



Patrick Stolz, M. Sc.
Steven Zimmer, M. Sc.
Lisa Leuchtenberger, M. Sc.
Dr.-Ing. Malte Schön
Prof. Dr.-Ing. Christian Hopmann

SmellStop

Geruchsreduzierung als Schlüsseltechnologie für den Einsatz von
rezykliertem Post-Consumer Polyethylen

24.01.2024



Aus der Kaffeeküche: „Herausforderung Verpackungsrecycling“

„Die Politik:“

Wir wollen mehr PCR in unseren Verpackungen!



Auch „die Politik“:

Wenn die Verpackung nach gelbem Sack riecht:



Die Herausforderung im Verpackungsrecycling

Ziel: Steigender Rezyklat-Gehalt in Verpackungen

Stoffkreislauf von Verpackungsfolien aus dem gelben Sack

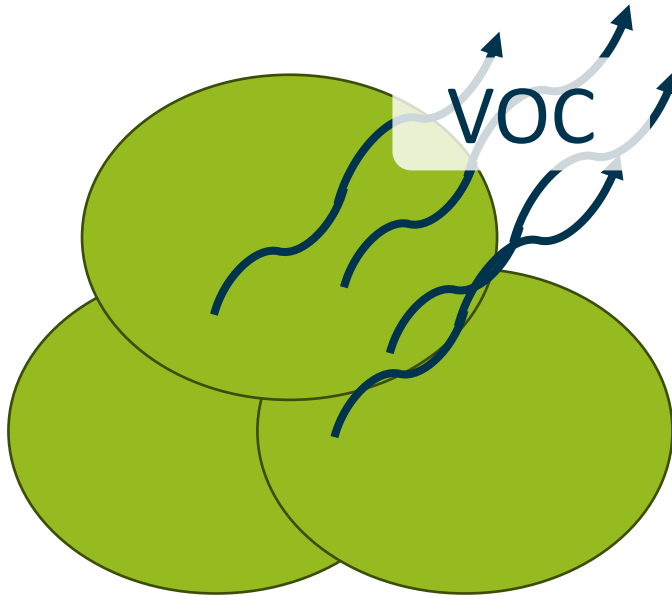


Aber: Verpackung darf nicht nach gelbem Sack riechen!

Wie können Gerüche aus Rezyklat entfernt werden?



Volatile Organic Compounds (VOC) in Kunststoffen

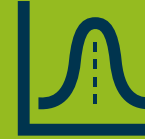


- VOC sind „Hauptverdächtige“ für Gerüche, können in allen Teilschritten des Recyclings entstehen
- Entfernung der VOC wird begünstigt durch
 - Hohe Temperaturen
 - Große Oberflächen
 - Lange Behandlungszeiten
 - Geringe Partialdrücke
- Mögliche Maßnahmen (Auswahl):
 - Thermisch vorbehandeln
 - Schmelze (Vakuum-)entgasen

Reduktion von Gerüchen in Rezyklat aus gelbem Sack

Forschungsfragen

- Welche Substanzen verursachen Geruch?
- Wo kommen Sie her?



- Welche Maßnahmen sind effektiv?
- Wie lassen sie sich weiter verbessern?



- Welche Maßnahmen sind kombinierbar?
- Welche Kombination ist die Sinnvollste?



Konsortialpartner SmellStop

Organisation



Laborversuche

Analytik geruchsaktiver Komponenten

KREYENBORG ★★

Stopftrichter zur
Rezyklatförderung

Industrielle IR-
Trocknungsversuche

rkW
WHEN EXCELLENCE
MATTERS

Industrielle
Blasfolienextrusion

3S Gas sensing
solutions

Optimierung von
Sensoren zur effizienten
Geruchsbewertung

Reifenhäuser

Industrielle
Flachfolienextrusion

coperion

Industrielle
Compoundierung
Behandlung im Dampfsilo

SIEGWERK

Bereitstellung Druckfarben
Rezeptur geruchsarmer
Druckfarben

Arbeitspakete

1 | Prävention der Geruchsbildung

- 1.1 | Gezielte Kontamination von Neuware
- 1.2 | Entgasung in Compoundierung von Flakes
- 1.3 | Dekontamination (Silo)

2 | Verfahrenstechnische Reduktion von VOCs

- 2.1 | Thermische Vorbehandlung (IRD)
- 2.2 | Entgasung in Verarbeitung zu Flachfolie
- 2.3 | Verarbeitung zu Blasfolie

3 | Analyse der VOCs

- 3.1 | Analyse kontaminierter Neuware
- 3.2 | Analyse vorbehandelter PCR

AP1.1 Gezielte Kontamination von Neuware

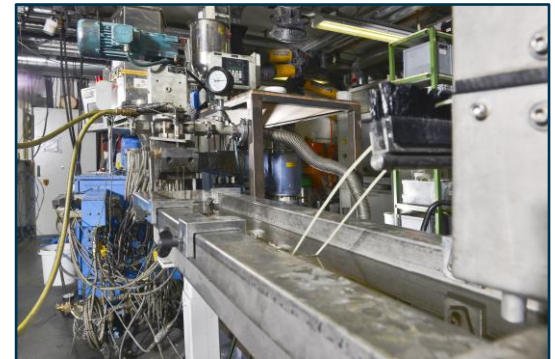
1 | Auswahl und zur Verfügungstellung geeigneter Kontaminanten (IKV, Siegwerk)

- Farbsysteme, Bindemittel, biotische und nicht-biotische Verbindungen



2 | Herstellung gezielt kontaminierter Compounds (IKV)

- DSE-Laboranlage



Four basic raw materials are used for printing inks



SOLVENTS
50 – 70%*

- Dissolve resins
- Keep ink liquid to support ink transfer
- Viscosity control
- Drying speed



RESINS
20 – 30%*

- Binder for pigment stabilization
- Film former
- Anchorage on the substrate



PIGMENTS
6 – 30%*

- Color



ADDITIVES
1 – 10%*

- Improving specific properties like adhesion, slip, scratch resistance, etc.

- **Nitrocellulose (NC)**
- Polyurethane resins (PUR)
- Polyvinyl chloride resins (PVC)
- Ethyl cellulose (EC), Cellulose acetate propionate (CAP) and -butyrate (CAB)
- Polyvinyl butyral resins (PVB)
- Polyacrylate resins
- Polyamide resins (PA)

→ What are the best alternatives for NC in a future where more printed plastic packaging gets recycled?

* percentage as order of magnitude

AP1.1 Gezielte Kontamination von Neuware

3 | Anpassung der Druckfarben und Prüfung der Geruchsverbesserung (Siegwerk, IKV)

- Zusammenhang Hitzestabilität – Geruchsbelastung
- Evaluierung von Rückständen löslicher Farbsysteme bei verschiedenen Rezepturen/Waschvorgängen



4 | Anpassung / Bereitstellung Stopfwerk (Kreyenborg)

- Förderung von PE-Folienflakes



AP1.2 Entgasung in der Compoundierung von Flakes

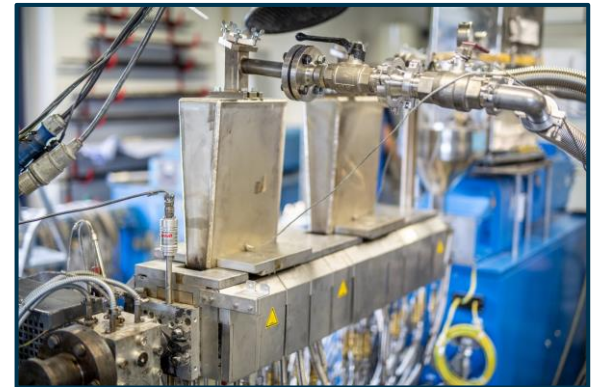
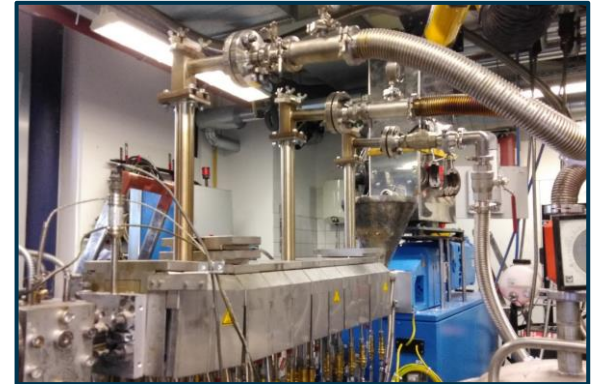
1 | Entwicklung geeigneter Entgasungsstrategie für gezielt kontaminiertes Material (IKV, Coperion)

- Welche flüchtigen Komponenten entstehen in der Compoundierung?
- Welche lassen sich durch Entgasung entfernen?
- Welche verbleiben im Kunststoff?

2 | Anpassung der Entgasungsstrategie auf PCR-PE-Flakes (Coperion, IKV)

3 | Entgasung und Regranulierung im industriellen Maßstab

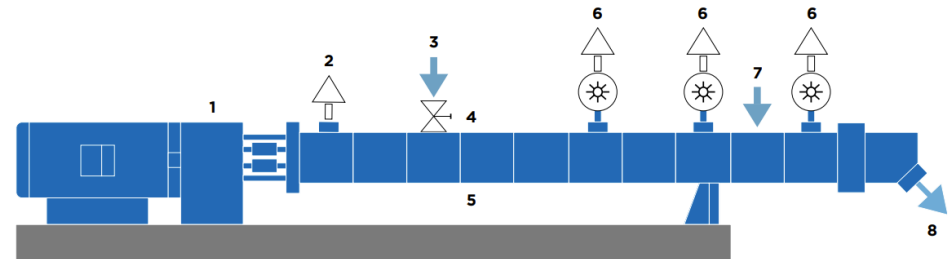
- Welche Geruchsreduktion von PCR ist durch optimierte industrielle Compoundierung möglich?



AP1.2 Entgasung in der Compoundierung von Flakes

4 | Anlagennahe Erfassung von Gerüchen mittels elektronischen Sensors (3S, IKV)

- Optimiertes und kalibriertes Gassensorsystem / GC-MS
- Qualitative Erfassung der Produktqualität in Abhängigkeit der Geruchsintensität



OdorCheckerSpot - OCS

Bewertung von Gerüchen/Schadstoffen an Produkten und Materialien



Abmessungen Grundgerät (o. Kammer):
B x H x T = 465 x 198 x 315 mm



Integrale Prüfung mittels Prüfkammer (nicht gezeigt)

Anlernen des Systems an humansensorischen Eindruck

Branchen: Kosmetik, Kunststoff, Automotive, Lebensmittel, Konsumgüter etc.

AP1.3 Dekontamination

1 | Silolagerung der Folienflakes (Coperion, IKV)

- Erhöhte Temperatur und Wasserdampf

2 | Herstellung dekontaminierter PCR-Regranulate und Geruchsanalyse (IKV)



- Welche Geruchsreduktion von PCR ist durch Silolagerung/Wasserdampf möglich?

15.000
INSTALLIERTE
COMPOUNDIER
SYSTEME



> 300 INSTALLIERTE
WASCHLINIEN

10.000
INSTALLIERTE
SCHÜTTGUTANLAGEN



20.000 INSTALLIERTE
DOSIER- UND
WÄGELÖSUNGEN



AP2.1 Thermische Vorbehandlung

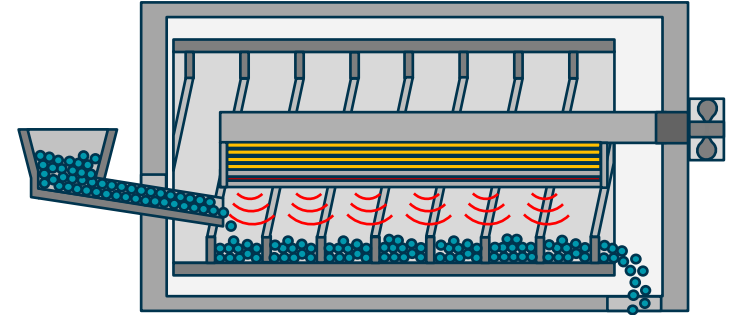
1 | Versuchsplan zur thermischen Vorbehandlung mit IRD (Kreyenborg, IKV)

- Trocknung & Reduktion der VOCs durch Einbringung von Temperatur mittels IR

2 | Wärmeverbehandlungsversuche im Labormaßstab (IKV)

3 | Wärmeverbehandlungsversuche im industriellen Maßstab (Kreyenborg)

- Welche Geruchsreduktion von PCR ist durch optimierte industrielle Wärmeverbehandlung möglich?



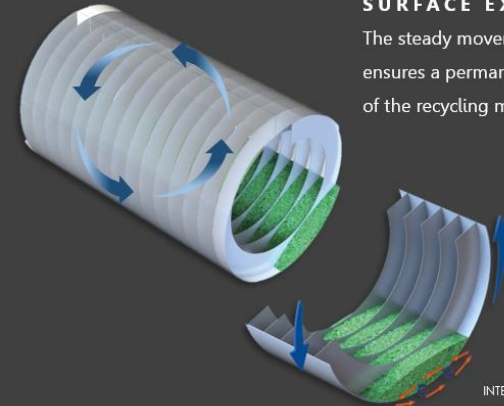
Unsere Kompetenzen

- KREYENBORG stellt seit über 70 Jahren Maschinen zum Mischen und Fördern von Schüttgütern her. Wir sind spezialisiert auf innovative Lösungen für die thermische Behandlung, Trocknung, Mischung und Lagerung von anspruchsvollen Schüttgütern in der Kunststoff-, Lebensmittel- und chemischen Industrie.
- Ein Ergebnis unserer Forschung ist die Infrarot-Technologie. Dieses innovative Verfahren zur thermischen Behandlung von Schüttgütern kombiniert Erwärmung, Trocknung, Kristallisation und Dekontaminierung von Polymeren in Minuten statt in Stunden, was im Vergleich zu herkömmlichen Systemen einen erheblichen Fortschritt in Bezug auf Effizienz und Qualität darstellt.



FIRST-IN / FIRST-OUT:

The internal helix welded into the rotary drum guarantees a homogeneous mass flow with a defined residence time



SURFACE EXCHANGE:

The steady movement of the material ensures a permanent surface exchange of the recycling material to be treated

INTERNAL HELIX OF THE ROTARY DRUM, IN DETAIL

AP2.2 Entgasung in Verarbeitung zu Flachfolie

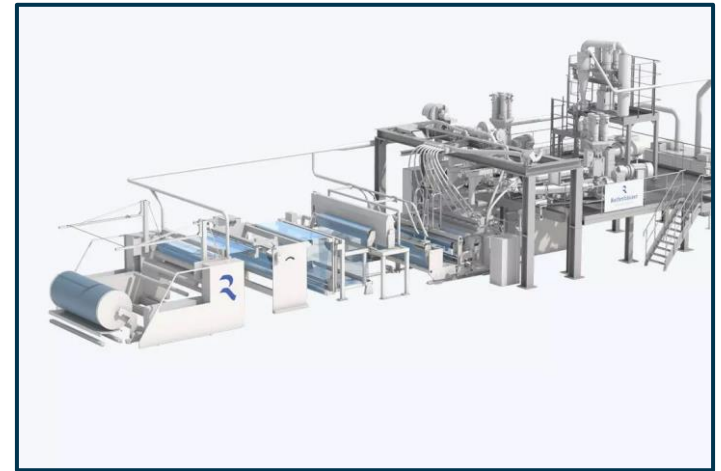
1 | Anpassung der Schneckenkonfiguration für die Flachfolienherstellung mit Entgasung (Reifenhäuser)

- Entgasung während der Flachfolienextrusion

2 | Versuchsplan für die Flachfolienextrusion (Reifenhäuser)

3 | Untersuchung der Prozessparameter zur Geruchsminimierung in der Flachfolienextrusion (Reifenhäuser)

4 | Analyse der Geruchsbelastung während der Herstellung und im Produkt (Reifenhäuser, 3S)



- Welche Geruchsreduktion von PCR ist durch optimierte Prozessführung bei der (industriellen) Flächenfolienextrusion möglich?

Größtes Kompetenznetzwerk

Experten in der Extrusionstechnologie



Extrusion Systems

Unsere Spezialisten für hochwertige Komponenten für Extrusion und Spritzguss



Reicofil

Innovative Spinnvlies-, Meltblown- und Compositeanlagen



Cast Sheet Coating

Anlagen für Gießfolien, Glättwerksfolien und Extrusionsbeschichtungen



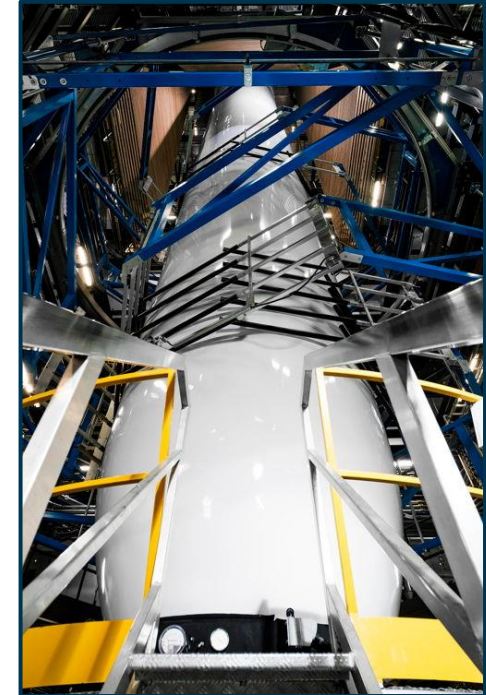
Blown Film

Hochqualitative Blasfolienanlagen



AP2.3 Verarbeitung zu Blasfolie

- 1 | Versuchsplan für die Blasfolienextrusion mit kontaminierter Neuware (IKV)**
- 2 | Versuchsplan für die Blasfolienextrusion mit vorbehandeltem PCR-Regranulat (IKV, RKW)**
- 3 | Versuche auf Labor-Blasfolienanlage (IKV)**
- 4 | Blasfolienherstellung mit vorbehandelten PCR-Regranulaten in industriellem Maßstab (RKW)**
- 5 | Analyse der Geruchsbelastung während der Herstellung und im Produkt (RKW, 3S)**



- Welche Geruchsreduktion von PCR ist durch optimierte Prozessführung bei der (industriellen) Blasfolienproduktion möglich?

AP3.1 Analyse kontaminierter Neuware

- 1 | Analyse kontaminierter Compounds mittels GC-MS (IKV)
- 2 | Charakterisierung der durch Kontamination entstandenen Substanzen (IKV, Siegwerk)
- 3 | Kalibrierung und Optimierung des mobilen Sensors zur Geruchsintensitätsanalyse (3S)
- 4 | Analyse der im Prozess erfassten Daten (IKV, 3S)

- Welche chemischen Stoffe/Reaktionen sind für das menschliche Empfinden des „Gelber-Sack-Geruchs“ verantwortlich?



AP3.2 Analyse vorbehandelter PCR

1 | Analyse vorbehandelter PCR-Regranulate mittels GC-MS (IKV)

- Vergleich zu kontaminierten Compounds, Einschätzung der Wirksamkeit der Vorbehandlung

2 | Kalibrierung und Optimierung des mobilen Sensors zur Geruchsintensitätsanalyse (3S)

3 | Analyse der im Prozess erfassten Daten (IKV, 3S)

- Welche Stoffe/Reaktionen finden sich in industrieller PCR-Verarbeitung wieder und sind dort für das menschliche Empfinden des „Gelber-Sack-Geruchs“ verantwortlich?

Zusammenfassung | Zielbilder & Impact

- „Gelber-Sack-Geruch“ stellt große Hürde beim Einsatz von PCR-Polyethylenen dar
- „Chemischer“ Ursprung des Geruchs sowie effiziente Bekämpfungsstrategien unklar
- Daher: SmellStop-Vorhaben mit Partnern in den Bereichen
 - Analyse & Geruchsquantifizierung & Druckfarben-Zusammensetzung,
 - Vorbehandlung & Doppelschnecken-Aufbereitung & Folienextrusion
- Zielbilder & Impact:
 - *„Effizienteste Geruchsbekämpfung ist ___ Stunden im Dampfsilo, ___ Minuten im IR-Trockner, Extrusion bei ___ Grad mit Entgasung des Typs ___“*
 - Erlaubt Optimierung industrieller Prozesse
 - *„Größter Geruchstreiber ist Stoff ___ in Kombination mit ___“*
 - Erlaubt Optimierung der industriellen Prozesse und Verpackung-Füllstoff-Kombinationen

Denkbare Kooperationen?

- **Upstream:**
 - Einfluss Sortierung auf Geruch?
 - Einfluss „Advanced mechanical recycling“ auf Geruch?
- **Downstream:**
 - Einfluss Vorbehandlung auf „advanced mechanical recycling“ & chem. Recycling?