

BIOPOL

Marktfähiges Polymer auf Stärkebasis

K. Reitinger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

66/2006

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

BIOPOL

Marktfähiges Polymer auf Stärkebasis

DI Klemens Reitingner
Laboratorium für Kunststofftechnik GmbH

Wien, Mai 2006

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT. Sie wurde im Jahr 2000 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT sollen durch Forschung und Technologieentwicklung innovative Technologiesprünge mit hohem Marktpotential initiiert und realisiert werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in FABRIK DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse – seien es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Homepage www.FABRIKderZukunft.at und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



BIOPOL Austria



Inhaltsverzeichnis

1	KURZFASSUNG 1 SEITE	7
2	ABSTRACT	9
3	KURZFASSUNG 5 SEITEN	10
3.1	Einleitung	10
3.2	Zielsetzung	10
3.3	Bezug zum Rahmenprogramm „Fabrik der Zukunft“:	10
3.4	Projektergebnisse	11
3.4.1	Methodik	11
3.4.2	Eigenschaften der Entwicklung	12
3.4.3	Verfahrensschritte bei der Entwicklung des Biopolymers	12
4	SUMMARY	16
4.1	Introduction	16
4.2	Aims	16
4.3	Relations to the Framework Programm „Fabrik der Zukunft“	16
4.4	Results	17
4.4.1	Getting started	17
4.4.2	Properties of the development	17
4.4.3	Manufacturing of Biopolymers	17
5	INHALTE UND ERGEBNISSE DES PROJEKTS	21
5.1	Einleitung	21
5.2	Ziele des Projektes	23
5.2.1	Fortschritt in der Entwicklung	23
5.2.2	Wettbewerbsfähigkeit von biologisch abbaubaren Werkstoffen	24



6	INHALTE UND ERGEBNISSE DES PROJEKTS	24
6.1	Ausgangsbasis	24
6.2	Untersuchung des Referenzmusters	25
6.2.1	Siebanalyse	25
6.2.2	Mikroskopische Untersuchung	26
6.2.3	DSC – Analyse	27
6.2.4	Conclusio Referenzmusteranalyse	28
6.3	Rezepturenentwicklung	29
6.4	Versuchsprogramm	31
6.4.1	Bestimmung der TPS Zusammensetzung	32
6.4.1.1	Coating	32
6.4.1.2	Plastifiziermittel	34
6.4.2	Füllstoffe	35
6.4.3	Compoundierung mit Verstärkungsstoffen	36
6.4.4	Verstärkungswirkung von Naturfasern	39
6.4.5	Kostenoptimierung des Blends	43
6.5	Produktion von Kleinserien	44
6.5.1	Verarbeitung im „Chill Roll Verfahren“	45
6.5.2	Verarbeitungsprobleme – „Stippen“	46
6.5.3	Bemusterung in Kleinversuchen	49
6.5.4	Upscalebarkeit	51
6.6	Zertifizierung und Patentierung	51
6.6.1	Eingrabversuche:	51
6.6.2	Bestimmung des mikrobiellen Abbaus in Anlehnung an ÖNORM EN ISO 14855	52
7	DETAILANGABEN ZU DEN ZIELEN DER „FABRIK DER ZUKUNFT“	55
7.1	Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“	55
7.1.1	Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen	55
7.1.2	Effizienzprinzip	56
7.1.3	Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionsfähigkeit und Lernfähigkeit	56
7.1.4	Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität	56



7.2	Potential der Entwicklung	57
8	SCHLUSSFOLGERUNG	58
8.1	Technologische Erkenntnisse	58
8.2	Wirtschaftliche Erkenntnisse	58
9	AUSBLICK UND EMPFEHLUNGEN	59
10	LITERATUR	60
11	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	62
12	ANHANG	63
12.1	IR Analyse Referenzmuster	63
12.2	DSC – Analyse Referenzmuster	64



BIOPOL Austria



1 Kurzfassung 1 Seite

Biologisch abbaubare Werkstoffe BAW aus nachwachsenden Rohstoffen rücken in der westlichen Welt immer mehr in das Forschungsinteresse von großen Betrieben. BAW finden ihre Anwendungen dort, wo Standardkunststoffe nicht ressourceneffizient eingesetzt werden können. Diese Werkstoffgruppe findet ihre Vorteile einerseits in der Nachhaltigkeit nachwachsender Rohstoffe, und andererseits im „Zero Waste Prinzip“ durch die biologische Abbaubarkeit. Die Zahl der Publikationen über Entwicklung und Potenzial der Werkstoffe steigt kontinuierlich. Alleine während der Projektlaufzeit wurde die Produktionsmenge von Biopolymeren erheblich gesteigert. In den führenden Ländern innerhalb der Europäischen Union (Italien, Finnland, Schweden, Deutschland) haben BAW als Verpackung schon teilweise ihren Weg bis in den Supermarkt gefunden. In Österreich sind diese Werkstoffe noch in der Upscaling- Phase. Pilotprojekte wie „Loop Linz“ in Oberösterreich sowie die Niederösterreichische Initiative „N-Packt's“ zeigen das große Interesse an der Umsetzung der neuen Werkstoffgruppe. Es gilt daher umso mehr sowohl qualitativ als auch preislich konkurrenzfähige Polymere zu entwickeln.

Die Technologie- und Komponentenentwicklung hatte daher zum Ziel, ein marktfähiges Biopolymerwerkstoffblend aus vornehmlich österreichischen Rohstoffen zu entwickeln. Die Projektpartnerschaft ist sehr sorgsam zusammengestellt und besteht aus Firmen entlang der Produktentwicklungskette (Rohstoffhersteller – Aufbereitungsunternehmen – Verarbeiter).

Ziel ist es, das neu entwickelte Blend direkt in „Leuchtturmprodukten“ einzusetzen, und damit konventionelle Standardkunststoffe zu substituieren. Die angedachten Produkte sind so ausgewählt, dass sie durch den Einsatz von BAW einen Mehrwert erfahren. Dieser Mehrwert kann durch marketingtechnische Überlegungen auch einen etwas höheren Preis rechtfertigen.

Das Ergebnis stellt eine Materialrezeptur für knickfeste Platten mit guten mechanischen Eigenschaften dar. Die Problematik der Upscalbarkeit wurde technologisch gelöst. Die Verarbeitung des Materials ist mit standardisierten Thermoplastmaschinen möglich, wenn auch für die Prozessfähigkeit in der Massenfertigung noch Untersuchungen aus-



BIOPOL Austria

ständig sind. Die Ergebnisse dieses Projekts stellen die reelle Chance auf eine breite wirtschaftliche Umsetzung von Biopolymeren im Sinne nachhaltiger Technologieanwendung dar. Potentielle Kunden der Projektpartner haben ihr Interesse an der neuen Entwicklung bekundet. Diese ersten Produkte sehen sich als „Leuchtturmprodukte“ und dienen als Vorläufer für eine realisierbare Verbreiterung des Einsatzspektrums.



2 Abstract

Biodegradable Polymers made of renewable resources are getting more and more focused in science and economy. Biopolymers are formally used where standard polymers cannot be applied efficiently due to limited resources. The advantages of this group of materials are sustainability at one hand and the “zero waste principle” due to the biodegradability on the other hand. The number of papers and patents is increasing continuously as well as the amount of the worldwide produced biopolymers in the course of the project. In some states within the European Union e.g. in Italy, Germany, Finland, Sweden and France biopolymers are commonly found even in supermarkets. The status of commercialization in Austria is still in the upscaling phase. Pilot schemes like “Loop Linz” and “N packt’s” show the growing interest of government and industry in the use of these new materials. Thus there is a need for developing competitive biopolymers of good quality.

The aim of the project was to create competitive Biopolymers made mainly of Austrian resources to guarantee highest value added. The project consortium was selected along the product development chain to cover all areas of responsibility (raw material, processing and manufacturing).

The results of the project are different competitive formulations for bend-proof films with good mechanical properties. The technological challenge of upscaling of laboratory results to industrial scales could be solved. The material can be processed with standardised thermoplastic machinery but the processability has to be investigated furthermore. The results show the huge economic potential for substitution of bulk polymers by biopolymers in many short term use applications. Even in this early stage of economic entry there are several inquiries of potential customers.

Biopolymers are applied where they get a surplus value due to their compostability as well as marketing effects. These effects justify slightly higher prices of sustainable produced products as the experience of the consortium shows. Therefore it has been agreed to bring forward the development.



3 Kurzfassung 5 Seiten

3.1 Einleitung

Biologisch abbaubare Werkstoffe (BAW) aus nachwachsenden Rohstoffen rücken in der westlichen Welt immer mehr in das Forschungsinteresse von großen Betrieben. BAW finden ihre Anwendungen dort, wo Standardkunststoffe nicht ressourceneffizient eingesetzt werden können. Diese Werkstoffgruppe findet ihre Vorteile einerseits in der Nachhaltigkeit nachwachsender Rohstoffe, und andererseits im „Zero Waste Prinzip“ durch die biologische Abbaubarkeit. Die Zahl der Publikationen über Entwicklung und Potenzial der Werkstoffe steigt kontinuierlich, das Ausmaß der Verwertungen der Ergebnisse steht allerdings in keinem Verhältnis zu den Entwicklungen. In den führenden Ländern (Italien, Finnland, Schweden, Deutschland) haben BAW als Verpackung schon teilweise ihren Weg bis in den Supermarkt gefunden. In den führenden Ländern (Italien, Finnland, Schweden, Deutschland) haben BAW als Verpackung schon teilweise ihren Weg bis in den Supermarkt gefunden. In Österreich sind diese Werkstoffe noch in der Upscaling-Phase. Pilotprojekte wie „Loop Linz“ in Oberösterreich sowie die Niederösterreichische Initiative „N-Packt's“ zeigen das große Interesse an der Umsetzung der neuen Werkstoffgruppe. Es gilt daher umso mehr sowohl qualitativ als auch preislich konkurrenzfähige Polymere zu entwickeln.

3.2 Zielsetzung

Grundlegendes Ziel dieser Technologie- und Komponentenentwicklung liegt in der Entwicklung einer marktfähigen Biopolymerformmasse auf Basis thermoplastischer Stärke. Die Formmasse soll zu einem größtmöglichen Anteil aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen. Die Formmasse soll noch während des Projektes zu Prototypen verarbeitet werden, um sie am Ende der Projektlaufzeit der Upscaling Phase zuzuführen. Die Produkte liegen vornehmlich im Anwendungsbereich mittelfristiger Konsumgüter.

3.3 Bezug zum Rahmenprogramm „Fabrik der Zukunft“:

Grundlegendes Projektziel ist die Substitution von herkömmlichen Standardkunststoffen durch Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Der Vorteil von Biopolymeren liegt



einerseits in derer biologischen Abbaubarkeit und andererseits in ihrer Rohstoffquelle aus nachwachsenden Ressourcen. Die sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung wie z.B. „das **Effizienzprinzip**“ oder „das **Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen**“ kommen in diesem Projekt besonders zur Anwendung. Die Gestaltung des Konsortiums mit Firmen entlang der Produktentstehungskette vom Rohstoff bis zum Fertigprodukt ermöglicht eine durchgehende Wertschöpfungskette.

Der Technologie- und Komponentenentwicklung geht ein Konzept mit dem Titel „Nachwachsende Rohstoffe als Substitution für Massenkunststoffe“ voraus. Im Rahmen der 2. Ausschreibung wurden hierfür die Grundlagen wie Marktrelevanz, Stand der Technik sowie erste Rezepturherstellungen untersucht. Mit dem Wissen des Konzeptes wurde das Konsortium zusammengestellt.

Das Projektkonsortium setzt sich zusammen aus:

- LKT Laboratorium für Kunststofftechnik GmbH, Wien (Projektleitung)
- Digicard Druck und Codiersysteme GmbH, Wien
- ZFT Zuckerforschung Tulln GmbH (F&E der Agrana), Tulln
- Lenzing Plastics GmbH, Lenzing
- Wind Thermoplasthandel, Traiskirchen

3.4 Projektergebnisse

3.4.1 Methodik

Im ersten Teil des Projektes wurden aufbauend auf dem Wissen aus dem Konzept „Nachwachsende Rohstoffe als Substitution für Massenkunststoffe“ am Markt verfügbare BAWs untersucht. Die teilweise in den Eigenschaften entsprechenden, allerdings preislich nicht konkurrenzfähigen Produkte bildeten eine Art Ausgangsbasis für die Entwicklung. Aus diesem Grunde wurden am Markt befindliche Werkstoffe auf ihre Verwertbarkeit untersucht und verbessert. Aus den Ergebnissen dieser Analysen sowie durch Recherchen in Patentliteratur und Firmenschriften setzt sich der Ansatz des neuen Blends zusammen. Die wirtschaftliche Umsetzung von Biopolymeren liegt in der Verblendung von thermoplastischer Stärke mit unterschiedlichen Biopolymeren.



3.4.2 Eigenschaften der Entwicklung

Die Rezepturenentwicklung basiert auf Eigenschaftsanforderungen für chancenreiche Leuchtturmprodukte. Folgende Anforderungen als konkurrenzfähiger Biowerkstoff werden durch das Blend erfüllt:

- Vergleichbare mechanische Eigenschaften zu Polyethylen bzw. Weich PVC
- Verarbeitbarkeit mit konventioneller Kunststofftechnologie (Extrusion, Spritzguß)
- Kaltwasserunlöslichkeit
- Preis unter 2 €/kg

3.4.3 Verfahrensschritte bei der Entwicklung des Biopolymers

Die Auflistung stellt schematisch die Arbeitsschritte und deren Ergebnisse, von der Rohstoffauswahl bis zum Fertigprodukt, dar.



1) Rohstoffauswahl



Die Auswahl der Rohstoffe erfolgt nach den Gesichtspunkten der Verfügbarkeit und des Preises. Die Bestandteile der Rezeptur kommen zu 70% aus der Nahrungsmittelproduktion. Die Komponenten sind zu 100% biologisch abbaubar und unbedenklich. Sowohl die Rohstoffauswahl aber auch die Verfahrenstechnologie zur Herstellung nimmt großen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften. Die Rohstoffkosten der Formulierungen liegen zwischen 1,3 – 1,8 €/kg und damit unter den vorgegebenen Kosten von 2€/kg.

2) Knetversuche



Knetversuche ermöglichen eine hohe Anzahl an Einzelversuchen zur Ermittlung geeigneter Komponenten. Sie dienen als eine Art „Screening“ einsetzbarer Rohstoffe, lassen aber wenig Rückschluss auf die mechanischen Eigenschaften zu. Das Konzept „Erneuerbare Biopolymere als Substitution für Massenkunststoffe“ als Vorarbeit im Rahmen der Fabrik der Zukunft beinhaltet ein Screening von über 80 Mustern.

3) Walzversuche



Output von Walzversuchen sind Walzfelle die zu thermoplastisch verarbeitbarem Granulat gehäckselt werden. Diese Aufbereitung liefert Formmassen in Kleinstmengen zur Probekörperherstellung im Spritzguss. Die Erfahrungen aus Walzversuchen werden auf Doppelschneckenextrudern umgesetzt.

4) Compoundierversuche im Labormaßstab



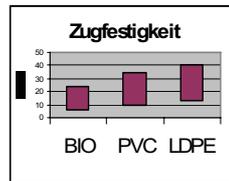
Der letzte Schritt vor dem Up Scaling ist die Herstellung von Biopolymeren auf dem Labor Doppelschneckenextruder. Ausstoßmengen liegen bei ca. 10 kg/h. Mit diesen Chargengrößen können Folienextrusionsversuche im Chill Roll Verfahren durchgeführt werden.

5) Verarbeitungsversuche - Probekörperherstellung



Die Entwicklung wird u.a. im Spritzgussverfahren auf die Verarbeitbarkeit untersucht und zu Schulterstäben verarbeitet. Es sind keine Adaptierungen an Standardverarbeitungsverfahren notwendig.

6) Prüftechnische Untersuchung



Die Zugfestigkeit und Reißdehnung jeder Serie wird prüftechnisch bestimmt. Die Eigenschaften der entwickelten Biopolymerblends sind vergleichbar derer von Weich-PVC bzw. LDPE.

7) Upscaling



Umsetzung der Laborergebnisse auf großtechnischen Compoundieranlagen. Zu diesem Zweck ist neben den geeigneten Dosieranlagen vor allem das richtige Schneckenkonzept zu ermitteln. Mit den positiv zu bewertenden Versuchen ist die Upscalbarkeit technologisch als gelöst zu betrachten.

8) Herstellung von Halbzeugen



Während der Projektlaufzeit wurde vornehmliches Augenmerk auf die Herstellung von Folien zur Weiterverarbeitung für Karten, Anhänger und andere bedruckbaren Artikel gelegt. Das Material ist rheologisch prozessfähig. Verarbeitungsprobleme hinsichtlich Bartbildung müssen durch Rezepturadaptierungen allerdings noch optimiert werden. Die Folien sind durchgehend knickfest und besitzen eine gute Dehnbarkeit.



9) Verarbeitung der Halbzeuge zu Fertigprodukten



Der letzte Arbeitsschritt liegt in der Bedruckung der Folien. Das Material weist eine gute Bedruckbarkeit auf. Die Produkte werden gestanzt, lackbeschichtet, laminiert bzw. durch andere Endbehandlungen dem Anwendungszweck angepasst. Die Bemusterung hat großes Interesse bei potentiellen Kunden gezeigt.

Die Ergebnisse der Technologie- und Komponentenentwicklung liegen in der Zusammenstellung einer maßgeschneiderten Rezeptur für die Anwendung von Biopolymeren im Kartensektor. Die Rezeptur erfüllt die Anforderungen der Wasserunlöslichkeit, Knickfestigkeit, thermoplastische Verarbeitbarkeit und ist preislich unter den erhältlichen Biopolymeren anzusetzen. Die Basisrohstoffe sind österreichische Produkte aus der Nahrungsmittel- und Biodieselindustrie. Diese maßgeschneiderte Lösung wird in weiteren Entwicklungsschritten als Vorlage für andere Leuchtturmprodukte dienen.



4 Summary

4.1 Introduction

Biodegradable Polymers made of renewable resources are getting more and more focused in science and economy. Biopolymers are formally used where standard polymers cannot be applied efficiently due to limited resources. The advantages of this group of materials are sustainability at one hand and the “zero waste principle” due to the biodegradability on the other hand. The number of papers and patents is increasing continuously as well as the amount of the worldwide produced biopolymers in the course of the project. In some states within the European Union e.g. in Italy, Germany, Finland, Sweden and France biopolymers are commonly found even in supermarkets. The status of commercialization in Austria is still in the upscaling phase. Pilot schemes like “Loop Linz” and “N packt’s” show the growing interest of government and industry in the use of these new materials. Thus there is a need for developing competitive biopolymers of good quality.

4.2 Aims

The aim of the project was to create competitive Biopolymers made mainly of Austrian resources to guarantee highest value added. The recapture should mainly be made out of renewable resources. Prototypes are planned to produce and in the very end the consortium will bring them to the up scaling phase. Products to go for are short and middle term consumer goods.

4.3 Relations to the Framework Programm „Fabrik der Zukunft“

The basic goal is the substitution of conventional standard polymers with materials made out of renewable resources. The advantage of these biopolymers is at the one hand their biodegradability and on the other hand their independence of petrochemical resources. The seven main principles of sustainable development e.g. the “principle efficiency” or the “principle of the use of renewable resources” are implemented in this project. The project consortium was selected along the product development chain to cover all areas of responsibility (raw material, processing and manufacturing).



The project is based on a concept created in 2003 by the laboratory for polymer and environmental engineering LKT GmbH, named „Renewable resources as substitution for standard polymers“. The concept includes the state of the art, economic background of biopolymers as well as preliminary tests of formulations. Based on the knowledge of the concept the consortium is build up:

- LKT Laboratory for polymer and environmental engineering, Vienna
- Digicard Druck und Codiersysteme GmbH, Vienna
- ZFT Zuckerforschung Tulln GmbH (R&D of Agrana), Tulln
- Lenzing Plastics GmbH, Lenzing
- Wind Thermoplasthandel, Traiskirchen

4.4 Results

4.4.1 Getting started

Based on the knowledge of the concept „Renewable resources as substitution for standard polymers“ available biopolymers were tested of their possible application as card material. Based on the results of the market analyse und on the knowledge of different patents a new blend formulation puts itself together. The way to realise the application of biopolymers economically is to create tailor-made blends out of available resources.

4.4.2 Properties of the development

The formulation is based on the requirement specifications of a competitive pilot scheme called „light house product“. Its properties are:

- Similar characteristics as polyethylene und plasticised PVC
- Process ability by conventional polymer technology
- Dissolubility in cold water
- Costs under 2€/kg

4.4.3 Manufacturing of Biopolymers

The listing shows the manufacturing of biopolymers – from the raw material till the finished product:



1) Supply of raw materials



The raw materials are selected by criterias like availability, costs. The formulation contains 70% nutritional products. Its components are 100% biodegradable. The aim of 2€/kg is achieved. Costs of the formulation are ranging from 1,4 – 1,8€/kg.

2) Kneading experiments



Pounding experiments show the influence of substances in the different formulations in a high number. The formulation is based on a concept containing 80 „screening trials“.

3) Compounding experiments on the masticator



Tests on the masticator deliver small amounts of biopolymer granules, enough for preparing test bars in the injection moulding process.

4) Compounding experiments in Laboratory Scale



The twin screw compounding extruder deliver biopolymer granules in a higher amount for extrusion experiments. Machine outputs in the laboratory scale range from 6 up to 10 kg/hour.

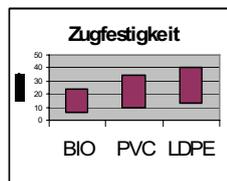


5) Processing of testing bars



The formulation is process able in the conventional injection moulding process. Test bars are used for the mechanical characterisation.

6) Mechanical Characterisation



The determined tensile strength and elongation at break of the biopolymer composition is comparable to the characteristics of plasticised PVC or Polyethylene.

7) Upscaling



The up scaling of the laboratory results is done at compounding machines in the food industry. The correct dosage equipment and screw concept is necessary for the transformation of laboratory results up to industrial scales.

8) Processing of semi manufactured products



The processing of the formulation is focused on semi manufactured products like films. These films are specially used to produce cards in different applications.

9) Finishing



The finishing includes the laminating, printing and varnishing of the films. The surface shows good properties for an easy printing. Customers have shown their interest for the first samples

The result of this project is a tailor made biopolymer formulation for the application in the card sector. The development is water dissoluble, bend proof, mainly made out of re-



BIOPOL Austria

newable recourses and processable by standardised polymer machinery. With these characteristics it meets the requirement for the application as card material. The costs are lower than comparable biopolymers. It should be a sort of prototype for other following biopolymer products.



5 Inhalte und Ergebnisse des Projekts

5.1 Einleitung

Biologisch abbaubare Werkstoffe BAW aus nachwachsenden Rohstoffen rücken in der westlichen Welt immer mehr in das Forschungsinteresse von großen Betrieben. BAW finden ihre Anwendungen dort, wo Standardkunststoffe nicht ressourceneffizient eingesetzt werden können. Diese Werkstoffgruppe findet ihre Vorteile einerseits in der Nachhaltigkeit nachwachsender Rohstoffe, und andererseits im „Zero Waste Prinzip“ durch die biologische Abbaubarkeit. Die Zahl der Publikationen über Entwicklung und Potenzial der Werkstoffe steigt kontinuierlich. Alleine während der Projektlaufzeit wurde die Produktionsmenge von Biopolymeren erheblich gesteigert. In den führenden Ländern innerhalb der Europäischen Union (Italien, Finnland, Schweden, Deutschland) haben BAW als Verpackung schon teilweise ihren Weg bis in den Supermarkt gefunden. In Österreich sind diese Werkstoffe noch in der Upscaling- Phase. Pilotprojekte wie „Loop Linz“ in Oberösterreich sowie die Niederösterreichische Initiative „N-Packt's“ zeigen das große Interesse an der Umsetzung der neuen Werkstoffgruppe. Es gilt daher umso mehr sowohl qualitativ als auch preislich konkurrenzfähige Polymere zu entwickeln.

In Bezug auf die Wettbewerbsfähigkeit von stärkebasierten BAW wie PLA oder TPA muss leider festgestellt werden, dass trotz der subventionierten Rohstoffbasis Stärke und geringerer Entsorgungskosten derartige BAW letztlich für den Kunststoffverarbeiter ca. 30-40% teurer ausfallen als konventionelle Kunststoffe. (Michael Karus 2003)

Ohne Berücksichtigung der günstigeren Entsorgungskosten sieht die Differenz noch ungünstiger aus: „Pro Tonne PE, PS, PP oder PVC zahlt die Industrie heute rund 1000 bis 2.500 €. Wer alternativ auf Biokunststoffe zurückgreifen will, muss heute allerdings deutlich tiefer in die Tasche greifen: biologisch abbaubare Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen kosten etwa dreimal soviel wie Standardkunststoffe.“ Sobald die Produktion im industriellen Maßstab abläuft, dürften die Kosten für Bio- Kunststoffe erheblich fallen. Experten gehen davon aus, dass Stärkekunststoffe und Polylactide dann für unter zwei Euro pro Kilogramm (2.000 €/t) produzierbar wären. (Lörcks & Wenig 2003). Durch wei-



tere Innovationen können die Produktionskosten in der Zukunft vermutlich noch weiter gesenkt werden.

Aus den genannten Fakten sieht das Projektkonsortium den Weg einer wirtschaftlichen Umsetzung in der Verblendung vorhandener Biopolymermassen unter Zugabe von Füllstoffen, die den Gesamtpreis senken können.

Die Technologie- und Komponentenentwicklung hatte daher den Fokus, einen marktfähigen Biopolymerwerkstoff aus vornehmlich österreichischen Rohstoffen zu entwickeln.

Die Einpassung des Vorhabens in die Programmlinie Fabrik der Zukunft definiert sich durch das grundlegende Projektziel der Substitution von herkömmlichen Standardkunststoffen durch Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Der Vorteil von Biopolymeren liegt einerseits in ihrer biologischen Abbaubarkeit und andererseits in ihrer Rohstoffquelle aus nachwachsenden Ressourcen. Die sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung wie z.B. „das **Effizienzprinzip**“ oder „das **Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen**“ kommen in diesem Projekt besonders zur Anwendung. Die konkrete Umsetzung der Leitprinzipien wird im Kapitel „9.1 Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie Fabrik der Zukunft“ detailliert beschrieben. Die Gestaltung des Konsortiums mit Firmen entlang der Produktentstehungskette vom Rohstoff bis zum Fertigprodukt ermöglicht eine durchgehende Wertschöpfungskette.

Der Technologie- und Komponentenentwicklung geht ein Konzept mit dem Titel „Nachwachsende Rohstoffe als Substitution für Massenkunststoffe“ voraus. Im Rahmen der 2. Ausschreibung wurden hierfür die Grundlagen wie Marktrelevanz, Stand der Technik sowie erste Rezepturherstellungen untersucht. Mit dem Wissen des Konzeptes wurde das Konsortium zusammengestellt.

Die Kapitel des Endberichts behandeln chronologisch die schrittweise Anpassung der Verblendung zur Erfüllung geforderter Anforderungsprofile des ersten Leuchtturmproduktes. Das Kernstück des Berichtes behandelt die Rezepturauswahl mit deren Komponentenbeschreibung. Die abschließenden Kapitel beschreiben Überblicksweise die Technologie zur Umsetzung zu Musterprodukten sowie die Untersuchung des Blends auf dessen biologische Abbaubarkeit.



5.2 Ziele des Projektes

Die Entwicklung in dieser Technologie und Komponentenentwicklung im Rahmen des Programms „Nachhaltige Technologieentwicklung – Fabrik der Zukunft“ hat sich darauf konzentriert, ein marktfähiges Blend aus biologisch abbaubaren Komponenten zusammen zu stellen. Die Rohstoffe für das Blend sollen nach Möglichkeit aus Österreich bezogen werden. Ziel ist es, das neu entwickelte Blend direkt in Produkten einzusetzen, und damit konventionelle Standardkunststoffe zu substituieren. Die angedachten Produkte sind so ausgewählt, dass sie durch den Einsatz von BAW einen Mehrwert erfahren. Die Erfahrung des Konsortiums bestätigt, dass es einige Nischensegmente gibt, in denen der Mehrwert durch marketingtechnische Überlegungen auch einen etwas höheren Preis rechtfertigt.

Ein weiteres Ziel liegt in der Schaffung eines innovationsfähigen Firmennetzwerkes zur Umsetzung von Biopolymertechnologien. Das soll heißen, dass KMUs alleine oft an Eintrittsbarrieren wie fehlende Anlagenverfügbarkeit u.ä. scheitern, die mit einem Netzwerk von beratenden Rohstoffherstellern, Verarbeitern und „F&E Dienstleistern“ leichter zu überwinden sind.

5.2.1 Fortschritt in der Entwicklung

Die international steigenden Entwicklungsbemühungen konnten in relativ kurzer Zeit große technische Fortschritte erzielen. Dennoch weisen BAW hinsichtlich ihrer universellen Einsetzbarkeit Beschränkungen auf. Sie sind im Wesentlichen technischen und ökonomischen Ursprungs. Grundsätzlich wandeln biologisch abbaubare Werkstoffe auf einem "schmalen Grat" zwischen geforderter Stabilität und anschließendem Abbau.

Noch werden die meisten Produkte aus biologisch abbaubaren Werkstoffen in Bereichen eingesetzt, bei denen ihre namensgebende Funktion einen wesentlichen Nutzen bedeutet. Dies betrifft insbesondere Segmente, die direkt mit biologischen Verwertungsverfahren in Berührung kommen, wie z.B. Sammelsäcke für Bioabfall, Landwirtschaftsfolien, Friedhofs- oder Gärtnereiartikel. Durch die fortlaufende Verbesserung der Materialien sind jedoch eine Reihe weiterer Einsatzfelder denkbar, bei der das mögliche "Bio-Recycling" weniger vordergründig steht.



Als Beispiel hierfür will das Konsortium ganz bewusst Biopolymere im Kartensektor einsetzen. Bisherige Anwendungen haben gezeigt, dass Naturstoffe aufgrund unzureichender Eigenschaftsprofile und auch der nicht unkritischen Prozessfähigkeit hier beschränkt anwendbar sind. Der Innovationsgehalt dieser Technologie- und Komponentenentwicklung liegt einerseits in der Abstimmung der Materialeigenschaften auf das Einsatzgebiet und andererseits in der Wirtschaftlichkeit (Preis) im Vergleich zu am Markt befindlichen BAWs. Karten die als Anhänger an z.B. Gesundheitsprodukte wie Cremes eingesetzt werden unterliegen nicht den hohen Anforderungen wie Kreditkarten und „Langzeit - Gebrauchskarten“. Trotzdem sind die technologischen Anforderungen, abgesehen von der preislichen Konkurrenzfähigkeit, nicht zu unterschätzen. Die Herausforderungen der Prozesskonstanz bei der Herstellung der Halbzeuge und die Beständigkeit gegen äußere Einflüsse während des Gebrauchs wurden weitgehend gelöst.

5.2.2 Wettbewerbsfähigkeit von biologisch abbaubaren Werkstoffen

Es bleibt trotz positiver Entwicklungsergebnisse festzuhalten, dass konventionelle Kunststoffe den BAW aus Kostengründen von den Verarbeitern meist vorgezogen werden. Das im Aufbau befindliche Entsorgungs- und Verwertungssystem für kompostierbare Verpackungen wird die Wettbewerbsfähigkeit erheblich verbessern. Die Schwächen konventioneller Verpackungskunststoffe werden bei der gesetzlich geforderten Wiederverwertung der kurzlebigen Produkte deutlich; hier liegen die Kosten für das aufwendige Sammeln, Sortieren und Recycling weit über deren Herstellungspreis. Die ökonomische und ökologisch effiziente Verwertung durch die ungleich günstigeren biologischen Verwertungsverfahren ist die Basis für ein neues Kreislaufwirtschaftssystem für Verpackungen aus BAW.

6 Inhalte und Ergebnisse des Projekts

6.1 Ausgangsbasis

Die unzureichenden Eigenschaften am Markt befindlicher BAWs in Abhängigkeit zur Kostenstruktur, mech. Eigenschaften und Verfügbarkeit veranlassen zur Entwicklung einer maßgeschneiderten Biopolymerrezeptur auf Basis der Verblendung bestehender Formmassen. Zum Projektstart lag dem Konsortium eine hochpreisige amerikanische



Rezepturlösung vor, auf deren Basis die wirtschaftliche Umsetzung mit eigenen Rezeptur- und Prozessideen das Projekt aufbaut. Das amerikanische Stärkepolymer als Referenzmuster wurde untersucht und in die Weiterentwicklung einbezogen.

6.2 Untersuchung des Referenzmusters

Aufbauend auf den Erfahrungen bisheriger Kartenherstellung aus Biopolymeren wird die ursprünglich verwendete Materialmischung auf deren Zusammensetzung untersucht.

Im Zuge der durchgeführten Marktrecherche im Vorfeld der praktischen Arbeiten wurde die chemische Analyse des bestehenden amerikanischen Materials durchgeführt. Das Material wurde qualitativ, d.h. auf seine Bestandteile analysiert. Zu diesem Zweck wurde das Verfahren der Infrarot-Spektroskopie angewandt.

Um die Proben analysieren zu können, mussten sie zuerst in ihre einzelnen Komponenten, in diesem Fall Granulat und verschiedene pulverförmige Stoffe, aufgetrennt werden. Zu diesem Zweck wurde eine Siebanalyse durchgeführt. Die Probe konnte auf diesem Weg ohne chemische Vorbehandlung relativ einfach in zwei Granulatförmige Bestandteile sowie verschiedene pulverförmige Komponenten mit unterschiedlichen Korngrößen aufgeteilt werden.

6.2.1 Siebanalyse

Die fraktionierende Siebung ergibt fünf Stoffe in verschiedenen Konzentrationen: Die Bestandteile des Materials (Granulat + Pulver) wurden mit Hilfe von verschiedenen Sieben nach der Korngröße getrennt. Die Granulate wurden anschließend von Hand aussortiert.

Nachfolgend eine Aufstellung der ausgesiebten Komponenten sowie der verwendeten Siebe.



Komponente	Korngröße [mm]	Proben Nr.	Menge [%]
<i>Weißes Granulat</i>	>1	1	41
<i>Gelbes Granulat</i>	>1	2	4
<i>Pulver1</i>	<0,063	3	53,5
<i>Pulver2</i>	>0,100	4	0,6
<i>Pulver3</i>	>0,063	5	0,9

Abbildung 1: Mengenanteile der Komponenten des Referenzmaterials



Probe 1 (Biopolyester)



Probe 2



Probe 3



Probe 4

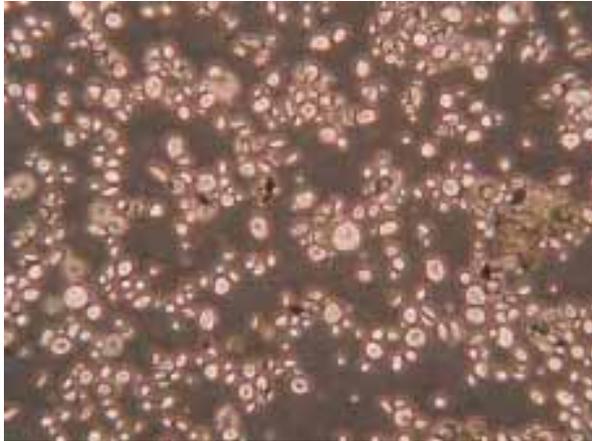


Probe 5

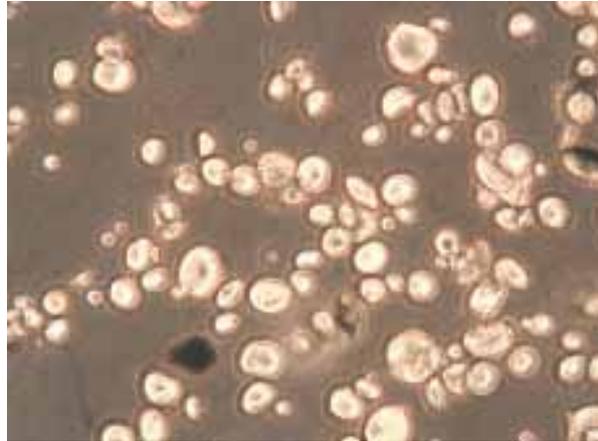
Abbildung 2: Siebfractionen des Referenzmusters

6.2.2 Mikroskopische Untersuchung

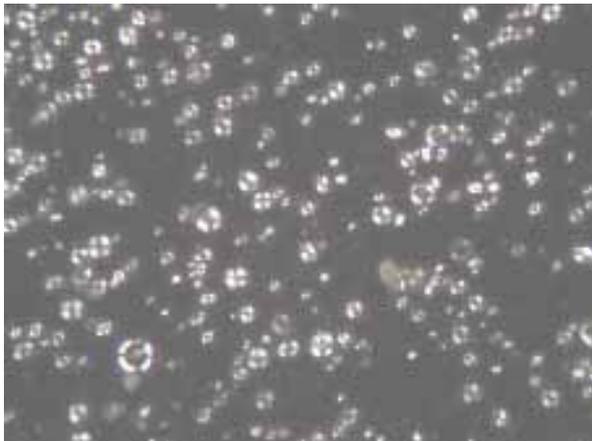
Das mikroskopische Bild (Abbildung 3) zeigt Weizenstärkekörner, welche noch ein Polarisationskreuz aufweisen. Demnach handelt es sich um Kochstärken, modifizierter oder nativer Art. Nichtstärke Fremdkörper sind ebenfalls zu erkennen, über diesen Weg jedoch weder quantifizierbar, noch qualifizierbar.



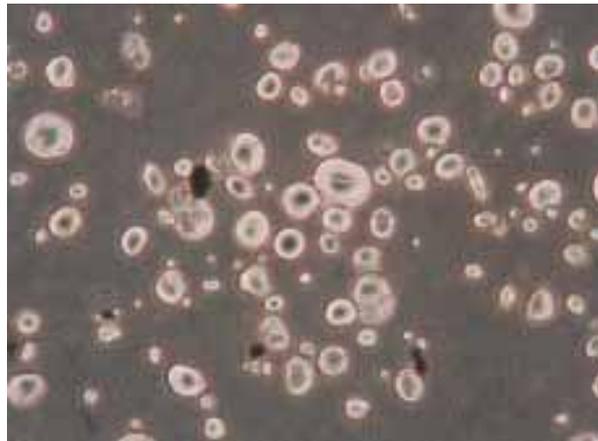
A 200fache Vergr.



A 400fache Vergr.



B 200fache Vergr. Polarisationslicht



B 400fache Vergr.

Abbildung 3: Mikroskopaufnahmen der Stärkereferenzmuster

6.2.3 DSC – Analyse

Die Untersuchung im DSC weist eindeutig für das abgeseibte Pulver einen synthetischen Anteil aus. Dieser Anteil dürfte sich, obwohl im Slurry bestimmt, in der Chemie von den zugesetzten Plastikstücken unterscheiden – bemerkenswert ist die hohe Energieaufnahme. Dieser synthetische Pulveranteil dürfte zudem beim Erhitzen mit der Stärke eine starke Bindung eingehen, wodurch keine löslichen Bestandteile mehr verfügbar sind.

1) Premix 23.2.2003 im folgenden A

2) Premix 14.3.2003 im folgenden B



Die tabellarische Auswertung der DSC Analyse befindet sich im Anhang

6.2.4 Conclusio Referenzmusteranalyse

Der abgeseibte Anteil des ersten Premix A weist eine leicht schmutzige, weiße Farbe auf, im Gegensatz zum helleren abgeseibten Anteil des zweiten Premix B. Diese Beobachtung, die Stickstoffwerte und die Bezeichnung „White color“ des zweiten Premix lassen darauf schließen, im ersten Premix vermutlich ein Weizenmehl (Mischung Weizenstärke + Gluten oder Mischung Weizenstärke Weizenmehl?), im zweiten Premix hingegen eine reine Weizenstärke enthalten ist.

Der etwas höhere Aschegehalt des Pulvers des ersten Premix A (8%) gegenüber dem zweiten Premix B (5,3%) lässt sich damit nicht zur Gänze erklären. Der Aschegehalt ist von der Weizenstärke aus nicht erklärbar. Dieser muss aus einer Zumischung stammen. Angenähert könnte man beiden Pulvern etwa 5% Synthetik (und/oder Füllstoff) Anteil zuschreiben. Es muss bemerkt werden, dass der Stickstoffanteil im ersten Premixpulver auch von einem synthetischen „Polyamid“, bzw. von anderen stickstoffhaltigen Zusätzen stammen könnte.

Bei der Stärke handelt es sich um keine unbehandelte Stärke. Das Verhalten des weißen Pulvers entspricht nicht dem einer nativen Stärke. Die Aufschliessung bzw. Löslichkeit ist nicht gegeben. Der unverhältnismäßig hohe Aschegehalt ist nicht geklärt (Titanoxid?). Es besteht durch den nachgewiesenen Stickstoffanteil die Möglichkeit, dass der Stärke Mehl zugegeben wurde (unwahrscheinlich). Es ist anzunehmen, dass die Stärke gecoatet wurde. Hier werden u.a. die Stoffe Dimethylharnstoff bzw. Dimethylformamid bzw. Dimethylacetamid in Erwägung gezogen. Diese Stoffe wirken in der Stärke als Compatibilizer. Es bleibt in Betracht zu ziehen, ob es sich bei dem nicht definierten Zusatzstoff um Ammoniumpolyphosphat handelt.

Durch den Stand der Analyse ist eine eindeutige Identifizierung der Materialbestandteile nicht möglich. Unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit wird daher als Ausgangsrohstoff für die Versuchsrezepturen auf native Maisstärke zurückgegriffen.



6.3 Rezepturentwicklung

Die folgende Auflistung von Arbeitsschritten und Ergebnissen stellt schematisch den chronologischen Ablauf der Rezepturentwicklung dar.

1) Rohstoffauswahl



Die Auswahl der Rohstoffe erfolgt nach den Gesichtspunkten der Verfügbarkeit und des Preises. Die Bestandteile der Rezeptur kommen zu 70% aus der Nahrungsmittelproduktion. Die Komponenten sind zu 100% biologisch abbaubar und unbedenklich. Sowohl die Rohstoffauswahl aber auch die Verfahrenstechnologie zur Herstellung nimmt großen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften. Die Rohstoffkosten der Formulierungen liegen zwischen 1,3 – 1,8 €/kg und damit unter den vorgegebenen Kosten von 2€/kg.

2) Knetversuche



Knetversuche ermöglichen eine hohe Anzahl an Einzelversuchen zur Ermittlung geeigneter Komponenten. Sie dienen als eine Art „Screening“ einsetzbarer Rohstoffe, lassen aber wenig Rückschluss auf die mechanischen Eigenschaften zu. Das Konzept „Erneuerbare Biopolymere als Substitution für Massenkunststoffe“ als Vorarbeit im Rahmen der Fabrik der Zukunft beinhaltet ein Screening von über 80 Mustern.

3) Walzversuche



Output von Walzversuchen sind Walzfelle die zu thermoplastisch verarbeitbarem Granulat gehäckselt werden. Diese Aufbereitung liefert Formmassen in Kleinstmengen zur Probekörperherstellung im Spritzguss. Die Erfahrungen aus Walzversuchen werden auf Doppelschneckenextrudern umgesetzt.



4) Compoundierversuche im Labormaßstab



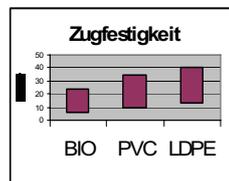
Der letzte Schritt vor dem Up Scaling ist die Herstellung von Biopolymeren auf dem Labor Doppelschneckenextruder. Ausstoßmengen liegen bei ca. 10 kg/h. Mit diesen Chargengrößen können Folienextrusionsversuche im Chill Roll Verfahren durchgeführt werden.

5) Verarbeitungsversuche - Probekörperherstellung



Die Entwicklung wird u.a. im Spritzgussverfahren auf die Verarbeitbarkeit untersucht und zu Schulterstäben verarbeitet. Es sind keine Adaptierungen an Standardverarbeitungsverfahren notwendig.

6) Prüftechnische Untersuchung



Die Zugfestigkeit und Reißdehnung jeder Serie wird prüftechnisch bestimmt. Die Eigenschaften der entwickelten Biopolymerblends sind vergleichbar derer von Weich- PVC bzw. LDPE.

7) Upscaling



Umsetzung der Laborergebnisse auf großtechnischen Compoundieranlagen. Zu diesem Zweck ist neben den geeigneten Dosieranlagen vor allem das richtige Schneckenkonzept zu ermitteln. Mit den positiv zu bewertenden Versuchen ist die Upscalebarkeit technologisch als gelöst zu betrachten.



8) Herstellung von Halbzeugen



Während der Projektlaufzeit wurde vornehmliches Augenmerk auf die Herstellung von Folien zur Weiterverarbeitung für Karten, Anhänger und andere bedruckbaren Artikel gelegt. Das Material ist rheologisch prozessfähig. Verarbeitungsprobleme hinsichtlich Bartbildung müssen durch Rezepturadaptierungen allerdings noch optimiert werden. Die Folien sind durchgehend knickfest und besitzen eine gute Dehnbarkeit.

9) Verarbeitung der Halbzeuge zu Fertigprodukten



Der letzte Arbeitsschritt liegt in der Bedruckung der Folien. Das Material weist eine gute Bedruckbarkeit auf. Die Produkte werden gestanzt, lackbeschichtet, laminiert bzw. durch andere Endbehandlungen dem Anwendungszweck angepasst. Die Bemusterung hat großes Interesse bei potentiellen Kunden gezeigt.

6.4 Versuchsprogramm

Zur Optimierung der Rezeptur hinsichtlich des Einsatzzwecks „Karten“ werden in mehreren Schritten unterschiedliche Blend-Zusammenstellungen getestet. Die Versuchsanordnung (obenstehender Ablauf) zur Herstellung verschiedener Rezepturen ist für alle Serien ident. Die Komponenten wurden im Kleinstversuch im Meßknetter der Firma Brabender (Knetkammervolumen 50 cm³) auf ihre Anwendbarkeit untersucht sowie die Knetmuster optisch bewertet. Der zweite Arbeitsschritt liegt in der Aufbereitung von thermoplastischer Stärke unter Zumischung verschiedener Biopolyester und Additiven auf dem gleichlaufenden Doppelschneckenextruder. Vergleichende Versuche zeigen, dass die Bauart (gleichlaufende Schnecken bzw. gegenlaufende Schnecken) überraschend wenig Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des Endproduktes hat. Die thermoplastische Stärke im Weiteren TPS genannt wird mit Biopolyestertypen mit unterschiedlichen Mengenanteilen zu thermoplastisch verarbeitbarem Biopolymergranulat compoundiert.



6.4.1 Bestimmung der TPS Zusammensetzung

Thermoplastische Stärke TPS ist aus der Patentliteratur seit über 20 Jahren bekannt. Als Beispiele sind hier „Deconstructurized starch and processing for making same“, Patentnummer 0 282 451 (Publikationsdatum 09/1988) und „Polymer composition for Injection moulding“ Patentnummer 0 118 240 (Publikationsdatum 09/1984), eingereicht von Warner-Lambert Company, zu nennen. Bei TPS handelt es sich um eine mit Plastifiziermitteln modifizierte Stärke die aufgrund ihrer höheren Thermostabilität mit konventioneller Kunststofftechnologie verarbeitbar ist. Diese Werkstoffgruppe stellt für sich selber allerdings nur ein eingeschränktes Einsatzfeld dar. Die teilweise Wasserlöslichkeit und Quellung, sowie schlechte mechanische Eigenschaften, reduzieren die Gebrauchstauglichkeit auf Güter wie z.B. Füllstoffe in Verpackungen. Die richtige Zusammensetzung der TPS zur weiteren Verblendung mit anderen Naturstoffpolymeren ist unabdingbar. Es stehen hierzu die Möglichkeiten des Coatings der Stärke, die Verwendung modifizierter Stärken die Zugabe von Verarbeitungshilfen (Additiven) und vor allem das ausgewogene Mengenverhältnis der Gelierstoffe dar. Zur Plastifizierung kommen unter anderen mehrwertige Alkohole und Zuckeralkohole zum Einsatz. Während der praktischen Arbeiten zu diesem Projekt wurden Glycerin und Sorbitol als Plastifizierungsmittel eingesetzt. Grundsätzlich hat das Plastifizierungsmittel die Aufgabe, den Schmelzpunkt der Stärke soweit abzusenken, dass die Schmelztemperatur unter der Zersetzungstemperatur liegt und somit ein Aufschmelzen des Materials ermöglicht wird. Weiters fungiert Glycerin auch als innerer Weichmacher und trägt somit zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des grundsätzlich relativ spröden Werkstoffs TPS bei.

Aufgrund der höheren Rohstoffkosten von Geliermitteln und Additiven ist die richtige Dosierung auch von wirtschaftlicher Bedeutung.

6.4.1.1 Coating

Um die Stärke thermisch beständiger zu machen wurde sie vor der weiteren Verarbeitung „gecoatet“. Für das so genannte Coating wurden die zwei Substanzen Calciumstearat und Stearinsäure untersucht.



Die Stärke wurde im Planetenmischer unter Wärmezufuhr mit den zwei Substanzen vermischt. Der Gehalt an Ca-Stearat und Stearinsäure betrug jeweils 1% bezogen auf das Gewicht der reinen Stärke. Die Mischzeit betrug 15min.

Die Verbesserung der thermischen Beständigkeit des Materials ist in der Umschließung der Stärkemoleküle durch Stearinsäuremoleküle begründet. Auf diesem Weg konnte die Verarbeitungstemperatur während der praktischen Versuche um 30-40°C erhöht werden. Die mechanischen Prüfungen zeigten jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Festigkeit und Reißdehnung der Werkstoffe (siehe Abbildung 4). Aus diesem Grund wurde aus Kostengründen auf das Coating der Stärke in weiteren Versuchen verzichtet.

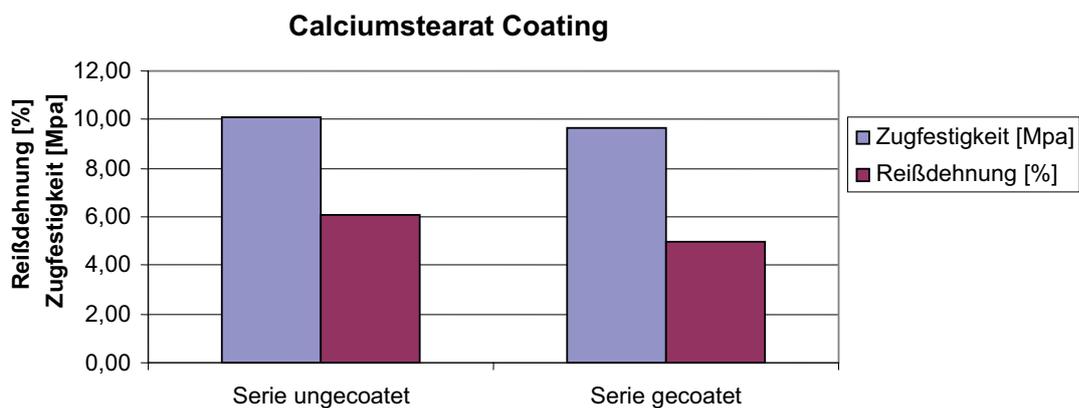


Abbildung 4: Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit zur Vorbehandlung der Stärke



6.4.1.2 Plastifiziermittel

Zur Plastifizierung der Stärke wurden in den Versuchsreihen die Stoffe Glycerin und Sorbitol herangezogen. Der Vorteil von Glycerin liegt in der hohen Verfügbarkeit zu niedrigem Preisniveau. Bei den Versuchsreihen wurde Glycerin aus der Biodieselfabrik mit einem Restestergehalt von <4% verwendet. Die Kosten für dieses Nebenprodukt konnten nicht erhoben werden, es bleibt jedoch anzunehmen, dass das Produkt als unreinigter Reststoff bei wenigen Cent/Liter anzusetzen ist. Nachteilig verhält sich der hohe Wassergehalt im Glycerin aus der Ölmühle. Die Anwesenheit von zu viel Wasser ergibt in der Produktion ein Aufschäumen an der Düse. Sorbit als Trockensubstanz zeigt dieses Verhalten erwartungsgemäß nicht. Preislich ist Sorbitol je nach Lieferant zwischen 1,3 €/kg bis 2,0 €/kg anzusetzen. Aufgrund dieser Tatsache wurde ein Verhältnis mit möglichst hohem Glyceringehalt und niedrigem Sorbitanteil ermittelt. Die Eigenschaften des Endproduktes korrelieren unmittelbar mit dem Weichmacheranteil. Wie in Abbildung 5 zu erkennen ist, steigt die Reißdehnung bei wachsendem Weichmacheranteil, wobei die Zugfestigkeit geringer wird. Weiters konnte festgestellt werden, dass der ideale Plastifiziermittelgehalt bei 37% liegt, da bei diesem Anteil ein bestmöglicher Kompromiss beider Materialkenngrößen vorliegt. Bei 33% ist die Reißdehnung zu niedrig, während bei 43% Plastifiziermittelanteil die Zugfestigkeit zu stark abgenommen hat.



Vergleich der unterschiedlichen Weichmacheranteile

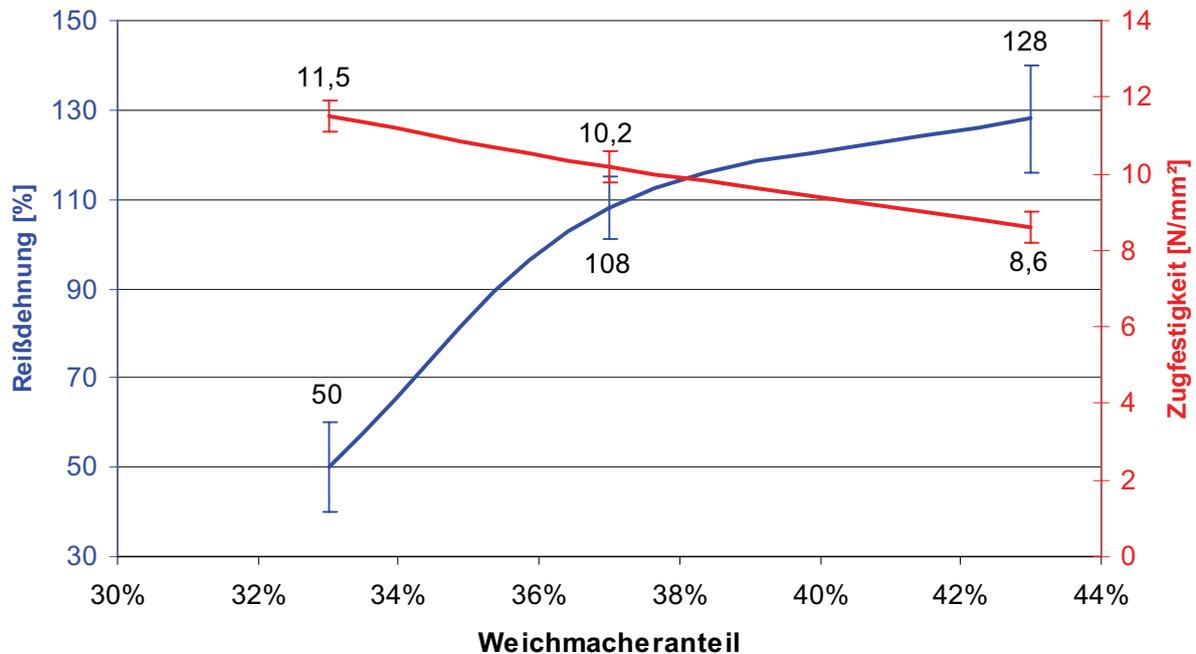


Abbildung 5: Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit zum Plastifiziermittelanteil

Das Projekt hat das vorrangige Ziel ein Biopolymer mit möglichst hohem Naturstoffanteil aus lokal vorhandenen Quellen zusammenzustellen. Da ein konkurrenzfähiges Produkt sich vornehmlich auch über den Preis definiert ist es notwendig, internationale Rohstoffmärkte mit einzubeziehen. Die Versuchsreihe zur Optimierung der TPS zeigt, dass keine Qualitätsminderung mit der Verwendung kostengünstigerer Weichmacher aus dem Europäischen Raum einhergeht.

6.4.2 Füllstoffe

Füllstoffe werden verwendet, um die Kosten eines Produktes zu senken. Der Füllstoff muss im Fall von Biopolymeren als unbedenklich einzustufen sein und in seiner Preisstruktur deutlich unter dem Polymergemisch liegen. Zu diesem Zweck wurde die Auswirkung der Zugabe von Kreide auf das Biopolymer untersucht. Zahlreiche Testergebnisse haben einen negativen Einfluss das Gelierverhalten und in weiterer Folge auf die Flexibilität des Werkstoffes gezeigt. Eine 10%ige Zugabe von Kreide bewirkt zwar eine



geringfügige Erhöhung der Festigkeit, setzt aber gleichzeitig die Reißdehnung und Flexibilität so weit herab, dass die Materialien als nicht mehr knickfest zu bewerten waren. Das Diagramm zeigt zusammenfassend den Effekt der Zugabe von Kreide.

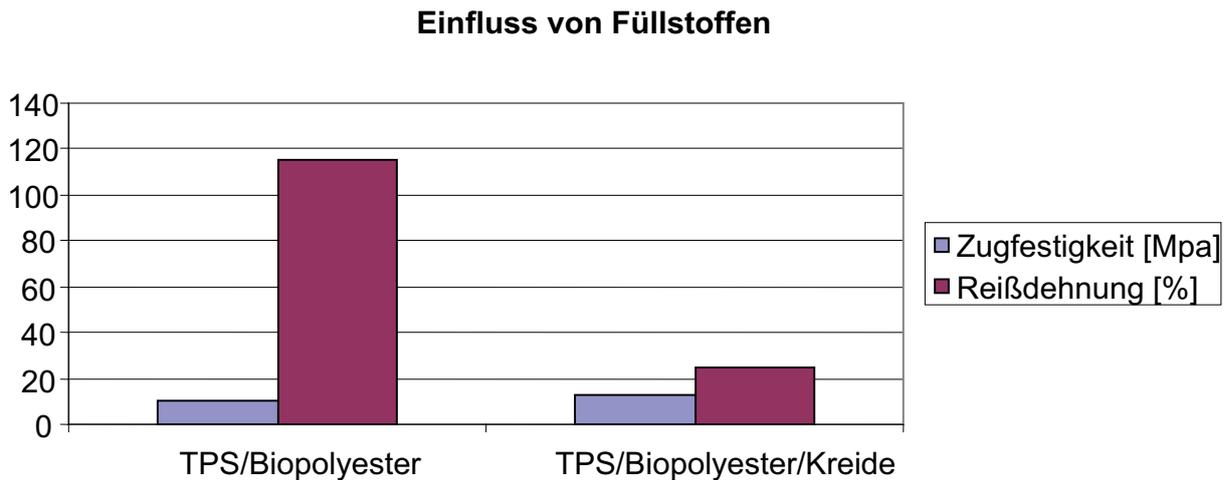


Abbildung 6: Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit zum Füllstoff

6.4.3 Compoundierung mit Verstärkungsstoffen

Thermoplastische Stärke erfüllt unabhängig von deren Modifikation nicht die Anforderungen für Produkte im Kartensektor. Daraus resultiert die Notwendigkeit der Verblendung mit anderen biologisch abbaubaren Materialien. Die derzeit mit den größten Produktionsmengen am Markt vertretenen Biowerkstoffe stellen Ecoflex von der Firma BASF sowie PLA Polymilchsäure von Dow Cargill dar. Beide Materialien erfüllen die Anforderungen der biologischen Abbaubarkeit nach ÖNORM EN ISO 14855. Das nachstehende Diagramm in Abbildung 7 zeigt das erreichbare breite Eigenschaftsspektrum durch Verblendung der verschiedenen Werkstoffe:

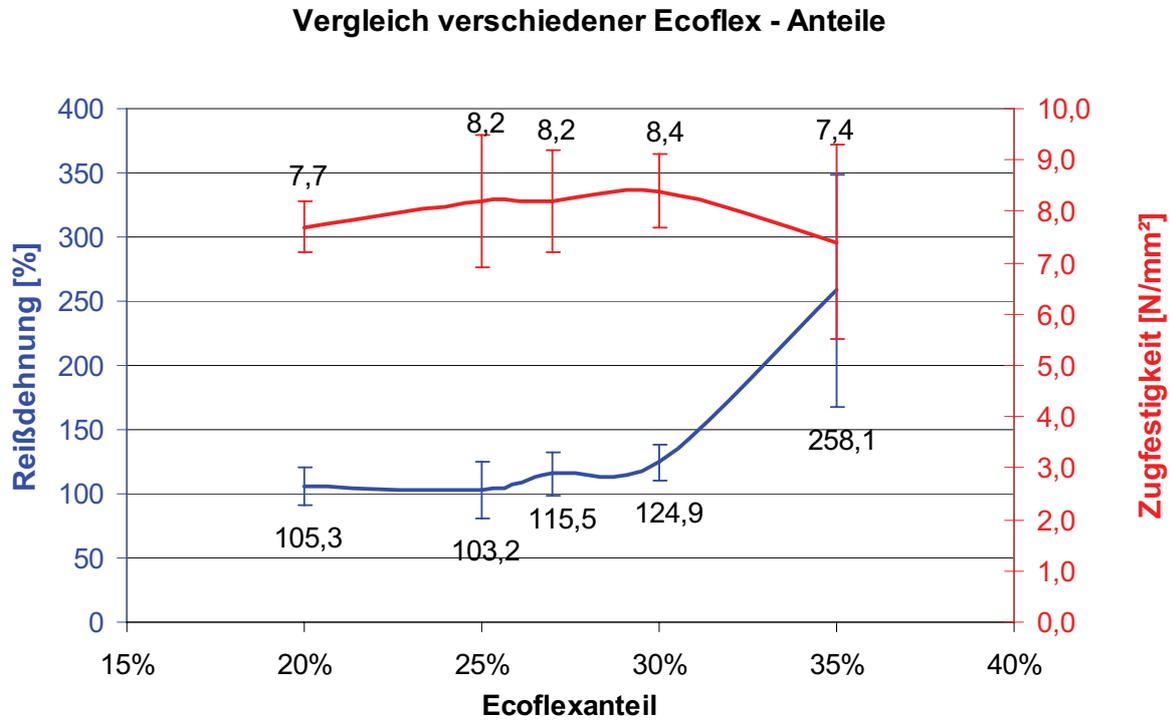


Abbildung 7: Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit zum Biopolyesteranteil

Die nicht überlappenden Vertrauensbereiche (95%) zeigen signifikante Unterschiede für die Reißdehnung in Abhängigkeit vom Ecoflexanteil. Bezugnehmend auf die Reißdehnung ist bei einem Ecoflexanteil von 20% - 30% kein Unterschied erkennbar. Lediglich bei einem Biopolyestergehalt von 35% erhöht sich die Reißdehnung eklatant.

Eine deutlichere Anhängigkeit ergibt die Zugabe von PLA zu TPS-Ecoflexblends (Abbildung 8).



**Änderung der Reißdehnung und Zugfestigkeit durch Zugabe von
PLA
Compound Mischungsverhältnis 80% TPS : 20% Ecoflex**

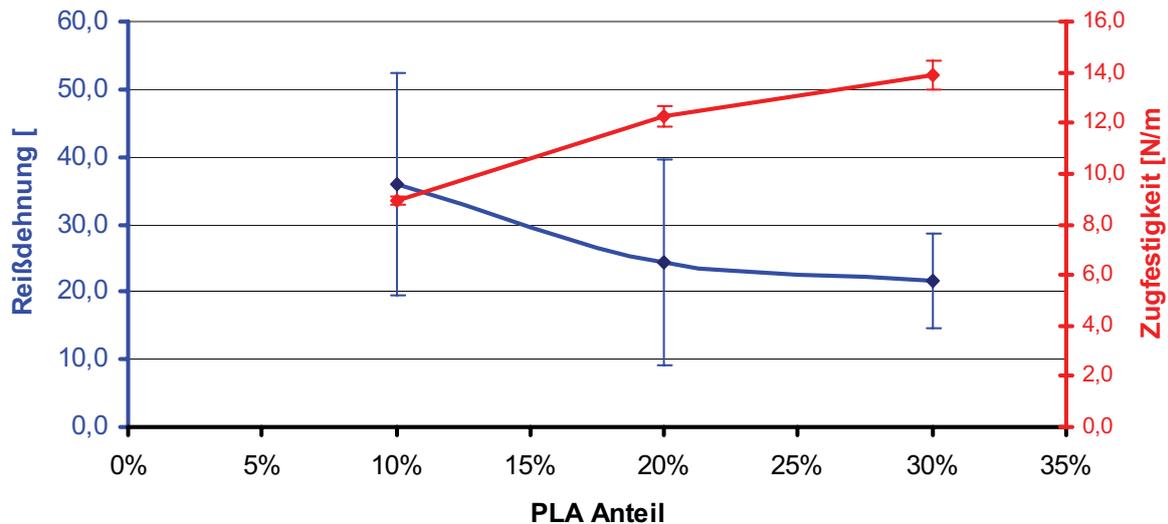


Abbildung 8: Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit vom PLA Anteil

Die Erhöhung des PLA Anteiles führt zu einem Anstieg der Zugfestigkeit. Aufgrund der Stichprobengröße bei einem 95%igen Vertrauensbereich ist für das Verhalten der Reißdehnung keine Aussage zulässig. Die Tendenz der Versprödung durch Zugabe der spröden Werkstoffes PLA ist trotzdem zu erwarten.

Die Gegenüberstellung unterschiedlicher TPS- Ecoflex Blends in Abhängigkeit des PLA Anteils stellt sich wie folgt dar (Abbildung 9):



Vergleich der Zugfestigkeit zwischen den Compounds mit den Mischungsverhältnissen 80% TPS : 20% Ecoflex und 70% TPS : 30% Ecoflex mit unterschiedlichen PLA Anteilen

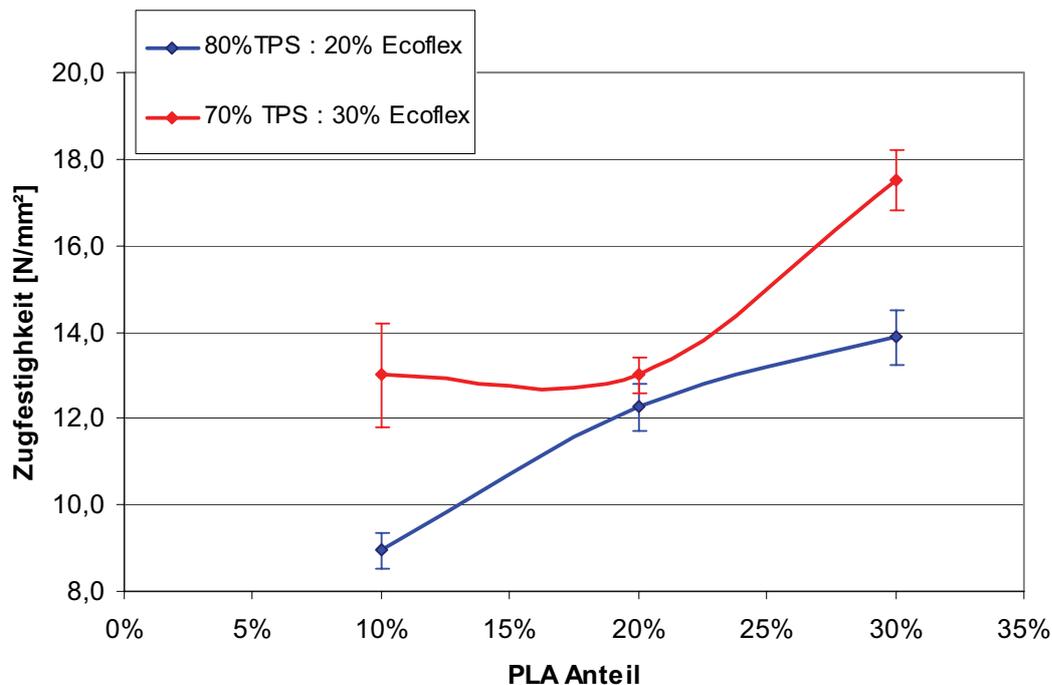


Abbildung 9: Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit unterschiedlicher PLA Anteile

6.4.4 Verstärkungswirkung von Naturfasern

Faserverstärkung wird bei Standardpolymeren schon sehr lange eingesetzt. Fasern sollen die mechanischen Belastungen wie Druck, Zug oder Stauchung tragen und so den Werkstoff erheblich in dessen Eigenschaften verbessern. Im Laufe der Zeit haben sich speziell Glas-, Aramid- und Kohlefasern etabliert. All diese Fasern behindern allerdings den biologischen Abbau am Ende des Lebenszyklus eines Produktes. Daher werden in Biopolymeren nur Naturfasern eingearbeitet. Den mengenmäßig größten Anteil (Verwendung in der Automobilindustrie) macht derzeit die Hanffaser aus.

Hanffasern sind Hohlfasern, bestehend aus hochfester Cellulose, bei denen viele Elementarfasern („1“ in Abbildung 10) über natürliche Klebsubstanzen (Lignin, Pektine u.a.) zusammen Bastfaserbündel bilden. Bei einer Aufbereitung zerfasern diese Bündel. Solche Bastfaserbündel bilden zusammen mit anderen Rindenzellen („2“ in Abbildung 10) die Faserkollektive.

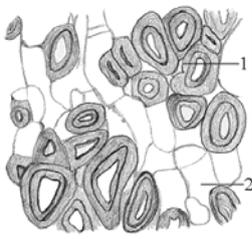


Abbildung 10: Aufbau von Hanffasern

Die Grundvoraussetzungen für Verstärkungswirkung liegen in der Haftung der Faser an der Matrix und einer höheren Faserfestigkeit als das zu verstärkende Material. Hierfür ist die Art der Einbringung und Dispergierung der Faser die technologische Herausforderung.

Zur Untersuchung der möglichen Verstärkungswirkung wurde für diesen Versuchsbe-
reich Hanf herangezogen. Hanf erreicht eine Wachstumshöhe von 2m bis 2,5m. Der
Wachstumsprozess beträgt nur 3 bis 4 Monate und macht ihn damit ideal zur Verarbei-
tung da er ein sehr schnell nachwachsender Rohstoff und dementsprechend kosten-
günstig ist.

Die Faserlänge bei Hanf beträgt 5mm bis 55mm. Die Faserdicke beträgt $16\mu\text{m}$ bis $50\mu\text{m}$ und Hanf besitzt eine Dichte von $1,48\text{ g/cm}^3$. Die Dehnung der Hanffaser beträgt 1% bis 6%. Am Markt befindliche Hanffasergranulate werden mit durchschnittlichen Faserlängen von ca. 4 mm angeboten. Üblich ist die Einarbeitung in Standardthermoplaste wie z.B. Polypropylen. Die Verarbeitung solcher Granulate wird aufgrund besserer Durchmischung auf Doppelschneckenextrudern empfohlen. Durch die nicht abbaubaren Trägerstoffe wie PP und PE ist der Einsatz solcher Fasergranulate in Biopolymeren nicht sinnvoll. Aus diesem Grund werden für diesen Versuch unbehandelte Ultra - Kurzfasern (0,5mm) verwendet, da eine bessere Dispergierung aufgrund der geringen Faserlänge vermutet wird.

Hanf hat eine maximale Verarbeitungstemperatur von 230°C , dies macht diese Naturfa-
ser ideal für die Verarbeitung im Extruder und im Spritzguss, da die niedrige Verarbei-
tungstemperatur von Biopolymer ($120^\circ - 160^\circ$) keine negativen Eigenschaften auf die



Faser hat. Ebenfalls hat Hanf eine gute Feuchtigkeitsaufnahme von bis zu 65%, was ebenfalls ein großer Vorteil ist.

Da die Faserverteilung aufgrund schlechter Homogenisierungswirkung des Walzwerkes nicht möglich ist, wird die Einbringung der Faser über einen 2-stufigen Prozess mittels Messkneteter zur Vordispersierung getestet. Die Faser wird hierzu mit dem Homobio-polymer vermischt und im Messkneteter zu einem Biopolymer mit hohem Faseranteil disper-giert. Die Knetmasse wird im noch warmen Zustand auf ein Walzwerk aufgetragen und unter Zugabe von Biopolymergranulat zum gewünschten Faseranteil verdünnt. Diese Aufbereitungsmethode stellt sich aufgrund der langzeitigen Temperatureinwirkung und der damit verbundenen Schädigung des Materials als ungeeignet dar. Die Abbildung zeigt das 2-stufige Verfahrensschema:

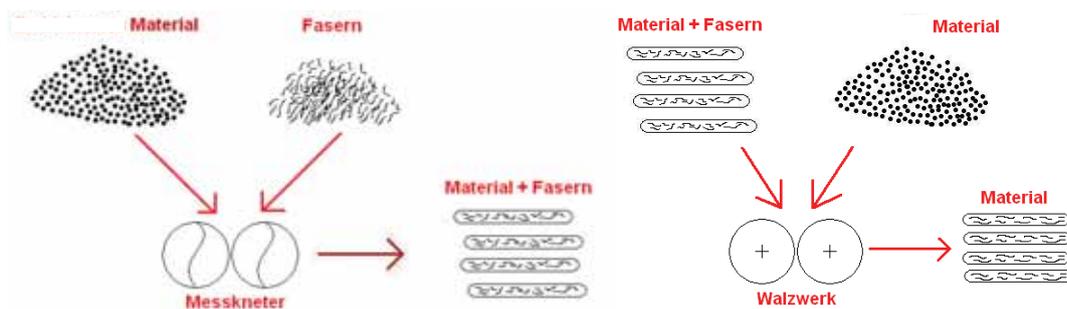


Abbildung 11: Naturfasereinarbeitung mittels Knetter und Walzwerk

Ein anderes Verfahren zur Einarbeitung von Fasern ist die Direktdosierung zum Her-stellprozess thermoplastischer Stärke. Der Vorteil liegt in der schonenden Aufbereitung. Nachteilig ist die schlechte Verteilung der Faser.

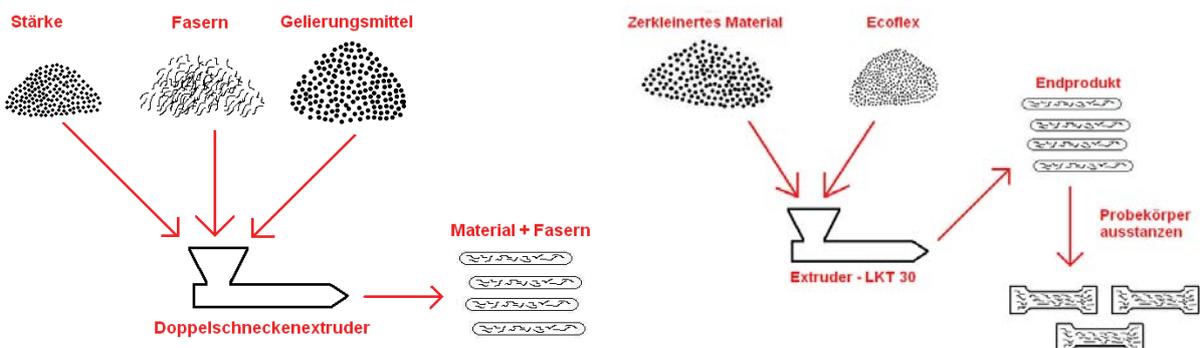


Abbildung 12: Naturfasereinarbeitung mittels Direktdosierung



Die Einarbeitung von Fasern bringt, aufgrund der schlechten Dispergierbarkeit, mit den beschriebenen Methoden nicht den gewünschten Verstärkungseffekt. Ein Anstieg der Zugfestigkeit ist zwar zu verzeichnen (siehe Abbildung 13) jedoch sinkt die Reißdehnung so maßgeblich, dass die „Kartenanforderungen“ mit Faserverstärkten Materialien nicht mehr erfüllbar sind. Die Balkendiagramme zeigen Hanffaserverstärkte Biopolymere mit Faseranteilen von 0%-15%.

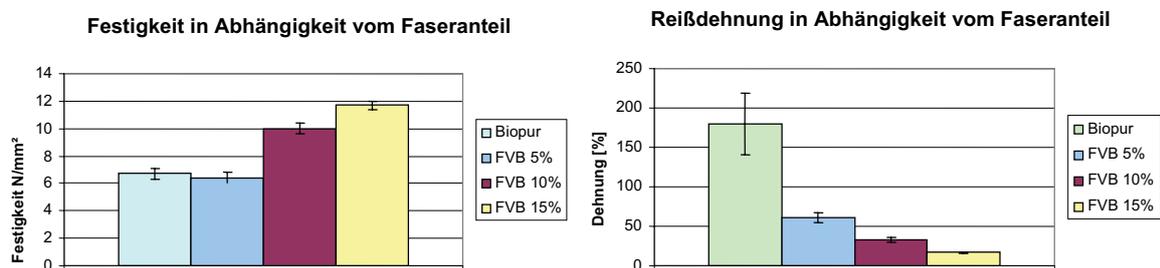


Abbildung 13: Mechanische Eigenschaften in Abhängigkeit zum Naturfaseranteil

Die schlechte Verteilung der Fasern ist auf der Durchlichtaufnahme deutlich dargestellt. Das Photo in Abbildung 14 zeigt ein Walzfell mit 5% Hanffaseranteil. Die schwarzen Punkte sind Agglomerate von Hanffasern:

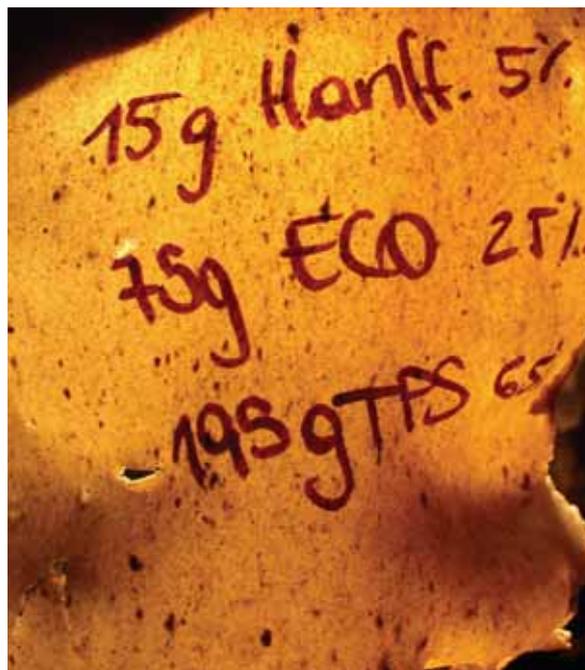




Abbildung 14: Durchlichtaufnahme eines faserverstärkten Walzfelles

6.4.5 Kostenoptimierung des Blends

Konkurrenzfähige Biopolymere müssen sich in ihrer Kostenstruktur mit Standardthermoplasten messen können. Am Markt befindliche BAWs werden aufgrund der stetig steigenden Produktionsmengen zwar laufend billiger, liegen preislich meist jedoch noch weit über vergleichbaren Standardthermoplasten. Aus diesem Grund ist es notwendig und sinnvoll, die Rohstoffauswahl neben den ökologischen Kriterien auch nach ökonomischen Gesichtspunkten zu betreiben. Maßgeschneiderte Werkstoffe erfüllen das individuelle Anforderungsprofil bei den dabei gering möglichen Kosten. Die gegenständliche Verblendung von BAWs und Zusatzstoffen ist in den Eigenschaften für ein breites Anwendungsgebiet einzustellen, wobei eine Erhöhung der Anforderungen mit der Steigerung der Rohstoffkosten einhergeht. Doppelte Effizienz hinsichtlich Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit wird durch den Einsatz von Reststoffen aus anderen Produktionsverfahren im „Ökobereich“ erzielt. Der Reststoff „verunreinigtes Glycerin“ erlangt durch den Einsatz als Plastifizierungsmittel ökonomischen und ökologischen Mehrwert im Sinne nachhaltiger Technologieentwicklung.

Das folgende Diagramm in Abbildung 15 zeigt Exzerptweise die erreichbaren mechanischen Werkstoffeigenschaften in Verbindung mit anzusetzenden Rohstoffpreisen. Es bleibt zu erwähnen, dass zur mechanischen Charakterisierung nur die Ergebnisse aus dem Zugversuch herangezogen wurden. Eigenschaften wie Oberflächenqualität, Knickfestigkeit und Verarbeitbarkeit, u.v.m. werden durch Zugfestigkeit und Reißdehnung nicht beschrieben. Die Serien A, B, C und D unterscheiden sich in ihren Inhaltsstoffen wie folgt: A: Stärke / Sorbit / Ecoflex / Zusatzstoffe <5%; B: Stärke / Sorbit / Glycerin / Ecoflex / Zusatzstoffe <5%; C: Stärke / Sorbit / Ecoflex / PLA / Zusatzstoffe <5%; Stärke / Sorbit / Ecoflex / Zusatzstoffe<5%



Rohstoffkosten ausgesuchter Biopolymer Blends

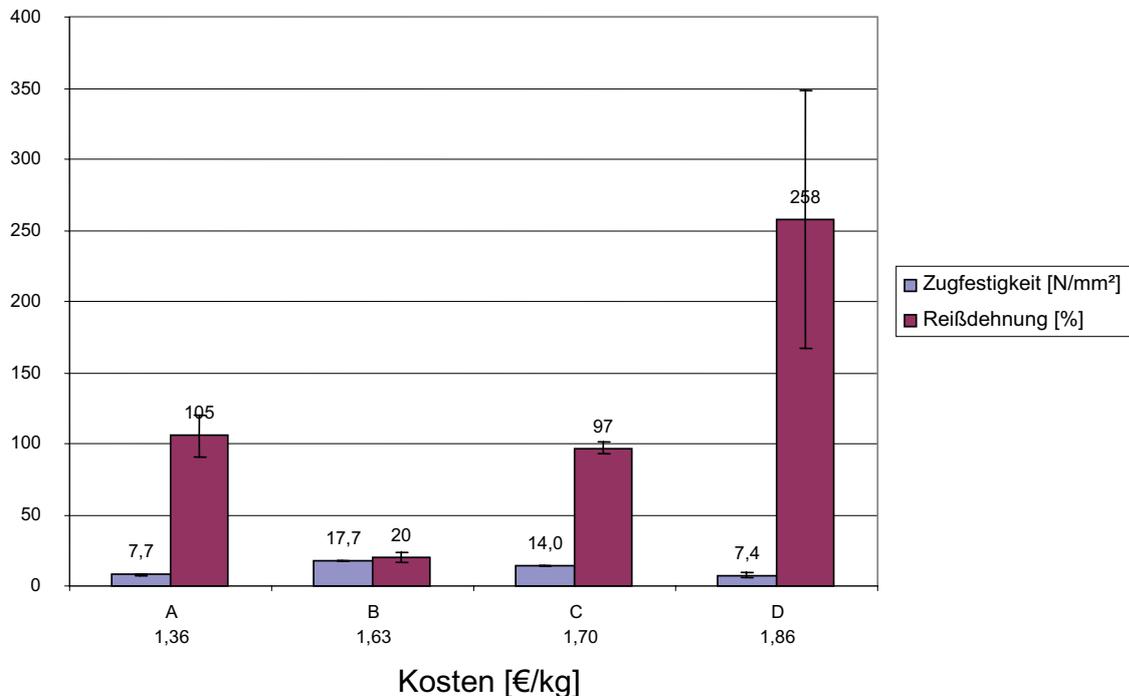


Abbildung 15: Rohstoffkosten in Abhängigkeit zu den mech. Eigenschaften

Das Ergebnis der Werkstoffzusammenstellung zeigt die preisliche Konkurrenzfähigkeit der BAW Blends zu Standardthermoplasten die in einem ähnlichen Preissegment anzusetzen sind. Über die Einstellung der Mengenverhältnisse der Inhaltsstoffe sind maßgeschneiderte Werkstofflösungen für verschiedene Einsatzbereiche realisierbar.

6.5 Produktion von Kleinserien

Die Projektpartnerschaft hat sich vorrangig auf die Entwicklung von Material zur Herstellung von Karten (Codierkarten, Telefonwertkarten,...) als erstes „Leuchtturmprodukt“ spezialisiert. Scheck- und Codierkarten haben ein hohes Anforderungsprofil. Zu den Hauptmerkmalen zählen die Knickfestigkeit, die Weiterreißfestigkeit und die Feuchtigkeitsbeständigkeit. Verarbeitungstechnisch sind zur Herstellung von Karten Platten in Stärken zwischen 0,3mm und 1mm mit gleichmäßiger Dicke erforderlich. Die Platten



können im Kalanderverfahren sowie im Extrusions „Chill Roll Verfahren“ hergestellt werden. In diesem Projekt wurde das Extrusionsverfahren (Chill Roll) als Geeignetes ausgewählt.

6.5.1 Verarbeitung im „Chill Roll Verfahren“

Bisherige Erfahrungen zeigen, dass sich herkömmliche auf Stärke basierende Werkstoffe nicht oder nur schlecht zu Folien bzw. Platten im Chill Roll Verfahren herstellen lassen. Die gegenständliche neue Rezeptur zeigt bessere Verarbeitbarkeit auf. Hauptkomponenten von Chill Roll Anlagen sind Extruder, Breitschlitzdüse und Kühlwalze (Chill Roll) auf deren Oberfläche die Schmelze verstreckt und abgekühlt wird. Dahinter befindet sich die Abzugs- und Wickeleinrichtung (Abbildung 16).

Das Biopolymer wird in einem Extruder (a) aufgeschmolzen. Über ein Sieb-Packet (b), das als Filter wirkt, tritt die Schmelze aus einer Breitschlitz-Düse als Formwerkzeug aus. Die Abkühlung erfolgt auf einer Kühlwalze (e). Eine Luftbürste (d) sorgt für das Anlegen der Folienbahn auf die Oberfläche der Kühlwalze. Eine Kontrolle der Dickengleichmäßigkeit erfolgt bei (f), dann wird die Folienbahn über weitere Walzen zur Abwicklung (g) geführt. Vor der Abwicklung können, je nach Art der Anlage, weitere Verfahrensstufen zwischengeschaltet werden, z.B. zum Bedrucken der Folie, zur Oberflächenbehandlung oder zum Prägen.

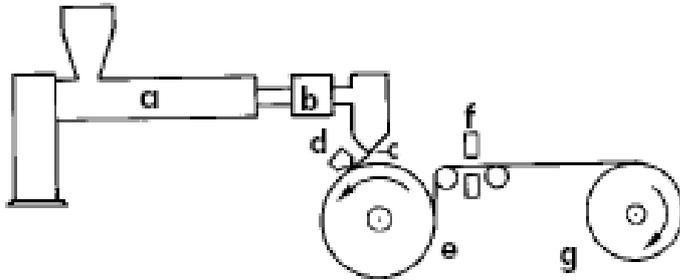


Abbildung 16: Schematische Darstellung des Chill Roll Verfahrens

Die Folienherstellung gestaltete sich als unproblematisch. Produkte aus dem Versuch sind Folienballen mit Foliendicken von 380µm (Foto). Die Folien sind knickfest und durch die Verstreckung anisotrop. Sie finden Verwendung als Halbzeug für die Kartenherstellung. Die Kartenherstellung erfolgt durch Laminierung und Bedruckung. Folien dieser Dicke sind „rollbar“. Für die weitere Verfahrenstechnik beim Kartenhersteller ist eine Glättung/Verpressung sowie die gleichmäßige Foliendicke notwendig. Nicht unkritisch ist die Neigung zur Bartbildung des Materials. Bartbildung nennt man Ablagerungen an der Lippe der Breitschlitzdüse. Der Bart reißt bei einer kritischen Größe ab und bildet sich wieder neu. Die Folienoberfläche wird durch die wiederkehrenden Bartfragmente qualitativ schlecht. Das Verhalten der Bartbildung stellt ein „Knock Out – Kriterium“ für die Prozessfähigkeit im großtechnischen Maßstab dar. Sie ist allerdings über Prozessparameter einstellbar. Die bessere Prozessfähigkeit bezüglich Bartbildung soll durch die Rezepturweiterentwicklung über die Projektlaufzeit hinaus erreicht werden.



6.5.2 Verarbeitungsprobleme – „Stippen“

Die weiße Einfärbung der Rezeptur erfolgt über die Zudosierung von Titandioxid als Weißpigment. Aufgrund der hellen Ausgangsrohstoffe ist eine niedrige Dosierung ausreichend. Die Verteilung des Pigments spielt bei der Folienproduktion eine große Rolle. Bei schlechter Verteilung bilden sich Agglomerate die in den Folien als Stippen auftreten.



ten. Produkte mit hoher Stippenanzahl sind einerseits problematisch zu verarbeiten und stellen für den Anwendungszweck keine ausreichende Qualität dar.

Stippen können aus unterschiedlichen Gründen entstehen. Auch eine falsche Pulvergröße der Rohstoffe, Fremdstoffe als Verunreinigungen und die falsche Prozessführung bei der Compoundierung und Verarbeitung können als Ursachen vorliegen. Die REM Untersuchungen mit Elementanalyse mehrerer Stippen lässt jedoch den Rückschluss der schlechten Verteilung von Titandioxid zu.

Abbildung 17 zeigt den Querschnitt einer Stippe im REM. Es ist eindeutig eine Abgrenzung des Partikels in der Mitte zur umgebenden Matrix zu erkennen. Der Rückschluss auf Stippen durch Feuchtigkeit ist damit nicht zulässig. Auf Basis der optischen Untersuchung wurden die Fehlstellen qualitativ mit der Elementsonde analysiert.

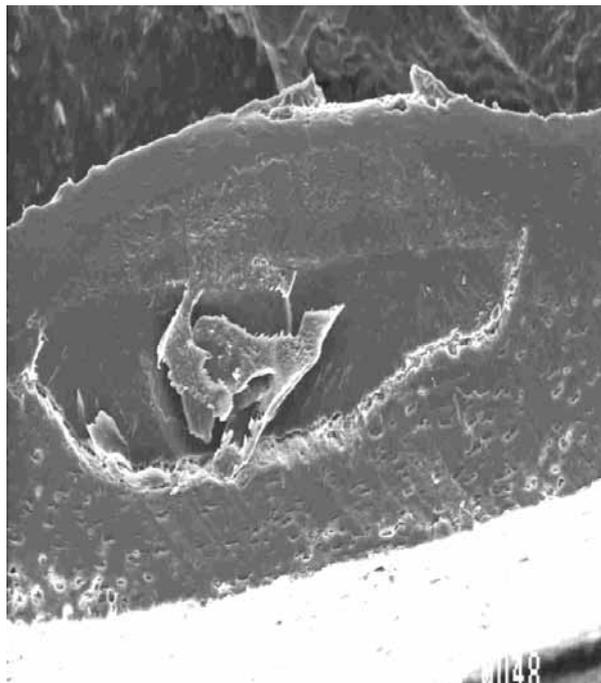


Abbildung 17: REM Aufnahme einer TiO_2 - Stippe

Die REM Aufnahmen zeigen eine deutliche Konzentration von Titan in den Bereichen der Stippen. Die quantitative Erfassung über den Querschnitt der Probe (gelbe Linie in Abbildung 19) gibt Aufschluss über die Verteilung von Titan. Die Konzentrationen im Bereich der Stippen liegen beim vier- bis sechs fachen Mengenanteil des im Compound



eingebrachten Titandioxid Anteiles. Die Analyse lässt den Rückschluss zu, dass die Stippen durch Einarbeitung des Titandioxid bedingt sind. Proben anderer Versuchscompounds zeigten keine Stippen, wurden allerdings mit einer anderen Titandioxidsorte hergestellt.

Die Abbildung 18 zeigt die Auflösung der Elementanalyse. Untersuchungsgebiet ist die Partikelfläche aus obiger Abbildung. Die drei linken Banden entsprechen den Kohlenstoff- und Sauerstoffanteilen und sind von der Analyse auszuklammern. Der Peak in der Mitte der Abbildung bezeichnet das Element Titan. Referenzmessungen an der umgebenden Matrix zeigen den „Titan Peak“ in einer ca. 4-fach schwächeren Ausprägung. Aus dieser Untersuchung ist die Aussage der Stippenbildung durch das anwesende Titandioxid zulässig.

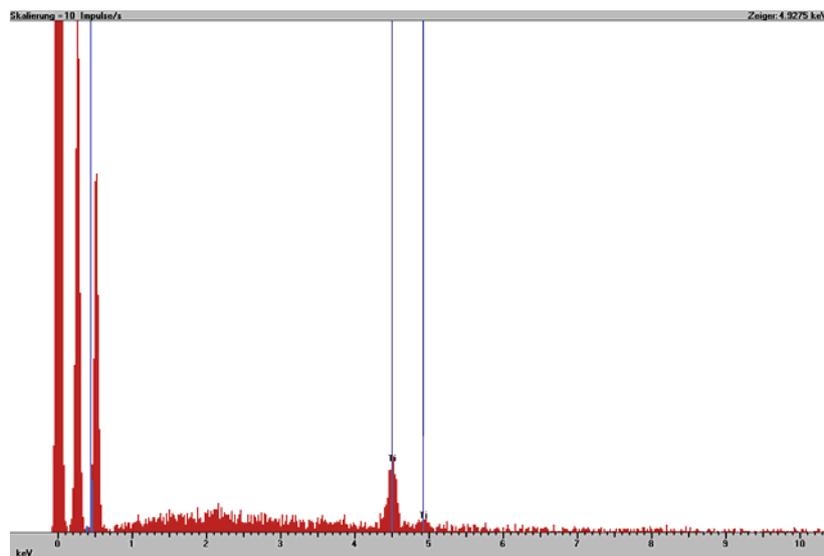


Abbildung 18: Elementanalyse

Abbildung 18 zeigt den Querschnitt einer Stippe und die anliegende quantitative Elementanwesenheit. Die Messpunkte liegen entlang der eingezeichneten Linie. Der mittlere Teil entspricht wieder einem Partikeleinschluss in der Stippe. Über die Titananwesenheit ist eine eindeutige Konzentrationszunahme im Bereich des Partikels zu verzeichnen.

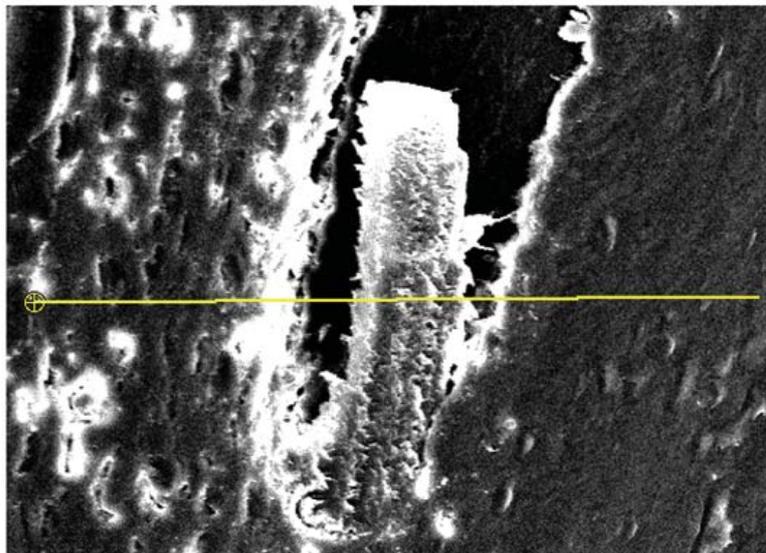
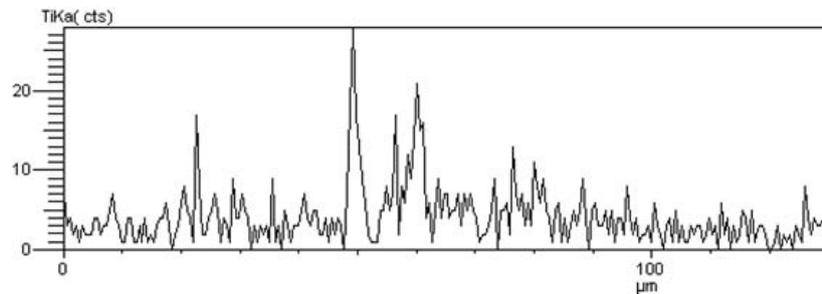


Abbildung 19: Quantitative Elementbestimmung entlang des Querschnittes

Mit der Untersuchung ist nachgewiesen, dass die Stippenproblematik durch falsche Rezepturkomponenten ausgelöst ist. Die Verwendung von geeigneten Weißpigmenten verhindert die ungewünschte Stippenbildung.

6.5.3 Bemusterung in Kleinversuchen

Die untenstehenden Aufnahmen (Abbildung 20) der Proben zeigen Muster aus Versuchen im Labormaßstab. Bedruckungsversuche (rechtes Kartenmuster Bild nächste Seite) zeigen eine unproblematische Farbaufnahme. Das gegenständliche Muster weist somit alle erforderlichen Eigenschaften auf. Die linke Karte besteht aus dem Referenzmaterial mit einem Werkstoffpreis von ca. €3,5/kg. Die beiden rechten Karten sind Mus-



ter der neu entwickelten Rezeptur mit einem Rohstoffpreis von ca. €1,8/kg. Das Bild verdeutlicht die fehlende Knickfestigkeit der linken Karte.

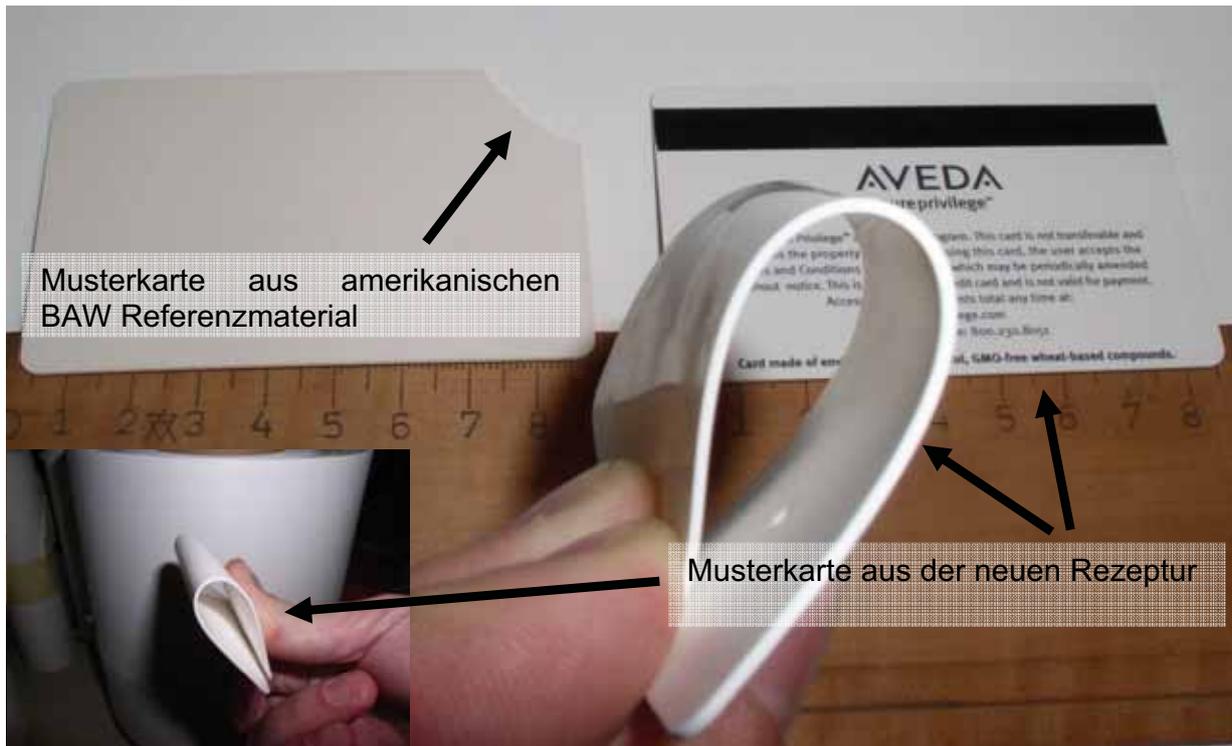


Abbildung 20: Bemusterungen: Referenzmuster und Neuentwicklung

Abbildung 21 zeigt einige Produkte die aus dem im Projekt entwickelten Material hergestellt werden können. Es handelt sich hierbei um Kofferranhänger, Karten (Visitkarten, Keykarten,...) und ein Lineal zu Werbezwecken als „Give Away“.



Abbildung 21: Leuchtturmprodukte aus Biopolymeren



6.5.4 Upscalebarkeit

Für eine wirtschaftliche Umsetzung der Projektergebnisse ist eine Umlegung der Laborergebnisse auf großtechnische Anlagen unumgänglich. Es ist festzustellen, dass Mischvorgänge auf kleinen Compoundieranlagen sich anders als auf großtechnischen Anlagen verhalten. Aus den Upscaleversuchen auf verschiedenen großtechnischen Anlagen erfolgt die Erkenntnis, dass mit konventionellen Kunststoffcompoundiersystemen keine positiven Ergebnisse erzielt werden können. Das Projektkonsortium konnte mit Hilfe der Lebensmitteltechnologie die Umsetzung in den großtechnischen Maßstab technologisch lösen.

6.6 Zertifizierung und Patentierung

Um Biokunststoffen größtmöglichen ökologischen Nutzen zukommen zu lassen, ist eine Kompostierung im großtechnischen Maßstab sinnvoll. Um Biokunststoffe der Kompostierung zuführen zu dürfen ist die Notwendigkeit der Zertifizierung gemäß ÖNORM 13432 „Anforderungen an die Verwertung von Verpackungen durch Kompostierung“ bzw. ÖNORM EN ISO 14855 „Bestimmung der vollständigen aeroben Bioabbaubarkeit und Zersetzung von Kunststoff-Materialien unter den Bedingungen kontrollierter Kompostierung – Verfahren mittels freigesetzten Kohlenstoffdioxides“ gegeben (ersetzen DIN V54900). Eine komplette Zertifizierung eines Materials ist mit hohen Kosten verbunden. Zum Zeitpunkt des Projektendes ist das Blend noch nicht soweit gediehen, um eine Zertifizierung eines akkreditierten Prüfinstituts durchführen zu lassen. Geringfügige Änderungen in Zusammensetzung und Mengenanteilen bedürften einer neuerlichen Abbaubarkeitsuntersuchung. Aus diesem Grund wurden in Anlehnung an die Norm Voruntersuchungen durchgeführt um zu klären, in wie weit das Blend als biologisch abbaubar einzustufen sein wird. Diese schließen sowohl „Eingrabversuche“ als auch die aufwendige Ermittlung des Kohlenstoffdioxidumsatzes ein.

6.6.1 Eingrabversuche:

Um den Bioabbau subjektiv zu bewerten wurden unterschiedliche Muster in gewöhnliche Blumeerde vergraben um nach definierten Zeitabständen den mikrobiologischen Abbau zu beurteilen. Die Muster zeigen nach kurzer Zeit (ca. 10 Tage) deutliche Abbau-



symptome wie Angriff der Oberfläche u.ä. Abbildung 22 zeigt eine Karte nach 10 Tagen Lagerzeit in der Erde:



Abbildung 22: Karte nach dem Eingabversuch (10. Tag)

6.6.2 Bestimmung des mikrobiellen Abbaus in Anlehnung an ÖNORM EN ISO 14855
Das Messprinzip zur Bestimmung des mikrobiellen Abbaus von Biopolymeren liegt in der Erfassung des Umsatzes von organischem Kohlenstoff in Kohlenstoffdioxid. Die Prüfschubstanz wird mit der definierten Komposterde vermischt und in ein statisches Kompostiergefäß eingebracht, in dem es unter optimalen Bedingungen für eine Prüfdauer (nicht länger als 6 Monate) kompostiert. Die maximale theoretische Menge an erzeugtem Kohlenstoffdioxid wird aus dem gemessenen gesamten organischen Kohlenstoffgehalt berechnet. Der prozentuale Bioabbau schließt nicht die Menge an Kohlenstoff ein, die in neue Zellmasse (Biomasse) umgewandelt und nicht wiederum während der Prüfung in Kohlenstoffdioxid metabolisiert wird. Abbildung 23 zeigt schematisch den Prüfaufbau zur Bestimmung des Kohlendioxidumsatzes. Eine CO₂ Falle (KOH) belüftet die in einem Wärmeschrank im Kompost vergrabenen Proben. Ein Kompostgefäß ist zusätzlich mit einer definierten Menge an zu prüfenden Biopolymer befüllt. Gemessen wird die unterschiedliche CO₂ Produktion der beiden Gefäße.

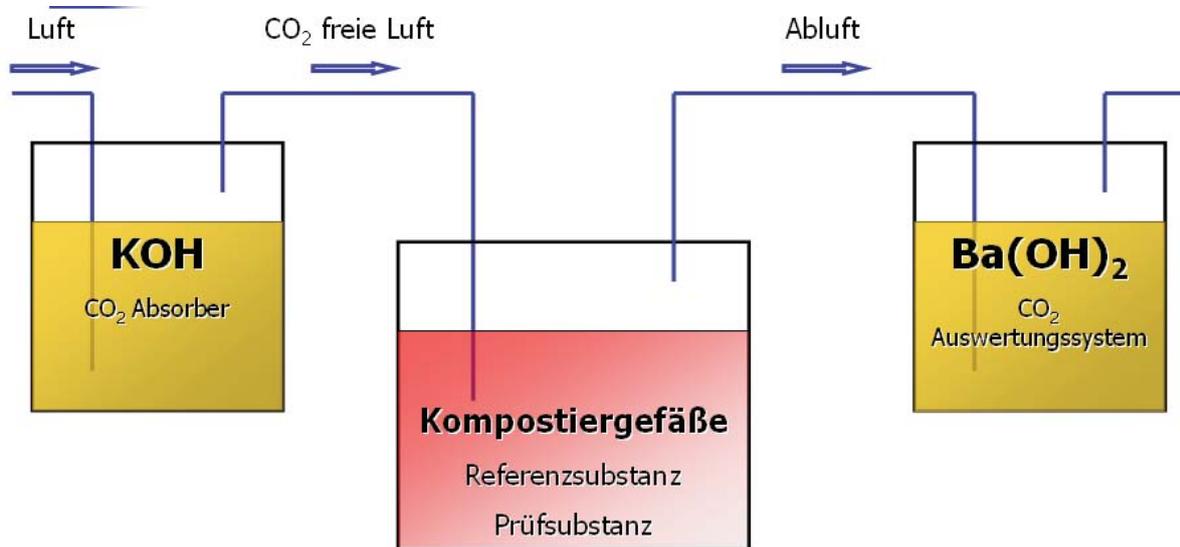
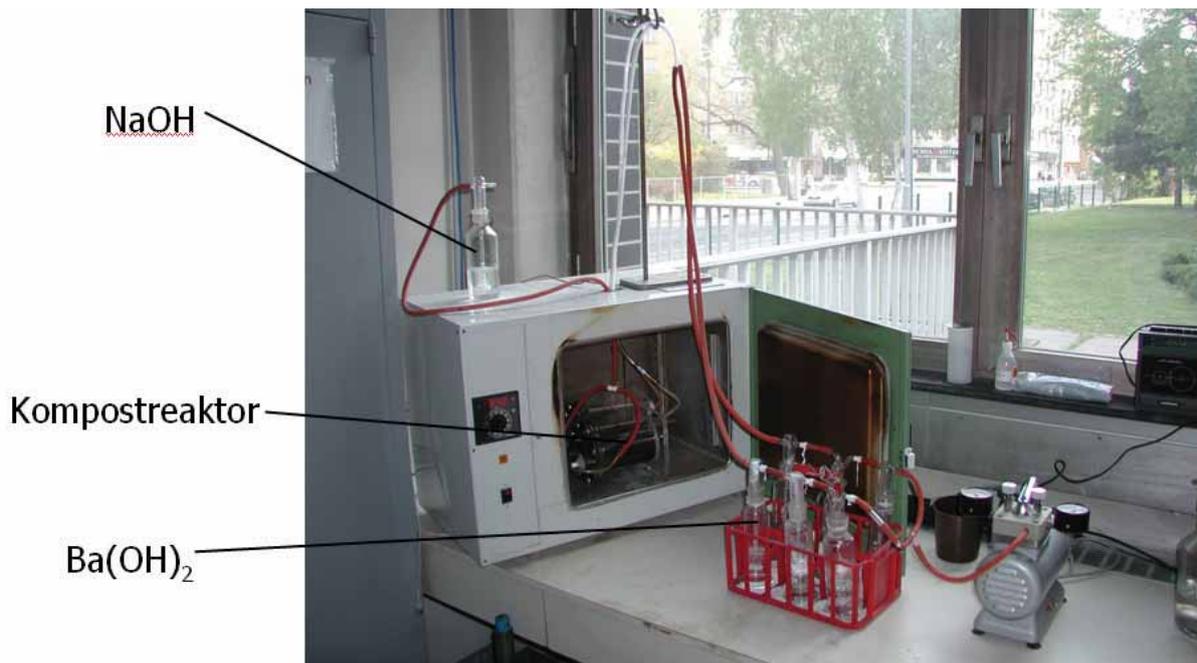


Abbildung 23: Schematische Prüfanordnung zur Bestimmung des mikrobiellen Abbaus von Biopolymeren

Unumgängliche Notwendigkeit bei der Messung des CO_2 -Umsatzes liegt auf der Dichtigkeit des Systems. Als Lösung stellt sich Konstruktion von bewässerbaren PMMA-Zylindern dar. Die Prüftemperatur darf um nicht mehr als 2°C schwanken. Aufgrund der langen Prüfzeit von bis zu 4 Monaten sind zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes noch keine Prüfergebnisse vorhanden. Abbildung 24 zeigt den Versuchsaufbau.





BIOPOL Austria

Abbildung 24: Versuchsapparatur zur Messung der Kompostierbarkeit

Wärmeschrank mit Exsikatoren

PMMA - Prüfgefäße mit hoher Dichtheit

Die Ergebnisse der laufenden Untersuchungen lassen die Annahme auf die vollständige Kompostierbarkeit im Sinne der ÖNORM EN ISO 14855 zu. Die fehlende Anwesenheit von Standardthermoplasten sowie die ökologische Unbedenklichkeit aller Blendbestandteile lassen eine Ökotoxizität nahezu ausschließen.



7 Detailangaben zu den Zielen der „Fabrik der Zukunft“

7.1 Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“

Das Projekt „Entwicklung eines marktfähigen Biopolymers auf Stärkebasis aus österreichischen Rohstoffen“ wurde aufgrund des hohen Erfüllungsgrades der Leitprinzipien des Impulsprogrammes „Nachhaltig Wirtschaften“ ganz bewusst in dieser Programmlinie eingereicht. Ziel war die Erweiterung und Umsetzung von bestehenden Technologien am Werkstoffsektor aus Naturstoffen. Trotz des Vorhandenseins von durchaus qualitativ hochwertigen Biopolymeren ist es für KMUs eine teils unlösbare und teils nicht erfolgsversprechende Variante diese Werkstoffe in ihren Produkten auch einzusetzen. Gründe liegen hier teilweise in der fehlenden Bereitschaft für risikobehaftete neue Technologien, meist jedoch in der schwierigen Umsetzbarkeit aufgrund äußerer Umstände. Einfache Beispiele sind hier beispielsweise Mindestbestellmengen die größer als Bemusterungsmengen sind, fehlendes Know How in der Materialabstimmung auf die Produkthanforderungen und letztendlich die fehlende Vernetzung der Betriebe. Das Projekt in der Projektpartnerzusammensetzung entlang der Produktentwicklungskette – vom Rohstofflieferanten bis zum Verarbeiter – konnte genau diese genannten Barrieren überwinden und einen Beitrag leisten, wieder einige Leuchtturmprodukte und Produktideen zu etablieren.

Sieben Leitprinzipien einer nachhaltigen Technologieentwicklung wurden im Zuge der Vorbereitungsphase des Impulsprogrammes "Nachhaltig Wirtschaften" herausgearbeitet und bildeten die Grundlage für die thematischen Ausschreibungen. Die Auflistung soll einen Überblick geben, wie das Projekt sich konkret in die Erfüllung einzelner Leitprinzipien eingliedern kann.

7.1.1 Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen

Die rohstoffliche Grundlage von Standardthermoplasten ist nach wie vor die petrochemische Industrie. Auch wenn nur ca. 5% der gesamten Erdölfördermenge in die Kunststoffindustrie fließt, bleibt Erdöl ein beschränkter Rohstoff der in seinen Kosten in den nächsten Jahren noch massiv steigen wird. Die schrittweise Umstellung im Sinne einer moderaten Technologieanpassung ist von daher sicherlich ein Erfolg versprechender



Weg zur Nutzung erneuerbarer Rohstoffquellen. Die Materialzusammensetzung in der letztgültigen Formulierung hat einen Naturstoffanteil von ca. 75%

7.1.2 Effizienzprinzip

Der Erfolg einer Umsetzung von neuem Know How ist immer an eine effiziente Beratung gekoppelt. Rohstoffe und Serviceleistungen sollen so schnell verfügbar wie möglich sein. Diese Voraussetzung ist am besten durch die enge Zusammenarbeit regionaler Unternehmungen zu erfüllen. Das Ziel eines firmenübergreifenden Netzwerkes zur Schaffung einer Art Plattform zur Lösung von Aufgabenstellungen im Bereich Einsatz von Biopolymeren wurde mit diesem Projekt erreicht.

Das Projekt wurde unter dem Titel „Entwicklung eines marktfähigen Biopolymers auf Stärkebasis aus österreichischen Rohstoffen“ eingereicht und bewilligt. Im Sinne des Effizienzprinzips wurde versucht vornehmlich österreichische Rohstoffe für das Stärke – Biopolymerblend zu verwenden. Man muss aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit eine gewisse Abweichung von den Zielen einräumen. Die Verwendung von kostengünstigeren Rohstoffen aus nicht regionalen Quellen war im Sinne der Konkurrenzfähigkeit der Entwicklung notwendig. Ziel wäre es, nicht so wie derzeit, nur die Hauptkomponente, sondern noch mehr regionale Rohstoffquellen in die Rezeptur einzubeziehen.

7.1.3 Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit

Die immer schwierigeren wirtschaftlichen Bedingungen fordern von KMUs eine ständige Anpassung an die Rahmenbedingungen. Allerdings ist es für kleine Betriebe im vorherrschend harten Konkurrenzkampf unmöglich, Produktionsvorgänge komplett umzustellen und gegebenenfalls in Maschinen und Anlagen im großen Maßstab zu investieren. Entwicklungen haben für kleine Betriebe nur dann ein Entwicklungspotential, wenn sie mit wirtschaftlich vertretbaren Änderungen in Be- und Verarbeitung einhergeht. Aus diesem Grund ist die Entwicklung an die Technologien der standardisierten Kunststoffverarbeitung angepasst.

7.1.4 Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität

Das Projekt zielt vorrangig darauf ab, die Produktideen kleiner und mittlerer Betriebe umzusetzen. Der Einsatz von Biopolymeren ist im Vergleich zu Standardpolymeren



nach wie vor sehr selten vertreten. Anhand des Beispiels „biologisch abbaubare Karten“ ist aber sehr deutlich zu erkennen, dass genau dieser neue Sektor ein sehr hohes Interesse bei Handel und Konsumenten zeigt. Durch die Schaffung von Technologie und dem damit verbundenen Vorsprung können auch verarbeitende KMUs in Österreich gegen die immer stärker werdende Konkurrenz aus Osteuropa und Asien behaupten.

7.2 Potential der Entwicklung

Das Ergebnis der Entwicklung liegt in einem maßgeschneiderten Blend für eine spezielle Anwendung. Im Bereich Karten sind Halbzeuge (Folien, Platten) aus nachwachsenden Rohstoffen sehr gefragt. Die Tonnagen sind im Vergleich zur Verpackungsindustrie als eher gering einzuschätzen.

Es bleibt zu erwähnen, dass sich die Entwicklung ganz bewusst nicht auf die Massenprodukte wie z.B. Verpackung fokussiert hat. Diese sind mit den am Markt befindlichen Produkten (rein technologisch) gut abgedeckt. Ein wichtiger Output aus dem Projekt ist das Know How zur Zusammenstellung sinnvoller Blends für unterschiedliche Anwendungsbereiche. Durch die Vielzahl an untersuchten Rohstoffen und Mengenanteilen ist eine „Einstellung“ der Materialeigenschaften so weit untersucht, dass sich auch für weitere Produktentwicklungen neben Karten ein großes Potential ergibt.



8 Schlussfolgerung

Die Untersuchungen zur Erstellung einer konkurrenzfähigen Verblendung verschiedener Rohstoffe haben für das Konsortium folgende grundlegenden Erkenntnisse gebracht:

8.1 Technologische Erkenntnisse

Das Projekt liefert die technologische Lösung zur Herstellung eines maßgeschneiderten biologisch abbaubaren Polymerblends aus vornehmlich nachwachsenden Rohstoffen. Erkenntnisse aus den verarbeitungstechnischen Versuchen haben gezeigt, dass der Entwicklungsstand der Rezeptur für Spritzgießartikel noch nicht ausreichend ist. Die Formmasse ist in ihren Fließ- sowie Abkühleigenschaften Standardpolymeren derart unterlegen, dass eine wirtschaftliche Produktion derzeit nicht in Betracht kommt. Umso klarer ist die Formasse als extrusionsfähig definiert und wird weitere Anwendungen im Bereich der „Endlosprodukte“ finden. Die umfangreichen Versuche haben zusätzlich ein „Basis Know How“ für Rezepturzusammenstellungen geschaffen. Mit diesem Wissen ist eine Materialoptimierung auch für andere Leuchtturmprodukte effizient möglich.

8.2 Wirtschaftliche Erkenntnisse

Wirtschaftlich erfolgreiche Produkte müssen neben der ökologischen auch die ökonomischen Anforderungen erfüllen. Ein wichtiges Grunderkenntnis liegt darin, dass kleine Unternehmen schwer die Schwelle einer Materials substituierung überschreiten. Die Betreuung bei der Lösung auftretender technologischer Probleme und Verfügbarkeit von Kleinmengen ist für einen sich ausweitenden Einsatz von Biopolymeren notwendig. Das Projekt hat mit seinen Partnern eine Art Plattform für Biopolymerfragen für kleine Betriebe geschaffen.

Die Entwicklungen am Sektor der „Naturstoffwerkstoffe aus erneuerbaren Ressourcen“ und auch die Marktvolumina unterliegen einem stetigen Wachstum. Schätzungen ergeben, dass die 1 Mio Jahrestonnengrenze noch in diesem Jahrzehnt erreicht wird. Dem gegenüber stehen rund 250 Mio Jahrestonnen Kunststoffe aus petrochemischen Rohstoffen. Das Projekt leistet einen Baustein zur Umstellung dieses Verhältnisses. Es de-



monstriert mit dem Leuchtturmprodukt Karten den sinnvollen Einsatz von Biopolymeren - die Basis für „Folgeprodukte“.

Das Projekt ist in Bezug auf die Ergebnisse als sehr positiv zu bewerten. Die Kette vom Rohstoffhersteller über die Compoundierung und Verarbeitung in Österreich ist mit diesem Projekt vollständig geschlossen und garantiert somit eine größtmögliche Wertschöpfung. Die Bemusterungen des Kartenverarbeiters sind auch über die Grenzen (der EU) auf großes Interesse gestoßen.

9 Ausblick und Empfehlungen

Die Chancen von Biopolymeren liegen in ihrem sehr hohen wirtschaftlichen Potential. In Anbetracht ständig steigender Rohstoffpreise der petrochemischen Industrie wird sich nach und nach die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Biopolymeren verbessern. Es bleiben noch einige technologische aber auch rechtliche Fragestellungen zu klären.

Das Projekt zeigt einen Weg auf, auch in Österreich den Markt der Biopolymere zu erweitern. Das Konsortium hat beschlossen, aufbauend auf den Ergebnissen, die Entwicklung gemeinsam weiter zu betreiben. Die Partner werden zu gegebener Zeit mit den neuen Produkten in die bestehenden Initiativen wie N Packt's und Loop Linz versuchen einzutreten. Es gilt nun das gewonnene Wissen der einen erfolgreichen „Leuchtturmproduktentwicklung“ auf andere Ideen umzusetzen.



10 Literatur

Marktüberblick: Bio-Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe

November 2003

Dipl.-Phys. Michael Karus, nova-Institut GmbH

Zurück zur Natur

Trends bei Produktentwicklungen und Märkten von biologisch abbaubaren Werkstoffen; Harald Käb, Berlin

Saechtling Kunststoffaschenbuch

28.Auflage 2001

Carl Hanser Verlag

Wissenschaftlicher Bericht MA22, Univ. Lektor Dipl.-Chem. Hanswerner Mackwitz

Dr. Wolfgang Stadlbauer, Wien, Dezember 2001

„Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Österreich“

Autoren: C. Krotscheck, R. Wimmer, M. Narodoslawsky;

Studie des Institutes für Verfahrenstechnik Technische Universität Graz; Oktober 1997

Vermeidung und Verwertung des Müllaufkommens durch Schließung des Kohlenstoffkreislaufs

Autoren: Univ. Lektor Dipl.-Chem. Hanswerner Mackwitz Dr. Wolfgang Stadlbauer

Wien, Dezember 2001

Moleküle - Organische Chemie

Magyar

1.Auflage, ÖBV Pädagogischer Verlag, Wien (1996)

Werkstoffkunde Kunststoffe

G. Menges

4. Auflage, Carl Hanser Verlag München, Wien (1998)

Recycling von Kunststoffen

A. Jungbauer

1.Auflage, Vogel Verlag, Würzburg (1994)

Organische Chemie, K.P.C. Vollhardt, N.E. Schore

Übersetzungshrsg. H. Butenschön

Wiley- VCH Verlag GmbH, Weinheim (2000)

Kunststoffverarbeitung

Schwarz/Ebeling/Furth

9. Auflage, Vogel Verlag, Würzburg (2002)

„Einfluss von Naturfasern auf die mechanischen Eigenschaften von biologisch abbaubaren Polymeren“



BIOPOL Austria

Martina Wollendorfer

Jänner 1997 BoKu Wien/Fraunhofer Institut München

„Die Verarbeitungstechnik der Faser-Kunststoff-Verbunde“
Hanser Verlag 1997 Manfred Neitzel/Ulf Breuer

„Nachwachsende Biopolymere als Substitution für Massenkunststoffe“ Konzept im
Rahmen Fabrik der Zukunft / 2. Ausschreibung, Juli 2003
Autoren: DI H. Wilhelm, DI (FH) K. Reitingner; LKT GmbH

Biologisch Abbaubare Polymere; 1. Auflage

Wolfram Tänzler; DVG (Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie); Stuttgart 2000

Vermeidung und Verwertung des Müllaufkommens durch Schließung des Kohlenstoff-
kreislaufs

Univ. Lektor Dipl.-Chem. Hanswerner Mackwitz Dr. Wolfgang Stadlbauer
Wien, Dezember 2001

Internetseiten mit Angabe der letztmaligen Gültigkeit

http://www.nova-institut.de/pdf/03-11_Bio-Kunststoffe.pdf

„Marktüberblick: Bio-Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe“ (April 2006)

http://www.ibaw.org/deu/seiten/markt_anwendungen.html

„Anwendung von BAW-Produkten (Einsatzbereiche)“ (April 2006)

<http://www.biopolymer.net/> (Mai 2006)

<http://www.carmen-ev.de/> (Mai 2006)

<http://www2.basf.de/basf2/html/plastics/deutsch/pages/biokstoff/ecoflex.htm/> (Mai2006)

<http://www.itg.uni-hannover.de/forschung/projekte/forschung.html> (Mai 2006)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Sorbit> (Mai 2006)

www.materbi.i (Mai 2006)



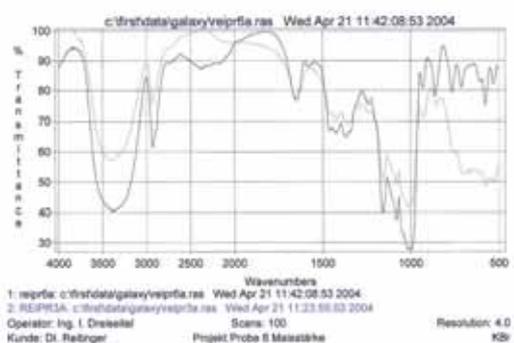
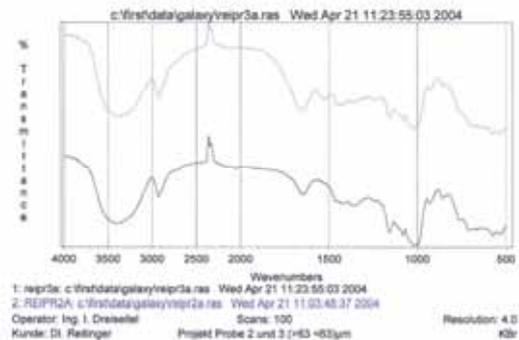
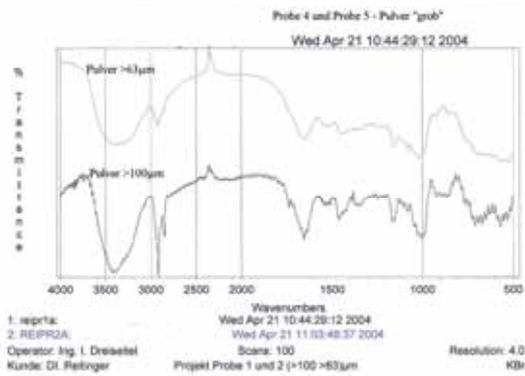
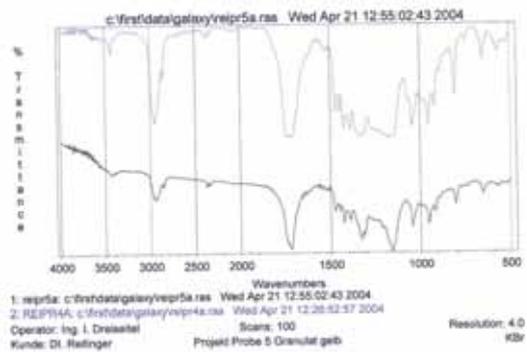
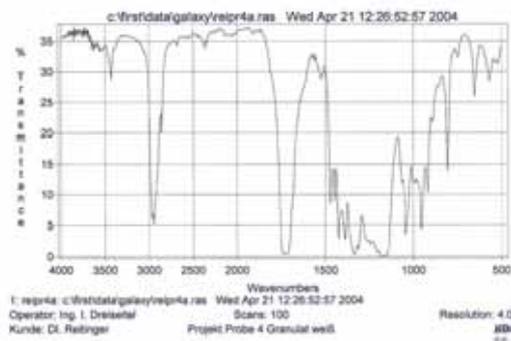
11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Mengenanteile der Komponenten des Referenzmaterials	26
Abbildung 2:	Siebfraktionen des Referenzmusters	26
Abbildung 3:	Mikroskopaufnahmen der Stärkereferenzmuster	27
Abbildung 4:	Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit zur Vorbehandlung der Stärke ..	33
Abbildung 5:	Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit zum Plastifiziermittelanteil	35
Abbildung 6:	Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit zum Füllstoff	36
Abbildung 7:	Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit zum Biopolyesteranteil	37
Abbildung 8:	Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit vom PLA Anteil	38
Abbildung 9:	Mech. Eigenschaften in Abhängigkeit unterschiedlicher PLA Anteile ...	39
Abbildung 10:	Aufbau von Hanffasern	40
Abbildung 11:	Naturfasereinarbeitung mittels Knetter und Walzwerk	41
Abbildung 12:	Naturfasereinarbeitung mittels Direktdosierung	41
Abbildung 13:	Mechanische Eigenschaften in Abhängigkeit zum Naturfaseranteil	42
Abbildung 14:	Durchlichtaufnahme eines faserverstärkten Walzfelles	43
Abbildung 15:	Rohstoffkosten in Abhängigkeit zu den mech. Eigenschaften	44
Abbildung 16:	Schematische Darstellung des Chill Roll Verfahrens	46
Abbildung 17:	REM Aufnahme einer TiO ₂ - Stippe	47
Abbildung 18:	Elementanalyse	48
Abbildung 19:	Quantitative Elementbestimmung entlang des Querschnittes	49
Abbildung 20:	Bemusterungen: Referenzmuster und Neuentwicklung	50
Abbildung 21:	Leuchtturmprodukte aus Biopolymeren	50
Abbildung 22:	Karte nach dem Eingrabversuch (10. Tag)	52
Abbildung 23:	Schematische Prüfanordnung zur Bestimmung des mikrobiellen Abbaus von Biopolymeren	53
Abbildung 24:	Versuchsapparatur zur Messung der Kompostierbarkeit	54



12 Anhang

12.1 IR Analyse Referenzmuster





12.2 DSC – Analyse Referenzmuster

	A		B	
	Mischung		Mischung	
Trockensubstanz	(95,5%)		(95,2%)	
Anteile (S): Pulver < 800µm Weiße Plastikstücke Gelbe Plastikstücke	57,6%	39,3%	57,7%	38,1%
	3,1%		4,2%	
Stärkebestimmung in der Mischung	36,7% i.TS (32,3% auf Substanz)		43,2% i.TS (37,9% auf Substanz)	
	Körner	Pulver	Körner	Pulver
Trockensubstanz		90,2%		90,0%
Asche 550°C 800°C		~ 8,0% ~ 8,0%		~ 5,3% ~ 5,3%
Stärkebestimmung		76,9% auf Subst.		81,2% auf Subst.
Stickstoff % i. TS		0,87% (~5,4% Protein?)		0,04% (~0,25% Protein)
SEC		Nicht aufschließbar		Nicht aufschließbar
Maltose, Maltotriose, Glucose, Saccharose, Raffinose, Fructose, Sorbit, Mannit, Xylit		negativ		negativ

DSC Zusammenfassung (Mittelwerte)

		Synthetika Plastikstücke		Abgeseiebtes Pulver		F1000
		Weiß	Gelb	1Peak	2Peak	
DSC	Onset [°C]	113,5	113,1	59,6	121,3	74,8
	Peak [°C]	117,7	115,1	64,6	129,8	114,4
	Endset [°C]	121,3	118,2	69,3	141,6	139,2
	Enthalpie [J/g]	-74,0	-91,3	-7,8	-4769	-22,3
DSC	Onset [°C]	110,2	113,1	59,0	120,1	74,8
	Peak [°C]	120,3	115,9	64,0	127,6	114,4



BIOPOL Austria

	Endset [°C]	124,1	118,7	68,8	135,7		139,2
	Enthalpie [J/g]	-73,7	-80,8	-9,5	-4933		-22,3



Datenblatt Ecoflex

BASF Plastics
Key to your success

Vorfulle

Produktvorstellung

Ecoflex® F BX 7011
Der biologisch abbaubare Polyester der BASF für kompostierbare Folien

Produktbeschreibung

Ecoflex® F BX 7011 ist ein statistischer, aliphatisch-aromatischer Copolyester, der auf den Monomeren 1,4-Butandiol, Adipinsäure und Terephthalinsure basiert, und aufgrund seiner langkettigen Seitenstruktur ein Eigenschaftenprofil ähnlich zu PE-LD aufweist:

- Transparent bis transluzent, semikristalline Struktur mit einem DSC-Schmelzpunkt im Bereich von PE-LD: 110 – 120 °C
- Hohe Reißdehnung bei gleichzeitig hoher Durchstoßfestigkeit
- Hohe, aber einstellbare Wasserdampfdurchlässigkeit
- MFR (190°C, 2,16 kg): 2,5 – 4,3 ml/10 min.
- Thermoplast bis 230 °C
- Ohne Vortrocknung verarbeitbar
- Gute Verarbeitbarkeit auf Schlauchblowanlagen
- Bis 10 µm ausziehbar
- Schweißbar und bedruckbar

Ecoflex® F BX 7011 erfüllt die Anforderungen der europäischen Norm EN 13432, der US-amerikanischen ASTM D 5905 und des japanischen GreenPla-Standards für kompostierbare und biobabare Kunststoffe, da es nachweisbar von Mikroorganismen abgebaut wird. Der Abbauprozess im Boden hängt von den spezifischen Umweltbedingungen ab.

Ecoflex® F BX 7011 ist einer der wenigen, biobabaren Kunststoffe, deren Zusammensetzung konform ist mit den abbaurelevanten Bestimmungen der EU-Spezifische Bestimmungen und weitere Informationen werden auf Anfrage mitgeteilt. Die Eignung der Beibehaltungseigenschaft ist im Einzelfall vom Hersteller oder Verwender zu prüfen.

Lieferform und Lagerung

Ecoflex® F BX 7011 wird als Pelletgranulat in Big Bags mit 1 t Inhalt geliefert. Die Temperaturen während Transport und Lagerung sollen 70 °C nicht überschreiten. Die Lagerzeit sollte bei Raumtemperatur (23 °C) ein Jahr nicht überschreiten.

Anwendungen

Ecoflex® F BX 7011 wurde für die Verarbeitung in der Schlauchfolienextrusion entwickelt. Typische Anwendungen im Bereich flexibler Folien sind: Saugnapfweise Agrartilien, Biokompostbeutel und Verpackungsfolien.

Zur Schlauchfolienextrusion mit Ecoflex® gibt es eine anwendungstechnische Informationschrift, die wir Ihnen gerne auf Anfrage zuschicken.

BASF Abfallgesellschaft
D-47044 Lurdingen



BASF Plastics
Key to your success

Ecoflex® F BX 7011

Vorfulliges Produkt Datenblatt
Typische Eigenschaften von Ecoflex® F BX 7011

Eigenschaft	Einheit	Methode	Ecoflex® F BX 7011	Lupolen 2420 F (PE-LD)
Dichte	g/cm ³	ISO 1183	1,25 – 1,27	0,922 – 0,925
Schmelzviskosität MFR 190 °C, 2,16 kg	g/10 min	ISO 1133	2,7 – 4,3	0,6 – 0,8
Schmelzviskosität MVR 190 °C, 2,16 kg	ml/10 min	ISO 1133	2,3 – 4,3	-
Schmelztemperatur	°C	DSC	110 – 120	111
Shore D Härte	-	ISO 868	32	40
Visk. VST A50	°C	ISO 300	80	99

Typische Eigenschaften von Schlauchfolien mit 50 µm Dicke

Eigenschaft	Einheit	Methode	Ecoflex® F BX 7011	Lupolen 2420 F (PE-LD)
Transparenz	%	ASTM D 1003	83	98
Zugfestigkeit	N/mm ²	ISO 527	23/44	28/20
Reißfestigkeit	N/mm ²	ISO 527	34/43	-
Reißdehnung	%	ISO 527	268/716	300/100
Schadigungsquerschnitt (Dyna Test)	J/mm	DIN 55073	34	6,9
Permeationskoeffizient: Sauerstoff	ml/(m ² d bar)	DIN 50900	1400	2500
Wasserdampfdiffusionskoeffizient	g/(m ² s)	DIN 53120	170	1,7

Vorstehende Angaben basieren auf unseren derzeitigen technischen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie ersetzen nicht von eigenen Prüfungen und helfen den Kaufler unserer Produkte nicht von einer Empfangskontrolle. Sie haben nicht die Bedeutung, die Eignung eines Produktes für einen konkreten Einsatzzweck zuzusichern. Einzelne Schutzrechte und Bestimmungen sind in eigener Verantwortung zu beachten.

BASF Abfallgesellschaft
D-47044 Lurdingen





Sorbit Pulver OD 10025 QS

SYRAL

ANALYSEZERTIFIKAT

Produkt Bezeichnung : SORBIT PULVER

SYRAL Artikel Nummer : OD 10025 QS

Produktion Batch Nr.: 37070-07

Muster Batch Nr.: 38223-01

Datum : 17/08/2004

Kunde : LKT

Trockensubstanz	99,6	%	SYRAL Methoden
D-Sorbit	97,9	%	MTLABSR01
D-Mannit	0,9	%	MTLABHPL08
Stamptöchte	600		MTLABOEN06
pH (10 % m/v)	5,9		MTLABPH03
✓ Reduzierende zucker	0,06	%	MTLABSU03
Chlorid	< 50	mg/kg	MTLABCL01
Sulfat	< 100	mg/kg	MTLABSU04
Körnung			MTLABGRA03
F > 0,500 mm	2,7	%	
F > 0,250 mm	49,6	%	
F > 0,100 mm	87	%	

2,1 et Penne - 8,5 22 - 6790 Nordböden Paster
Tel. : + 33 43 2 88 38 00 90 - Telefax : + 33 43 2 88 38 00 91
Syral Industrie est implanté en 1962 par : M. Caron & Fils (SA)
47 982 491 78 22 88 00 - Courriel : syral@syral.com - 18 05 00 18 00
Syral, est une marque de Syral et ses produits.

SYRAL

Produktpezifikation

**SORBITPULVER
OD 100**

Beschreibung :
Syrat OD 100 is ein wasserlösliches Sorbit Pulver.
Es wird durch die Trocknung eines hochkonzentrierten Sorbitlösungs erhaltet.

Aussehen : Weißes kristallines Pulver, geruchlos mit süßem Geschmack.

Physikalische und chemische Eigenschaften:

Wasser Gehalt	≤ 1,5 %	Referenzmethode:
D-Sorbit (N. T.S.)	≥ 97 %	MTLABHPL08
Reduzierende Zucker	≤ 0,2 %	MTLABSU03
Pv (25 % m/v)	3 - 7	MTLABPH03
Sulfat	≤ 0,1 %	MTLABSU04
Sulfid	≤ 20 mg/kg	MTLABCL01
Chlorid	≤ 20 mg/kg	MTLABCL01
Silbermetalle	≤ 2 mg/kg	MTLABHPT04
Eis	≤ 0,5 mg/kg	SAA
Nickel	≤ 1 mg/kg	MTLABNCC1

Mikrobiologische Angaben : (auf 1 g Produkt)

Gesamtbakterien	max. 100	MTLABBAC14
Hefe	max. 10	MTLABBAC15
Schimmelpilze	max. 10	MTLABBAC16

Körnung :

	MTLABGRA03		
	OD 10011	OD 10025	OD 10080
Rückstand auf 100 µm	28,5 %	28,5 %	28,5 %
Rückstand auf 250 µm	16,2 %	16,2 %	16,2 %
Rückstand auf 500 µm	8,1 %	8,1 %	8,1 %
Rückstand auf 710 µm	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Verpackung und Lagerungsbedingungen :
Syrat OD 100 ist in 25 kg Polyethylen und Big Bag mit PE-Beschichtung verpackt. Die Lagerung des Produktes ist in einem kühlen und trockenen Ort empfohlen (Temperatur unter 30 °C und relative Feuchtigkeit unter 60 %).

Haltbarkeit :
12 Monate unter den vorgeschriebenen Lagerungsbedingungen.

Zusatzung :
Dieses Produkt entspricht den Anforderungen der EG-Verordnung 94/35/EEC und 95/2/EEC und FCC IV, USP 24/ND1.

Bezeichnung gemäß Lebensmittelrecht : Sorbit, E 402

Die hier enthaltenen Informationen werden nicht ohne unsere Wissen übernommen. Eine rechtliche verbindliche Zusage über die Produktbeschaffenheit oder Eignung für bestimmte Anwendungen kann aus diesen Angaben nicht abgeleitet werden. Die angegebenen Werte sind möglicherweise Werte aus Produktion.
Abkürzung Juni 2004

2,1 et Penne - 8,5 22 - 6790 Nordböden Paster
Tel. : + 33 43 2 88 38 00 90 - Telefax : + 33 43 2 88 38 00 91
Syral Industrie est implanté en 1962 par : M. Caron & Fils (SA)
47 982 491 78 22 88 00 - Courriel : syral@syral.com - 18 05 00 18 00
Syral, est une marque de Syral et ses produits.