

## Herstellung von 3D-Filamenten aus Naturfaser/Biopolymer-Granulaten mittels CMS-Compounder

Entwicklung eines neuen Compoundierungssystems zur Verwendung von langen Naturfasern mit Biopolymeren.

- **Stand der Technik und Aufgabenstellung:**

Mit den bisherigen Verfahren ist die Einbringung von langen Naturfasern (Cellulosefasern) oder von Cellulosestapelfasern schwierig. Durch die Compoundierung mittels Schneckenextruder oder Heiz-Kühlmischer kommt es häufig zu einer thermischen Degradierung der Naturfasern. Die Anforderungen seitens der Industrie bezüglich Geruch und Farbe werden durch diese Produkte nicht erreicht. Zudem ergeben sich aus werkstofflicher Sicht bei bastfaserverstärkten Thermoplasten Probleme bezüglich der geringen Schlagzähigkeitseigenschaften, die einen Einsatz in vielen Produkten des Konsumgüterbereichs nicht erlauben. Defizite bestehen auch bezüglich der Flexibilität und der erreichbaren Eigenschaften für die Herstellung von naturfaserverstärkten Thermoplasten. Darüber hinaus konnte das Eigenschaftspotenzial, das in den Naturfasern steckt, häufig nicht ausgeschöpft werden. Die am Markt befindlichen Produkte bestehen aus Holzpartikeln oder rieselfähigen, wenige Millimeter langen Fasern, die für höherwertige Anforderungen über zu geringe mechanische Eigenschaften verfügen.

- **Lösungsansatz und Umsetzung:**

Basierend auf Vorversuchen und intensiven &E-Arbeiten Diskussionen mit Industriepartnern, wurde ein für NFK neues Prinzip der Compoundierung umgesetzt. Im Klimacenter Werlte wurde die für die Versuchsdurchführung notwendige technische Ausstattung eingerichtet. Auf dieser Anlage wurden Versuche mit unterschiedlichen Fasern und Polymeren durchgeführt. Nachfolgend werden erste Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

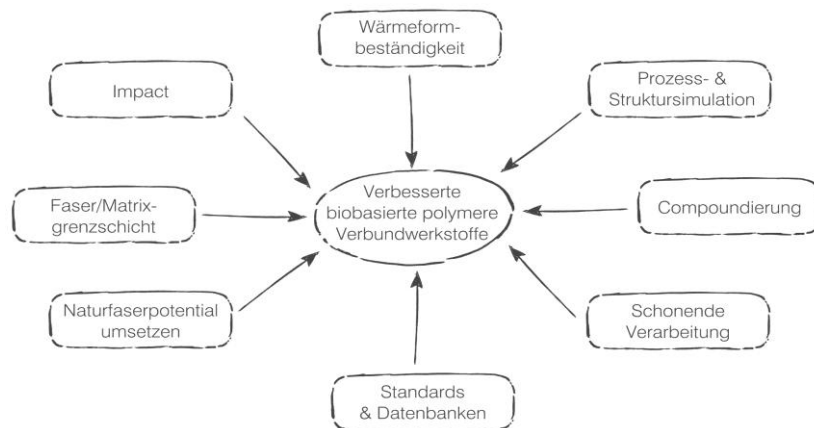


Abb. 1: Vorteile des neuen CMS Compoundierverfahrens (Müssig and Wieland, 2014)

## Übersicht 1: Verwendete Matrixpolymere und Haftvermittler

Polymer	Bezeichnung	Hersteller
PP	Moplen EP 500V	LyondellBasell, Frankfurt (DE)
	Ducor 2600 M (früher: Domolen 2600M)	Ducor Petrochemicals BV, Rotterdam (NL)
	Y101	Rabigh Refining & Petrochemical Co. Rabigh (SA)
	AdstifHA840R	LyondellBasell, Frankfurt (DE)
PLA	PLA3251D	NatureWorks LLC, Minnetonka (USA)
	PLA4043D	NatureWorks LLC, Minnetonka (USA)
	Naturegran 11bz10091 (Compound mit Hauptkomponente aus PLA)	Linotech GmbH & Co.KG, Forst (DE)
Haftvermittler	Scona TPPP 8112 GA	BYK-Chemie GmbH, Wesel (DE)

## Übersicht 2: Verwendete Verstärkungsfasern und Füllstoffe

Fasern	Bezeichnung	Hersteller
Hanf	BAFA Kurzfaser (< 0,5 mm)	BaVe Badische Faserveredelung GmbH, Malsch (DE)
	HempAge Schnitffasern (Schnittlänge ca. 5 mm)	HempAge, Adelsdorf (DE)
	Hanf KGE-02 (Faserlänge > 20 mm)	NAFGO GmbH, Dötlingen-Neersted (DE)
Regeneratcellulose	Cordenka (CR244dtex f 1350 TO; Schnittlänge: 2mm)	Cordenka GmbH & Co. KG, Obernburg (DE)
	Danufil (3,3 dtex / Schnittlänge: 5 & 8 mm; 9,0 dtex / Schnittlänge 3mm)	Kelheim Fibres GmbH, Kelheim (DE)
Holzfasern	Arbocel C 750 (Länge: 40 – 70 µm)	J. Rettenmaier & Söhne GmbH & Co. KG, Rosenberg (DE)
Agrarreststoffe	Paprikafasern	Millvision, Raamsdonk (NL)
	Erbsenfasern	Emsland-Stärke GmbH; Emlichheim (DE)
	Grasfasern	Linotech GmbH & Co.KG, Forst (DE)
Papierfasern	Papierfasern	Standard-Druckerpapier (80 g/m <sup>2</sup> )

- **Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse:**

Die Übersicht 3 zeigt die ermittelten mechanischen Eigenschaften (Zugfestigkeit, E-Modul & Charpy-Schlagzähigkeit, ungekerbt) für die unverstärkten PP und PLA-Matrices, sowie der Compounds aus Vorversuchen (Müssig and Graupner, 2013) und auf der neuen Anlage hergestellten Granulaten.

### Übersicht 3: Prüfung der CMS-Compounds - Ergebnisse der ermittelten mechanischen Eigenschaften

	Probe	Zugfestigkeit in MPa	Zug-E-Modul in MPa	Ungekerbte Charpy Schlagzähigkeit	Faserart	Polymer
Neue Versuchsreihen	PP- Y101	26.0 ± 0.3	1630 ± 281	NB	-	PP- Y101
	30% Hemp Age/PP + 3,5% Haftvermittler	31.6 ± 0.2	3205 ± 474	16.7 ± 1.4	Hemp Age Kardenband, Schnitffasern	PP- Y101
	40% Hemp Age/PP + 3% Haftvermittler	34.8 ± 0.8	3940 ± 959	16.6 ± 1.6	Hemp Age Kardenband, Schnitffasern	PP- Y101
	50% Hemp Age/PP + 2.5% Haftvermittler	34.5 ± 1.2	4842 ± 993	12.7 ± 1.5	Hemp Age Kardenband, Schnitffasern	PP- Y101
	PP - Adstif HA840R	33.4 ± 0.2	2117 ± 345	70.4 ± 5.4	-	PP - Adstif HA840R
	30% Danufil/PP + 3,5% Haftvermittler	40.5 ± 0.5	2707 ± 687	29.5 ± 3.8	Danufil 3.3 dtex	PP - Adstif HA840R
	PLA 3251D	53.8 ± 0.2	3286 ± 661	18.5 ± 3.7	-	PLA 3251D
Vorversuche	30% Hanf/PLA	61.5 ± 0.9	6672 ± 1670	11.7 ± 2.6	BAFA Kurzfaserhanf	PLA 3251D
	PLA 6202D	48.6 ± 0.5	3056 ± 137	10.8 ± 0.8	-	PLA 6202D
	30% Hanf KGE-02/PLA	55.8 ± 1.7	6196 ± 124	9.4 ± 0.8	Hanf KGE-02 (> 20 mm)	PLA 6202D
	30% Hemp Age/PLA	69.9 ± 1.8	6618 ± 805	11.6 ± 0.7	Hemp Age Kardenband, Schnitffasern	PLA 6202D
	PP - Moplen EP 600V + 5% Haftvermittler	28.4 ± 1.1	1844 ± 72	30.3 ± 8.4	-	PP - Moplen EP 600V
	30% Hemp Age/PP + 5% Haftvermittler	44.2 ± 1.3	3934 ± 285	18.8 ± 1.5	Hemp Age Kardenband, Schnitffasern	PP - Moplen EP 600V

- Die Compoundierung von langen Naturfasern mit dem CMS-Compounder kann ohne einen weiteren Verarbeitungsschritt (Pelletierung oder Schneiden) erfolgen
- Compounds mit Fasermassenanteilen bis zu 50 % konnten als spritzgießfähige Granulate hergestellt werden und erfolgreich zu Zugstäben verspritzt werden
- Die Verstärkung mit Naturfasern führt zu einer Erhöhung der Zugfestigkeiten und E-Module im Vergleich zum reinen PLA und PP
- Eine Erhöhung des Fasermasseanteils von 30 auf 40 und 50 % erhöht deutlich den E-Modul
- Die Schlagzähigkeit der 30 % Danufil/PP Probe mit den duktilen und schwächer an die Matrix angebondenen Regeneratcellulosefasern ist fast doppelt so hoch wie die der 30 % Hanf/PP Probe

### Aufbau einer Herstellungskette von der Granulierung über die Filamentherstellung und 3D-Druck zum fertigen Produkt

Der 3D-Druck gehört zu den TOP-Technologietrends (Rivera, 2014). Der Grund dieser Entwicklung sind die Einkäufe von Systemen für Prototyping und andere Anwendungsbereiche durch zahlreiche Unternehmen – Unternehmen rüsten also mit 3D-Druck auf. Sie erkennen zunehmend das Potenzial der Technik. Die 3D-Drucktechnik eröffnet eine größere Flexibilität in Design, reduziert den Rohstoffeinsatz und bietet die Möglichkeit für maßgeschneiderte und kundenindividuelle Anfertigung. Nicht zuletzt aufgrund dieser

Fakten für eine effizientere Produktion in Unternehmen, findet der 3D-Druck in der Raumfahrt, Luftfahrt, Orthopädie, Schmuckherstellung, Dentaltechnik, der Bildung, Architektur, Medizin und Autoindustrie verstärkte Verwendung.

Nach einer aktuellen Prognose soll sich der Umsatz mit 3D-Druckern, 3D-Druckzubehör und Dienstleistungen bis zum Jahr 2018 auf 16,2 Milliarden US-Dollar belaufen (Canalys, 2014). Die Zahlen basieren auf einem geschätzten jährlichen Durchschnittswachstum von 45,7 Prozent. Im vergangenen Jahr 2014 belief sich der Umsatz der 3D-Druck-Branche noch auf 2,5 Milliarden US-Dollar. Die Branche wird nach Angaben von Marktforschern in den nächsten Jahren also stark wachsen. Eine 2013 erstellte Studie (Stahl, 2013), die sich mit den umwelttechnischen Auswirkungen des 3D-Drucks beschäftigt zeigt positive Effekte in Folge von geringerem Ressourcen-Verbrauch, einer reduzierte Lagerhaltung, niedrigeren Transportkosten und weniger Verpackungsmüll. Auch der Gesamtmarkt der sieben wichtigsten Werkstoffe liegt mittlere weile bei ca. 800 Millionen US-Dollar und wird sich bis zum Jahr 2025 auf über 8 Milliarden US-Dollar verzehnfachen. Der Katalog an verfügbaren 3D-Druckwerkstoffen wächst ständig.

- **Entwicklungsarbeiten bei 3N**

Ein innovatives Marktsegment sind Drucker-Drähte aus naturfaserverstärkten Biopolymeren. Ergänzend zur Granulatherstellung wurde die Prozesskette weiterentwickelt. Erstmals konnten thermoplastische Drähte aus den hergestellten Spezialgranulaten für den 3D-Druck erzeugt werden. Der nächste Schritt ist die Optimierung der Filamente und die Anpassung der Drucktechnik an das neue Material.

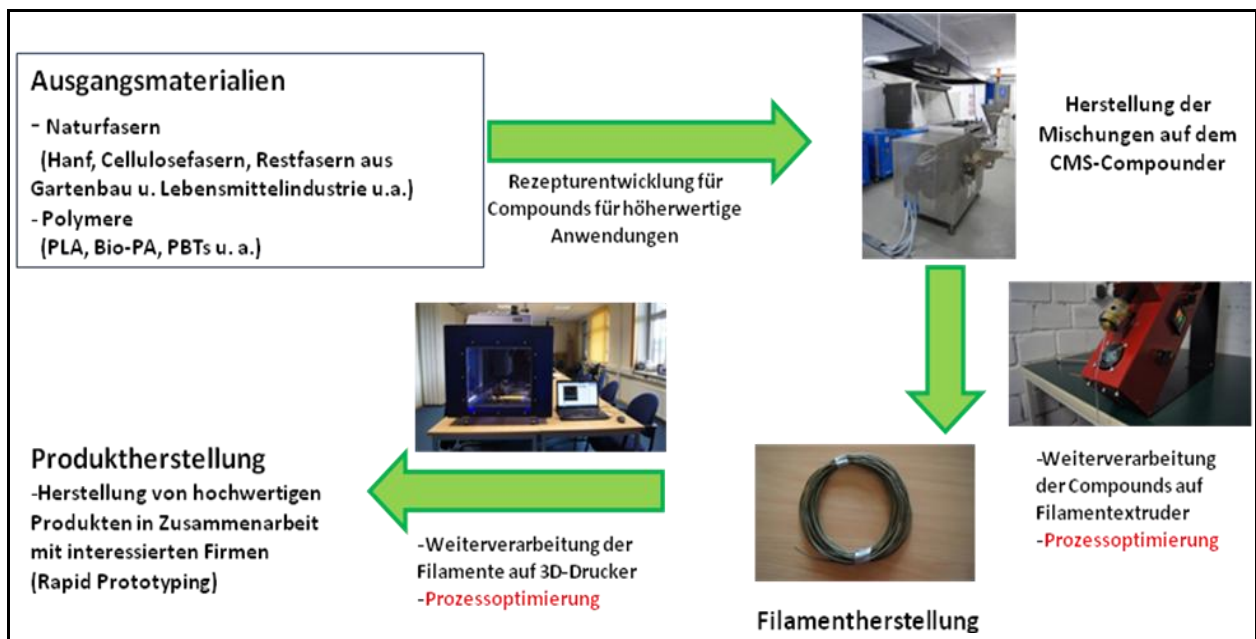
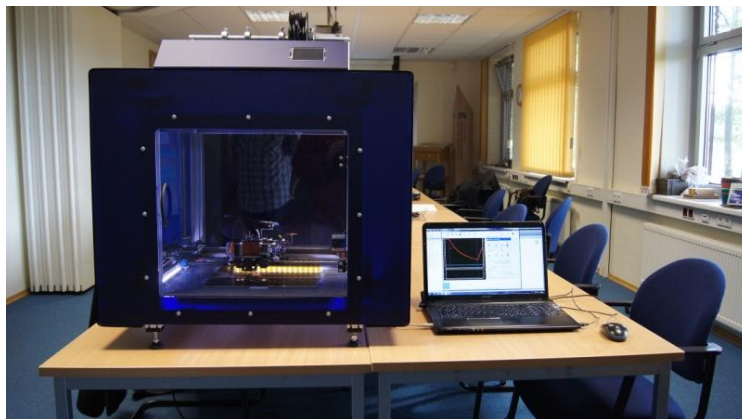


Abb.2: Prozesskette für die Herstellung von Produkten aus NFKs durch 3D Druck

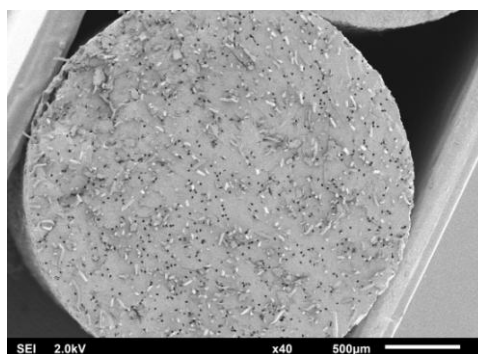
Bisher wurden Filamente aus Grasfasern/PLA, Holzfasern/PLA und Danuifasern/PLA (jeweils 10% Fasermassenanteil) hergestellt, die derzeit für das 3D Druckverfahren optimiert und erprobt werden.



**Abb 3: Filament-Extruder (Noztek Pro ABS and PLA Filament Extruder for 3D Printers, Noztek, London, UK) im Labor in Werlte (Klimacenter)**



**Abb 4: 3D-Spezial-Drucker in Werlte**



**Abb 5: REM-Aufnahme einer Bruchfläche eines extrudierten 3D-Druck-Drahtes mit 10 Masse % Danuifil und 90 % PLA (PLA 3251D); Aufnahme des kompletten Drahtquerschnitts; die eingearbeiteten Fasern zeigen eine gleichmäßige Verteilung in Draht.**

Diese Entwicklungen wurden in Zusammenarbeit mit der Hochschule Bremen durchgeführt. Im Bereich des 3D-Drucks besteht eine enge Kooperation mit Firmen aus dem Compound und 3D-Druckbereich.

### **Wir bieten an:**

- Entwicklung von NFK-Granulaten für spezielle Anwendungen (Charakterisierung der benötigten Eigenschaften der zu verwendenden Materialien)
- Herstellung von 3D-Druck-Filamenten aus verschiedenen Materialien, auch NFK- Granulaten
- Anwendungstest für 3D-Druckfilamente (Druckfähigkeit)
- Herstellung von Produkten mittels 3D-Druck (Druckraumgröße:300x300x300 mm, 3 Druckköpfe für die Verwendung von bis zu 3 Farben oder 3 versch. Materialien)
- Qualitätstests im Verbund mit der Hochschule

### **Sprechen Sie uns an!**

### **Weitere Informationen :**



3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe e. V.  
Kompaniestrasse 1  
49757 Werlte

#### **Hansjörg Wieland**

Tel.: 05951-9893-13

Email: wieland@3-n.info

#### **Dr. Marie-Luise Rottmann-Meyer**

Tel.: 05951-9893-12

Email: rottmann@3-n.info