

Konferenzband zur 15. Recy & DepoTech-Konferenz, Montanuniversität Leoben,
Österreich sowie virtuelle Konferenzwelt auf meetyoo, 18. - 20. November 2020



Recycling & Abfallverwertung
Abfallwirtschaft & Ressourcenmanagement
Deponietechnik & Altlasten
Internationale Abfallwirtschaft

Herausgeber

Roland Pomberger, Josef Adam, Alexia Aldrian, Michael Altendorfer, Alexander Curtis, Tudor Dobra, Karl Friedrich, Lisa Kandlbauer, Karl E. Lorber, Selina Möllnitz, Thomas Nigl, Renato Sarc, Theresa Sattler, Sandra Viczek, Daniel Vollprecht, Thomas Weißenbach und Martin Wellacher.



*Abfallverwertungstechnik
& Abfallwirtschaft*

EIGENVERLAG

Erfassung, Satz und Seitenlayout der einzelnen Manuskripte dieses Konferenzbandes lagen in der Verantwortung der jeweiligen Autoren.

Vervielfältigung und Verwendung der Texte und Bilder, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Lehrstuhls für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft der Montanuniversität Leoben gestattet.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden im gesamten Konferenzband alle Namen ohne akademische Grade angegeben.

© Copyright 2020

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft (AVAW)
Franz-Josef-Straße 18, 8700 Leoben, Österreich
Telefon: +43 (0) 3842 / 402-5101, Telefax: +43 (0) 3842 / 402-5102,
E-Mail: avaw@unileoben.ac.at, Internet: <https://www.avaw-unileoben.at/>



Abfallverwertungstechnik
& Abfallwirtschaft
EIGENVERLAG

Gedruckt in Österreich

DGS - Druck u. Graphikservice GmbH
Hardegasse 69, 1220 Wien, Österreich
Oktober 2020



ISBN: 978-3-200-07190-2

Nachhaltige Verpackungen – Materialeffizienz anhand Vorbild Natur?!

N. Wild & M. Feuchter

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe, Leoben, Österreich

I.C. Gebeshuber, C. Adami & M. Vasiljevic

Technische Universität Wien, Institut für Angewandte Physik, Wien, Österreich

P. Schindler & A. Póczy

Fraunhofer Austria Research GmbH, Logistiksysteme und Transport, Wien, Österreich

M. Macqueen

AN-COR-TEK Ltd., Wien, Österreich

H. Pammer & J. Dobretsberger

Pammer Verpackungstechnik GmbH., Linz, Österreich

A. Brandstätter

Lenzing Plastics GmbH & Co KG, Lenzing, Österreich

KURZFASSUNG: In Österreich fallen jährlich rund 1,34 Millionen Tonnen Verpackungsabfälle an, davon entfallen 22 % auf Kunststoffverpackungen. Die Menge dieser ist von 2011 bis 2016 um circa 10 % gestiegen (BMK, 2020). Um diesem Trend entgegen zu wirken, müssen nachhaltige Verpackungskonzepte entwickelt werden. Im Zuge des Forschungsprojektes EFFIE (Effizientere, biobasierte und recycelbare Stretchfolie) soll zusammen mit der Fraunhofer Austria Research GmbH, dem Institut für angewandte Physik der TU Wien, der Pammer Verpackungstechnik Gesm.b.H und der Lenzing Plastics GmbH & Co KG ein nachhaltiges Verpackungskonzept für Stretchfolien entwickelt werden. Die Schwerpunkte liegen auf der Anwendbarkeit von Biokunststoffen als Folienmaterial, sowie einer biomimetisch angehauchten Strukturierung der Folien, welche zur Materialeinsparung beitragen soll. Ziel von EFFIE ist eine Reduktion des Einsatzes von auf fossilen Rohstoffen basierenden Wickelfolien für die Verpackung bzw. Sicherung von Ladeeinheiten um 30 % im Jahr 2025 im Vergleich zum Jahr 2016.

1 EINLEITUNG

Aufgrund eines Aufwärtstrends des Transportaufkommens in Österreich wird ein Zuwachs des Stretchfolienverbrauchs erwartet. Stretchfolien sind prozessbedingt ein reines Einwegprodukt, da diese nach dem Transport aufgeschnitten, entfernt und entsorgt werden. Um dem Anstieg der Stretchfolienabfälle entgegen zu wirken, ist es notwendig ein neuartiges und nachhaltiges Designkonzept zu entwickeln. Dazu sollen in diesem Projekt neben einer geeigneten Materialauswahl auch biomimetische Strukturen in die Folie eingebracht werden, um die Materialeffizienz, die Energieeffizienz und die Recyclingfähigkeit zu steigern.

2 NACHHALTIGES DESIGN VON STRETCHFOLIEN

2.1 Anforderungen

Um die Grundanforderungen an das Verpackungsmaterial festzulegen, wurden für dieses charakteristische mechanische und thermische Kennwerte in einem Materialsteckbrief definiert. Insbesondere die Bruchdehnung, die Zugfestigkeit, der Weiterreißwiderstand und die Temperaturbeständigkeit sind wichtige Bewertungsparameter. Im ersten Schritt wurden die ausgewählten Kennwerte, von bereits am Markt erhältlichen Maschinenstretchfolien ermittelt, um Referenzwerte für die Materialauswahl zu erhalten.

2.2 Materialauswahl

Im Sinne der Nachhaltigkeit liegt der Fokus bei der Materialauswahl auf Biokunststoffen. Mit Berücksichtigung, der zuvor ermittelten Referenzwerte, sind mehrere Biokunststofftypen (biobasiert, bioabbaubar) ausgewählt und zu Folien verarbeitet worden. Um die Eignung als Material für Stretchfolien zu überprüfen, werden die in einem Materialsteckbrief zusammengefassten erforderlichen Eigenschaften für alle vorhandenen Materialien überprüft und miteinander verglichen. Folgende Materialien wurden ausgewählt (siehe Tab. 1):

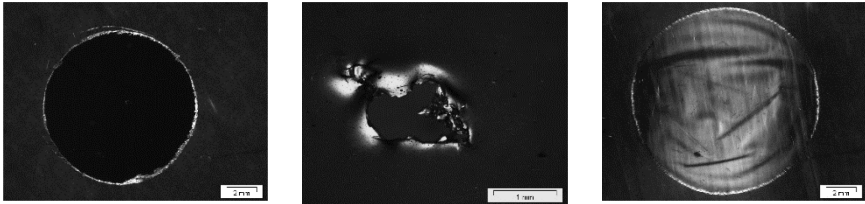
Tab. 1: Ausgewählte Biopolymere und Referenzfolien.

Probebezeichnung ¹	Typ
P1	PLA Compound (BioFlex)
P2	Stärke Compound
P3	PLA Compound
P4	PLA
P5	PBS
R1	Stretchfolie (petrochemisch basiertes LDPE)
R2	Stretchfolie (mit 80 % biobasiertem Anteil; LDPE)
R3	LDPE Folie (petrochemisch basiert)

2.3 Strukturierung

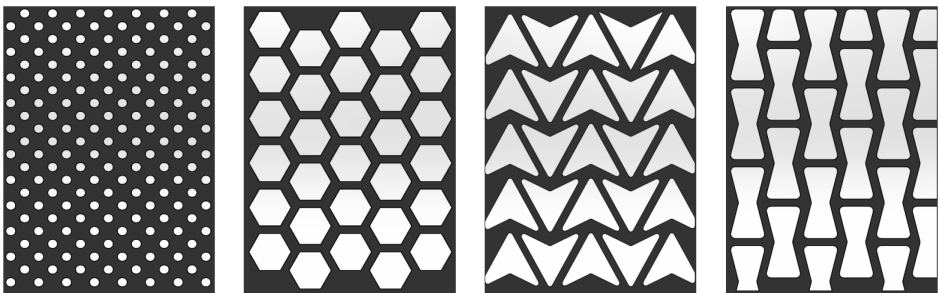
Durch die Strukturierung von Folien sollen die Stabilität und die Materialeinsparung zur Verpackung und Sicherung von Ladegut und Ladeinheit mittels Stretchfolie qualitativ verbessert werden. Bei der Strukturierung von Folien ist vor allem die Einbringung dieser und die Muster dieser zu beachten.

Bei der Einbringung der Strukturen wurden unterschiedliche Methoden untersucht, welche in eine LDPE-Folie mit einer Stärke von 20 µm (R3) eingebracht wurden. Einerseits erfolgte die Strukturierung mit Materialverlust (Perforierungen) und andererseits ohne Materialverlust (mittels Druckluft). Das Perforieren der Folie erfolgte mithilfe von Stanzwerkzeugen (Raumtemperatur) oder Nadeln bei erhöhten Temperaturen (140 °C). Im Zuge von mikroskopischen Untersuchungen wurde jedoch festgestellt, dass durch diesen Prozess eine Vielzahl von Rissspitzen in die Folie eingebracht wurden (siehe Abb. 1a und 1b). Mithilfe von Überdruck erfolgte die Mustereinbringung ohne Materialverlust. Dadurch wurden keine Rissspitzen erzeugt, es konnten aber Spannungserhöhungen entlang der Konturen unter polarisiertem Licht festgestellt werden (siehe Abb. 1c).



(a.) (b.) (c.)
 Abb. 1.: Strukturen abhängig von deren Einbringprozess (a. Stanzwerkzeug, b. erwärmte Nadeln, c. Druckluft).

Neben der Einbringung beeinflussen vor allem die ausgewählten Muster die Eigenschaften der Folie. Neben kreisförmigen Strukturen wurden vor allem in der Natur vorkommende Muster ausgewählt (siehe Abb. 2). Die ausgewählten biomimetisch angehauchten Strukturen weisen unterschiedliche Eigenschaften auf, welche für das Design nützlich sein könnten. Beispielsweise dehnen sich auxetische Muster quer zur Streckrichtung aus, wodurch die Einschnürung der Folie verringert werden könnte. Weiters können die Muster dazu dienen den Spannungsverlauf innerhalb der Folie zu lenken, wodurch Kräfte gezielt auf hochbelastete Stellen geführt werden können.



(a.) (b.) (c.) (d.)
 Abb. 2: Beispiele für eingebrachte Strukturen (a. kreisförmige Struktur S1; b. Honigwabenstruktur S2, c. auxetische Struktur S3; d. auxetische Struktur S4).

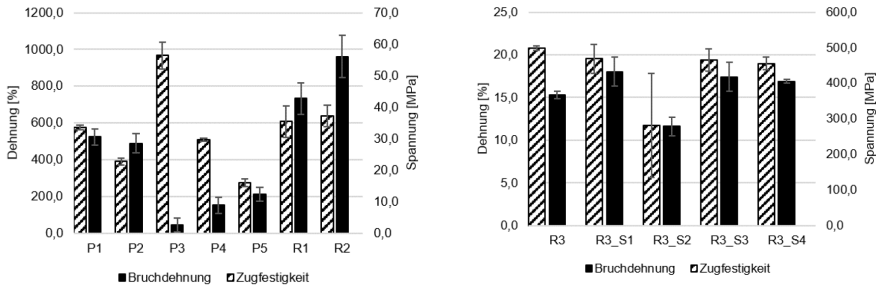
2.4 Ergebnisse

Die durchgeführten Zugversuche zeigen, dass die Bruchdehnung und die Zugfestigkeit der getesteten Biopolymeren unter jenen der Referenzmaterialien liegen.

Der PLA Compound (P1) und der Stärke Compound (P2) (siehe Abb. 3a) könnten als Materialien für Stretchfolien trotzdem interessant sein, da sie ausreichend hohe mechanische Werte aufweisen, welche durch ein geeignetes Design weiter verbessert werden könnten. Weitere Materialtests (Weiterreißwiderstand, Temperaturbeständigkeit, etc.) werden an diesen Polymeren durchgeführt, um eine klare Aussage über die Eignung des Materials machen zu können.

Abhängig von der Struktureinbringung und der Muster, weisen die Folien unterschiedliche mechanische Eigenschaften auf (siehe Abb. 3b). Perforationen senken die mechanische Performance der Folie deutlich. Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch den Materialabtrag Rissspitzen in die Folie eingebracht werden. Dadurch ergeben sich eine Vielzahl von starken Spannungsüberhöhungen. Diese lokalen Spannungsüberhöhungen führen schließlich zu einem abrupten Versagen der ganzen Folie.

Folien mit Strukturen ohne Materialaustag weisen ein ähnliches Eigenschaftsprofil auf wie vollflächige Folien. Abhängig von der Struktur wird die Zugfestigkeit leicht erhöht und die Bruchdehnung etwas vermindert. Weiters kann beobachtet werden, dass die Einschnürung der auxetisch strukturierten Folien bis zu Dehnungen von 150 % unter jener von vollflächigen Folien liegt, wobei dies stark vom verwendeten Material abhängig ist.



(a.)

(b.)

Abb. 3: Ergebnisse aus den Zugversuchen (a. Biopolymere im Vergleich zu Referenzmaterialien, Probenbreite 15 mm; Prüfgeschwindigkeit 50 mm/min; b. Vergleich der Strukturierungen, Probenbreite 45 mm, Prüfgeschwindigkeit 50 mm/min).

3 SCHLUSSFOLGERUNG BZW. ZUSAMMENFASSUNG

Grundsätzlich sind Stretchfolien aus Biopolymeren nur vereinzelt am Markt zu finden und bestehen vorwiegend aus Bio-LDPE. In Versuchen hat sich gezeigt, dass auch weitere Biopolymertypen in diesem Bereich eingesetzt werden können - denkbar wären hier auch biologisch abbaubare Typen. Um dies nachzuweisen, sind noch weiterführende Untersuchungen nötig. Der derzeitige große Nachteil von Biopolymeren liegt in deren Kosten, welche deutlich über jenen von petrochemisch basierten Polymeren liegen. Eine Möglichkeit diese Kosten einzusparen ist: das Design zu verändern. Erste Designkonzepte zeigen, dass Strukturen Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften der Folie und die Spannungsverteilung innerhalb der Folie haben. Dies könnte ausgenutzt werden, um die Kräfte zielgerichtet auf höher beanspruchte Stellen im Packgut zu lenken, um so die Transportsicherheit mit geringerem Materialeinsatz gewährleisten zu können.

4 DANKSAGUNG

Das Projekt EFFIE mit der Projektnummer 871446 wird von der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie im Rahmen des Förderprogrammes „Produktion der Zukunft“ gefördert.

LITERATUR

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) (2020) *Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich*, Statusbericht 2020, 52.

Sustainable packaging – nature as a role model for material-efficient design

N. Wild & M. Feuchter

Montanuniversitaet Leoben, Chair of Materials Science and Testing of Polymers, Leoben, Austria

I.C. Gebeshuber, C. Adami & M. Vasiljevic

Vienna University of Technology, Institute of Applied Physics, Vienna, Austria

M. Macqueen

AN-COR-TEK Ltd., Vienna, Austria

H. Pamminer & J. Dobretsberger

Pamminger Verpackungstechnik Ges.m.b.H., Linz, Austria

P. Schindler & A. Póczy

Fraunhofer Austria Research GmbH, Division Production and Logistics Management, Vienna, Austria

A. Brandstätter

Lenzing Plastics GmbH & Co KG., Lenzing, Austria

In Austria, around 1,34 million tonnes of packaging waste were collected in 2018, 22 % of which correspond to plastic packaging waste including stretch wraps for pallet packaging (BMK 2020). Especially, the amount of plastic, which is used for stretch wrapping of pallets in production and retail logistics, is a disposable packaging. Additionally, conventional plastics are largely based on fossil raw materials (crude oil, natural gas, coal). Thus, in terms of sustainability, a substitution of these fossil-based plastics by bio-based plastics as well as a sustainable design is essential and targeted by national and international policies. Hence, this topic offers a lot of potential for waste reduction and eco-friendly design.

Within the research project EFFIE (efficient, bio-based and recyclable stretch wrap) a sustainable design for stretch wraps shall be developed together with the Fraunhofer Austria Research GmbH, the institute of Applied Physics (Vienna University of Technology), the Pamminger Verpackungstechnik Ges.m.b.H., the Lenzing Plastics GmbH & Co KG and the AN-COR-TEK Ltd. The objective of EFFIE is to reduce the use of stretch wraps based on fossil raw materials for packaging and securing of load carriers by 30 % until 2025 compared to 2016. This shall be achieved through a combination of a suitable bio-based material and a biomimetic structure.

Acknowledgment: This research is funded by the Austrian Research Promotion Agency (FFG) in the project EFFIE, gran no. 871446 in the program "Produktion der Zukunft" co-founded by BMK.