

Siegfried Firus, Gerold Meißner und Gerd Bernhardt, Dresden

Die Kartoffel als Rohstoff für bio-abbaubare Kunststoffe

Bio- Kunststoffe bieten die Möglichkeit, die Vorteile der Nutzung von Kunststoffen mit denen einer Kreislaufwirtschaft zu verbinden. Insbesondere Kartoffelstärke mit natürlicher makromolekularer Struktur hat hierfür besondere Vorzüge, da sie sich plastifizieren lässt. In experimentellen Arbeiten hergestellte Mischkunststoffe, direkt in der Spritzgiessmaschine gemischt oder auch als Granulate im Doppelschneckenextruder hergestellt, mit Anteilen von 30% bis 75% Kartoffelsubstrat, haben mechanische Festigkeitswerte, die zwischen denen der synthetischen und der stärkebasierten Kunststoffe liegen.

Dr.- Ing. Siegfried Firus und Dipl.- Ing. Gerold Meißner sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Lehrstuhl Landmaschinen (Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Bernhardt) im Institut für Verarbeitungsmaschinen, Landmaschinen und Verarbeitungstechnik der TU Dresden, 01062 Dresden; e-mail: firus@landmaschinen.tu-dresden.de
Die Arbeiten wurden im Rahmen des Programms PRO INNO durch die AIF Berlin gefördert und zusammen mit der Fa. Landgraf Kunststoffe, Fürstenwalde/Spree, realisiert.

Schlüsselwörter

Stärke, Kartoffelstärke-Substrat, biologisch abbaubare Kunststoffe

Keywords

Starch, potatoe starch, biodegradable plastics

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 02617 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

Bio-Kunststoffe bieten die Möglichkeit, die Vorteile der Nutzung von Kunststoffen im Allgemeinen mit nachhaltigem Wirtschaften zu verknüpfen. Kreislaufwirtschaft heißt hier, dass geeignete Makromoleküle aus der Natur entnommen und modifiziert werden, so dass die Eigenschaften den Anforderungen beim Gebrauch genügen. Die Grundstruktur der Moleküle bleibt weitgehend erhalten. Nach der Nutzung werden sie bei der Kompostierung oder bei der direkten Anwendung in der Natur unter der Wirkung von Enzymen und Mikroben zu Kohlendioxid, Wasser und Humusstoffen abgebaut.

Das in einem verkürzten dezentralen Verfahren gewonnene Gemisch aus Kartoffelstärke, Schalen und Gewebe sowie auch löslicher Inhaltstoffe der Kartoffel [1 bis 3], im Folgenden Kartoffelsubstrat genannt, ist im getrockneten Zustand so wie reine Kartoffelstärke für die Herstellung von Kunststoffen, insbesondere in Gemischen mit synthetischen Kunststoffen, geeignet.

Kartoffelsubstrat enthält als Trockensubstanz im Durchschnitt 82,3% Stärke, 6,5% Fasern (Schalen und Gewebe), 3,1% Proteine, 2,5% Aminosäuren und Amide und 5,6% organische Säuren, Zucker und Mineralstoffe. Bei Lagerung des Kartoffelsubstrats an der Luft stellt sich ein Wassergehalt von 18% ein.

In der Variation der Gemischbestandteile besteht die Möglichkeit, bestimmte Eigenschaften der dann thermoplastisch verarbeitbaren Werkstoffe zu generieren.

Untersuchungen zur thermoplastischen Verarbeitung von Kartoffelsubstrat

Es sollten in systematischen Experimenten die Mischungsverhältnisse mit verschiedenen Weichmachern ermittelt werden [4]. Neben dem aus der Hygroskopizität vorhandenen Wasser sind das Glycerin, Harnstoff, Fettstoffe, Organosilikat sowie Ester und Tenside. Eine erste Grobauswahl erfolgte anhand qualitativer Merkmale wie Flexibilität, Klebrigkeit der Materialoberfläche und Schaumbildungstendenz während der Extrusion. Diese Mischungen können noch als thermoplastische Stärke (TPS) bezeichnet

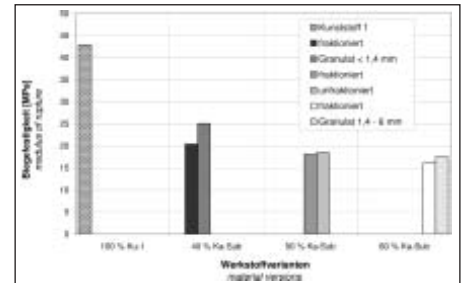


Bild 1: Biegefestigkeit und Höchstbiegekraft in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis Kartoffelsubstrat zu Kunststoff; Ka-Sub – Kartoffelsubstrat; Ku – Kunststoff

Fig. 1: Bending strength and maximum bending force versus mixing ratio of potato substrate to plastics; Ka-Sub – potato substance; Ku – plastics

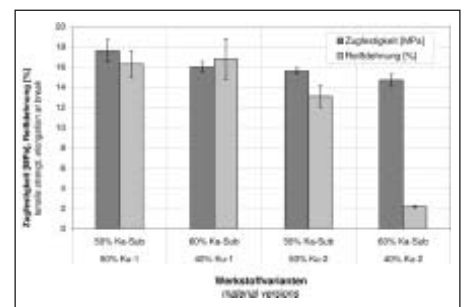


Bild 2: Zugfestigkeit und Reißdehnung in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis Kartoffelsubstrat zu Kunststoff; Ka-Sub – Kartoffelsubstrat; Ku – Kunststoff

Fig. 2: Tensile strength and tearing extension versus mixing ratio potato substrate to plastics; Ka-Sub – potato substance; Ku – plastics

werden. Sie sind aber in keiner Weise wasserfest. Die mechanische Festigkeit ist bei ausreichender Elastizität auch nur gering (Tab. 1).

Zur Herstellung eines gebrauchsfähigen, thermoplastisch verarbeitbaren Werkstoffs auf Stärkebasis muss dessen Wasserbeständigkeit erhöht werden. Ein möglicher Weg ist das Vermischen der thermoplastischen Stärke mit wasserfesten, synthetischen Polymeren. Die Eigenschaften werden dann nicht mehr ausschließlich durch die einzelnen Komponenten bestimmt, sondern sind entscheidend von der Mischungsstruktur abhängig. Durch die Verarbeitung der TPS mit nur 30% Polyvinylacetat (PVAc) kann bei Ausbildung optimaler Mischungsstrukturen

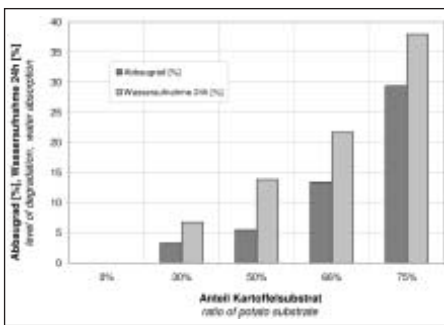


Bild 3: Biologischer Abbau nach DIN 54900-3 und Wasseraufnahme von Spritzgießproben in Abhängigkeit vom Anteil Kartoffelsubstrat im Werkstoff

Fig. 3: Biological degradation ref. to DIN 54900-3 and water absorption of extruded samples versus ratio of potato substance in material

ein gebrauchsfähiger Werkstoff mit einer gewissen Wasserbeständigkeit, etwa zur Herstellung von Folien, erhalten werden.

Gemische aus Kartoffelsubstrat mit Kunststoffen und Kunststoffrecyclaten

Herstellung der Mischungen

Die folgenden Untersuchungen sollten unter praktischen Gesichtspunkten die verfahrenstechnischen Probleme aufzeigen, die bei einer Kombination von Kartoffelsubstrat mit handelsüblichen preiswerten Kunststoffen zu lösen sind. In Gemischen mit Polypropylen (PP) und Polyäthylen (PE) ist das Kartoffelsubstrat teilweise als Strukturbildner und auch als preiswerter Füllstoff zu betrachten. Das Kartoffelsubstrat liegt pulverförmig vor. Die freigesetzte Stärke mit einem Masseanteil von ~ 80% hat ein Korngrößenspektrum von 0,020 bis 0,120 mm, Gewebereste und Schalen dagegen liegen im Bereich von 0,125 bis 2,5 mm Korndurchmesser. Bei verfahrenstechnischer Notwendigkeit könnte auch eine Nachzerkleinerung dieser größeren Fraktion erfolgen.

Vom Grundsatz her zeigte sich, dass eine Mischung von Kunststoff als Granulat und Kartoffelsubstrat direkt in der Schneckenpresse einer Spritzgießmaschine möglich ist. Für eine optimale Dosierung und Mischung

unter praktischen Produktionsbedingungen wäre jedoch eine Granulierung des Kartoffelsubstrates besser angepasst.

Deshalb wurde der Weg des Granulierens des Kartoffelsubstrat-Kunststoff-Gemisches in einem Doppelschneckenextruder gewählt. Die Mischung der Komponenten wurde im gewählten Masseverhältnis vor dem Extruder hergestellt und dann dosiert eingegeben. Es wurden Mischungen mit 40, 50 und 60% Kartoffelsubstrat und entsprechenden Anteilen PP oder PE hergestellt.

Mechanische Eigenschaften der Werkstoffe

Die aus den direkt im Spritzgießautomaten hergestellten Mischungen von Kartoffelsubstrat und Kunststoffen PP und PE zeigen einen deutlichen Abfall der Biegefestigkeit gegenüber dem reinen Kunststoff (Bild 1). Für einfache Spritzformteile mit untergeordneter mechanischer Belastung im Gebrauch sind diese Werte als ausreichend anzusehen.

Auch aus den Gemischen in der Form als Granulat wurden Werkstoffproben gespritzt und im Verfahren nach DIN 53455 untersucht. Bild 2 zeigt, dass die Zugfestigkeit der Gemische mit 17,5 und 16 Mpa gegenüber dem reinen TPS-Blend, nach Tabelle 1 deutlich gesteigert worden ist. Die Stärke im Kartoffelsubstrat leistet auch einen Beitrag zur Festigkeitsstruktur des Verbundes, wie aus dem nur geringen Festigkeitsabfall auf 17,5 und 16 MPa der Gemische mit 50% und 60% Kartoffelsubstrat gegenüber dem reinen PE, das nach Tabelle 1 eine Festigkeit von 20 MPa aufweist, deutlich wird. Hier wirkt sich die Gemischbildung im Doppelschneckenextruder so aus, dass durch die intensivere Scherbeanspruchung eine bessere Vernetzung der natürlichen Polymere mit dem synthetischen Kunststoff erfolgt ist.

Dieser deutlich höherwertige Werkstoff ist auch für die Herstellung belastbarer Bauteile und Verarbeitung in komplizierten Spritzwerkzeugen geeignet.

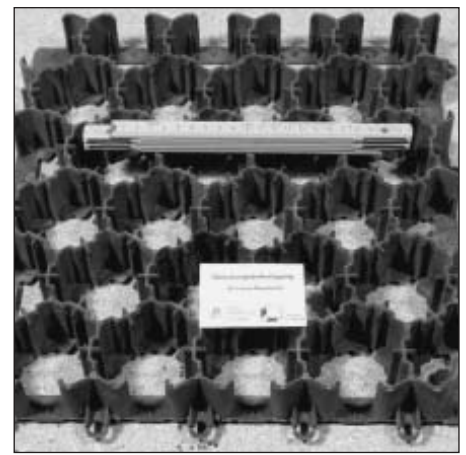


Bild 4: Böschungsplatte aus Kartoffelsubstrat-Kunststoff-Gemisch

Fig. 4: Slope fastening element made of potato substance-plastics-compound

Wasseraufnahmevermögen und biologische Abbaubarkeit

Zur Beurteilung der biologischen Abbaubarkeit wurde das Wasseraufnahmevermögen der verschiedenen Gemische gemessen.

Es wird nach Bild 3 deutlich, dass mit zunehmendem Anteil Kartoffelsubstrat im Werkstoff, dessen Ausgangsmaterial direkt im Spritzgießautomaten gemischt wurde, auch die Wasseraufnahme progressiv steigt.

Der biologische Abbau folgt direkt der Wasseraufnahmekapazität, wie aus der einfachen Zuordnung von biologischer Lebensfähigkeit in feuchter Umgebung erklärt werden kann.

Verarbeitbarkeit

Mit den granulierten Substrat-Kunststoff-Gemischen sind vielgliedrige und relativ dünnwandige Formen, etwa einer zur Böschungsbefestigung entwickelten Platte 50 • 50 cm und 5 cm Höhe, aus einem Gemisch mit 60% Kartoffelsubstrat und 40% P und ebenso mit PE in einem Serienwerkzeug abgespritzt worden (Bild 4).

Fazit

Die hier vorgestellten Untersuchungsergebnisse belegen die Verwertbarkeit des preiswerten Rohstoffs in Form aller festen Bestandteile der Kartoffel zur Herstellung kostengünstiger und biologisch abbaubarer Werkstoffe. Nach der grundsätzlichen Klärung der Verarbeitbarkeit der Stärke in Gegenwart von Schalen, Gewebe und weiteren Inhaltsstoffen der Kartoffel, zusammen als Kartoffelsubstrat bezeichnet, konnten unter Praxisbedingungen verarbeitbare Kunststoffe hergestellt werden.

Das Kartoffelsubstrat kann also für viele Anwendungsfälle als preisgünstige Materialkomponente anstelle von kostenintensiveren Kunststoffkomponenten verwendet werden. Des Weiteren sind diese Kunststoffe je nach Anteil der Stärke als natürliches Polymer biologisch abbaubar.

Versuch	σ_S [Mpa]	ϵ_S %	σ_R [Mpa]	ϵ_R %
D3007	4,1	67,1	3,7	84,4
D3009	3,5	54,3	3,0	71,8
D310	4,3	49,5	3,7	62,9
10% Glycerin				
D310	2,5	52,8	2,1	69,7
15% Glycerin				
E308	4,1	51,7	3,4	82,2
F3011	2,9	39,7	2,3	57,8
LDPE *)	8 – 10	20		600
HDPE *)	20	12		400 – 800

Tab. 1: Kennwerte aus Zugversuchen an gespritzten Prüfkörpern aus ausgewählten TPS/Kartoffelsubstrat-Blends (Zugversuch nach DIN 53455)

Table 1: Indexes from strength tests on extruded blends of TPS/potato substance (strength test DIN 53455)

σ_S : Streckspannung (Zugspannung an Streckgrenze) = Zugfestigkeit;

ϵ_S : zugehörige Dehnung; σ_R : Zugspannung beim Bruch = Reißfestigkeit

ϵ_R : Reißdehnung

Versuch*) aus H. Saechtling: Kunststoff-Taschenbuch, 22. Ausgabe, München-Wien 1983, S. 208