 50 μm



Verringerung der **Wasserdampftransmissionsrate (WVTR)** (im Vergleich zur Folie aus reinem PLA) verursacht durch die Zusammensetzung der PLA-basierten TECNARO Compounds

Verringerung der WVTR durch die Formulierung und Struktur der Trägerfolie und weitere WVTR-Abnahme durch die bioORMOCER®-Schichten



Verringerung der Wasserdampftransmissionsrate (WVTR) in der ungetemperten und unbeschichteten Trägerfolie (verglichen zur reinen ungetemperten und unbeschichteten PLA-Folie) durch das spezielle Rezepturdesign des **TECNARO-Compounds BioBaFol-C-01** (Dicke der Blasfolie: 50 mm)

Weitere WVTR- Abnahme verursacht durch die **bio-ORMOCER®e** und durch **Temperungseffekte in der Trägerfolie**
Dicke der Trägerfolie: 50 μm ,
Dicke der Beschichtung: 2 - 3 μm

Compounds von TECNARO und bioORMOCER®e von JenCAPS bzw. Fraunhofer ISC im Vergleich



TECNARO Compounds	bioORMOCER®e
Die bei den Folienherstellern vorliegende Technologie kann direkt eingesetzt werden . Die Compounds sind hierfür optimiert.	Investitionen zum Aufbau der Oberflächenmodifizierung durch Flammensilikatisierung und einer geeigneten Beschichtungstechnologie sind bei den Folienherstellern erforderlich .
Konformität der Compoundrezepturen zur Richtlinie EU 10/2011 einschließlich aller Amendments gegeben, direkter Kontakt mit Nahrungsmitteln ist deshalb erlaubt. Zusätzlich ist FDA-Konformität gegeben.	Rezepturen der bioORMOCER®e noch nicht konform zur Richtlinie EU 10/2011, deshalb noch kein direkter Nahrungsmittelkontakt erlaubt. Zulassungsverfahren bei EFSA und FDA müssten erst noch durchlaufen werden.
Weiterentwicklungen: Compounds mit Hochbarriere-Eigenschaften z. B. für Kaffee-Kapsel Anwendungen.	Weiterentwicklungen: bioORMOCER®e als Beschichtungen für papierbasierte Verpackungen von Kosmetikprodukten.
Compounds von TECNARO im Markt eingeführt, weitere Zusammenarbeit mit der Firma Südpack	bioORMOCER®e in bestimmten Kundenprojekten von JenCAPS im Zusammenspiel mit der Oberflächensilikatisierung eingesetzt.

Aktuelle Entwicklungen bei den bioORMOCER® Beschichtungen

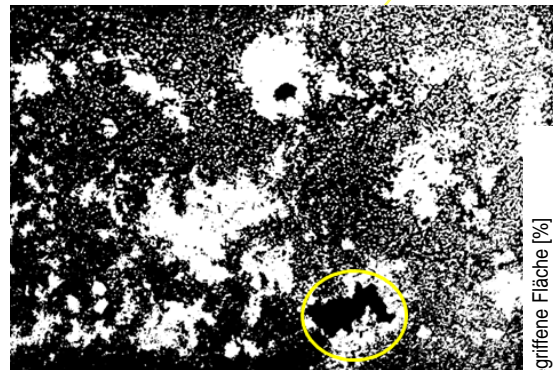


- Weiteres Upscaling, bis zu 100 kg
- Einsatz verschiedener Biomoleküle bei der Synthese
- Qualifizierung von bioORMOCER®-Beschichtungen auf PLA für Automobilanwendungen (InnPressMe-Projekt, weitere Infos: ferdinand.somorowsky@isc.fraunhofer.de)
- Mehrere industrielle Kooperationsprojekte zu bioORMOCER®en, insbesondere mit papierbasierten Werkstoffen

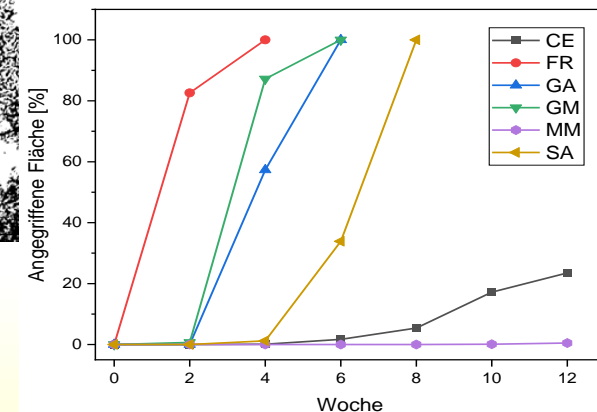


Anwendungen für papierbasierte Verpackungen im Kosmetikbereich

Mikroskopische Auswertung des Degradationsverhaltens



- Untersuchung des biologischen Abbaus unter Heimkompostbedingungen

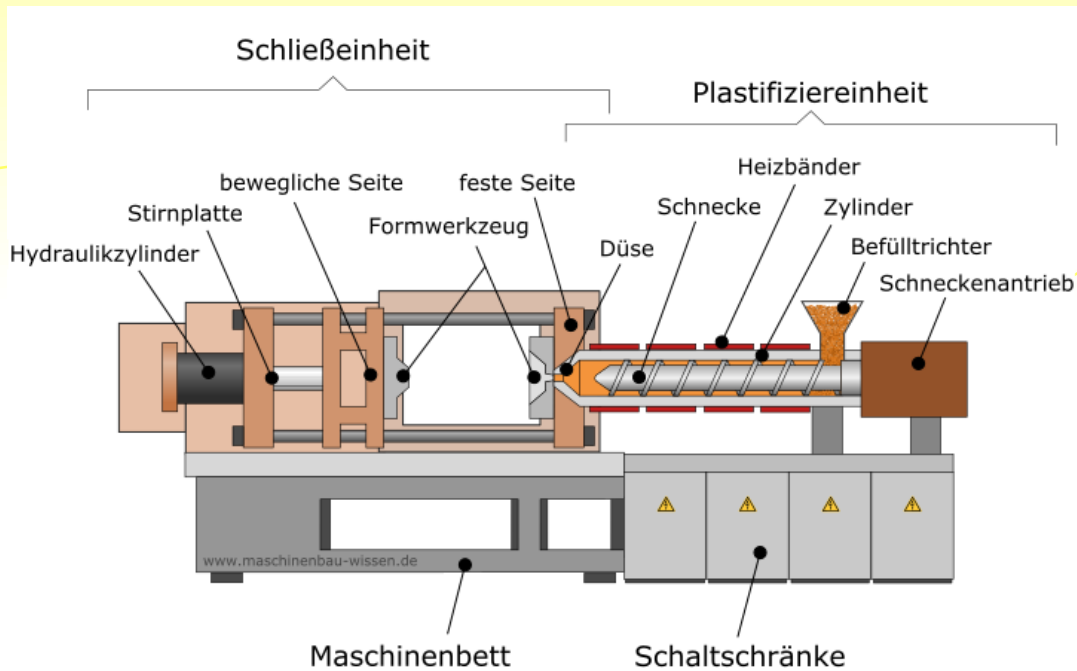


Wirtschaftliche Verwertung der Compounds von Tecnar im Bereich der Lebensmittelkontaktanwendungen



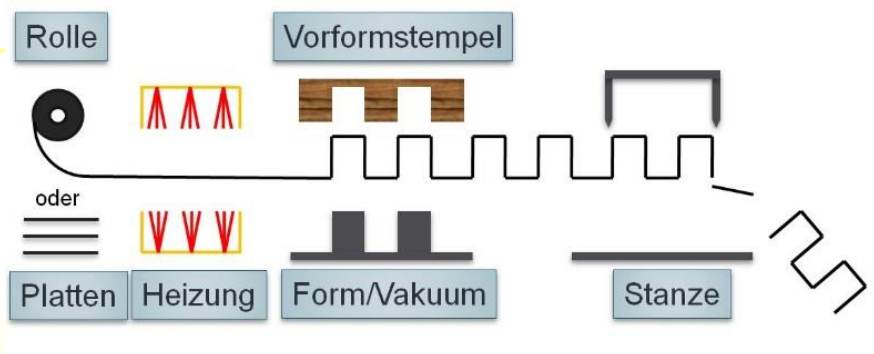
- Bedarfsgegenstände für **Lebensmittelkontaktanwendungen**: wärmeformbeständiges Geschirr, Essschalen, Kaffeekapseln.
- **Weiterentwicklung** der im Projekt entwickelten Compounds im Hinblick auf die Barriere-Eigenschaften ist erfolgt.
- Kein Einsatz von **bioORMOCER®**en wegen fehlender Lebensmittelkonformität

ARBOBLEND®: Kaffee-Kapseln



Kaffee-Kapseln aus weiterentwickelten ARBOBLEND®-Rezepturen mit hoher Sauerstoffbarriere

Spritzgießen oder Weiterverarbeitung von Folien durch Thermoformen



Vielen Dank!



...it 's a new day...

TECNARO GMBH
www.tecnaro.de
E-Mail: info@tecnaro.de
Tel. 07062/97687-0