



INFOR-Projekt Nr. 187

**Organische Synthesefasern und deren Potential zur
Entwicklung innovativer Papierprodukte**

Schlussbericht

November 2015

Papiertechnische Stiftung München

Prof. Dr. Frank Miletzky

Projektleiter:
Dipl.-Ing. Angelika Endres

INFOR-Projekt Nr. 187

Organische Synthesefasern und deren Potential zur Entwicklung innovativer Papierprodukte

INFOR-Projekt Nr. 187

Organische Synthesefasern und deren Potential zur Entwicklung innovativer Papierprodukte

Forschungsstelle

Papiertechnische Stiftung (PTS), München
Angelika Endres

Laufzeit: 01.10.2014 - 31.10.2015

München, November 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Ausgangssituation und Problemstellung bei Antragstellung	5
3	Projektziel	5
4	Vorgehen & Lösungsweg gem. INFOR-Antrag	6
5	Ergebnisse	8
5.1	AP1 – Faserauswahl und -charakterisierung	8
5.2	AP2 – Blattbildung	10
5.3	AP3 und AP4 – Anwendungsorientierte Vertiefungsarbeiten und Exemplarische Weiterverarbeitungsversuche	16
5.3.1	Untersuchungen zur Qualität der Synthesefasereinbindung	16
5.3.2	Erhöhung der Bruchdehnung von Papier.....	19
5.3.3	Basalt-Organoblech auf Basis PA6	20
5.3.4	rCF-haltige Nassvliese	23
5.3.5	Versuche auf der Pilot-Papiermaschine.....	24
6	Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung für die Papierindustrie	29
7	Sonstiges.....	30
8	Abkürzungsverzeichnis.....	31
9	Anhang (Suspendierprotokolle).....	32

1 Zusammenfassung

Projektziel Das Ziel des Forschungsvorhabens ist ein praxisnahes Eigenschaftsmapping organischer Synthesefasern in Bezug auf ihre Eigenschaften und Prozessfähigkeit im Nassprozess. Der Fokus liegt auf solchen Fasern, die bis dato typischerweise nicht oder nur selten im Papierprozess zum Einsatz kommen.

Zielgruppen **Tabelle 1:** Zielgruppe(n) der Projektergebnisse und Grad der Nutzbarkeit

Grad der Nutzbarkeit in verschiedenen Branchenbereichen	1	2	3	4	5 stärkste Nutzbarkeit
Graphische Papiere					
Verpackungspapiere					
Hygienepapiere					
Spezialpapiere					

Hinweis: gegenüber dem Projektantrag wurde die Nutzbarkeit bei Hygienepapieren um zwei Stufen erhöht.

Lösungsweg Die erste Projekthälfte (AP1/2) zielt auf die Auswahl potentiell geeigneter Synthesefasern und deren prozesstechnische Eignung ab. In der zweiten Projekthälfte werden anwendungsrelevante Vertiefungsarbeiten auf Basis ausgewählter organischer Synthesefasern durchgeführt.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen Die im Projekt ausgewählten und untersuchten organische Spezialfasern sind in den betrachteten Faserlängen und – durchmessern allesamt prinzipiell für den Nassprozess geeignet und einsetzbar. Dieser Aussage liegen eine positive Begutachtung im Hinblick auf die Suspendierbarkeit und eine erzielbare homogene Blattstruktur zugrunde. Allein aufgrund der spezifischen Fasereigenschaften ergibt sich eine Vielzahl möglicher Anwendungsoptionen, die in den Vertiefungsarbeiten innerhalb AP 3 und AP4 lediglich angerissen wurden. Es hat sich gezeigt, dass sich Synthesefasern in Abhängigkeit von Ihrer Einsatzmenge sehr unterschiedlich verhalten und es von daher nicht möglich ist, allgemeingültige Aussagen und Empfehlungen die einzelnen Fasertypen betreffend abzugeben.

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung Die Ergebnisse des Berichts sollen als Ausgangspunkt für weitere, tiefergehende Untersuchungen verstanden werden und zeigen sowohl Potentiale als auch Risiken im Zusammenhang mit der Verwendung organischer Synthesefasern auf. Die Handlungsmatrix am Ende des Berichtes soll einen Anhaltspunkt für mögliche Produktoptimierungen und –neuentwicklungen geben.

Förderung & Danksagung Die Autorin dankt dem Kuratorium für Forschung und Technik der Zellstoff- und Papierindustrie im VDP für die Förderung des INFOR-Projekts Nr. 187 im Jahr 2014/2015.

Ein besonderer Dank geht auch an die Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses (PBA) für die Diskussionsbereitschaft und die wertvollen Hinweise während der Projektbearbeitung.

2 Ausgangssituation und Problemstellung bei Antragstellung

Ausgangssituation

Auf der Suche nach neuen Produkten mit hoher Wertschöpfung orientiert sich die Papierindustrie zunehmend auch auf Randbereiche des Textil- und Foliensektors, in welchen es von größter Bedeutung ist gezielt spezifische Eigenschaften einzustellen. Der Werkstoff Papier stellt hier eine flexible Materialbasis für ergänzende Produkte im Leichtbau, funktionale Verpackungen und Faserverbunde dar. Organische Synthesefasern sind ein vielversprechendes Werkzeug zur Erweiterung des Eigenschaftspotentials technischer Spezialpapiere in Bezug auf Festigkeit, Verarbeitbarkeit und chemischer Beständigkeit. Dabei ist das Potential vieler Fasertypen im Kontext Papier weitestgehend unbekannt bzw. aus Sicht des Papiermachers unbewertet.

Problemstellung

Organische Synthesefasern werden hauptsächlich im textilen Sektor verarbeitet und sind hierfür auch optimiert. D.h. viele potentiell auch für Papierprodukte interessante Fasertypen sind unter Umständen gar nicht als Kurzschnitt-Stapelfasern erhältlich. Des Weiteren sind viele der Fasern gemäß den Anforderungen für textiltypische Verfahrensschritte (Spulen, Weben etc.) optimiert, besitzen z.B. spezielle chemische Oberflächenbehandlungen (Sizings, Beschichtung), welche mit dem Nassprozess inkompatibel sind (schlechte Benetzbarkeit, Schaumbildung, Trübung des Siebwassers). Im Projekt soll daher übersichtsartig erarbeitet werden, welche Synthesefasern momentan in für Nassprozesse geeigneten Dimensionen erhältlich sind und welche Potentiale sich hinsichtlich der Entwicklung und Verbesserung von Papierprodukten daraus ergeben.

3 Projektziel

Identifizierung potentiell wertigkeitssteigernder org. Synthesefasern für Papieranwendungen

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist ein praxisnahes Eigenschaftsmapping organischer Synthesefasern in Bezug auf ihre Eigenschaften und Prozessfähigkeit im Nassprozess. Der Fokus liegt auf solchen Fasern, die bis dato typischerweise nicht oder nur selten im Papierprozess zum Einsatz kommen. Untersucht wird vor allem die Anwendung von Synthesefasern als Basis für Entwicklungsoptionen für neue Produkte und Produktverbesserungen.

Mögliche Anwendungsbereiche liegen aufgrund der thermoplastischen Eigenschaften von Synthesefaserpapieren z.B. in der Automobilindustrie als sekundär- oder semistrukturellen Bauteilen (Kaschierung von Bauteilen, Innenverkleidungen) oder in Organoblechen. Auch in Strukturelementen (Leicht-, Koffer- und Möbelbau) ist in dieser Hinsicht der Einsatz von Synthesefasern möglich. Mit Spezialfasern-angereicherte Papiere können sowohl in der Abwasserreinigung als auch in der Heißgasfiltration in Kombination mit Mineralfasern Anwendung finden. Auch die chemische Beständigkeit bietet den Synthesefaserpapieren ein potentiell neues Anwendungsspektrum.

Die Ergebnisse sollen nach Abschluss der praktischen Arbeiten in einer systematischen Darstellung zusammengefasst werden. Aufgeführt werden hierbei potentiell interessante Fasern gegenüber diversen Einsatzgebieten mit Erwähnung des zu erwartenden Mehrwertes.

4 Vorgehen & Lösungsweg gem. INFOR-Antrag

Arbeitspakete im Überblick

AP1 – Faserauswahl und -charakterisierung

In Abstimmung mit den Projektbegleitern werden verschiedene kommerziell verfügbare Synthesefasern beschafft und ergänzend zu den Herstellerangaben charakterisiert. Aus der Gruppe der Biopolymere wurden Polymilchsäure-Fasern verschiedener Hersteller (PLA) als auch fibrillierte Viskosefasern ausgewählt. Thermoplastische Fasern auf Basis PE, PET und BiKo-Varianten davon wurden im Hinblick auf thermisch verformbares Papier beschafft. Für Anwendungen mit der Maßgabe „flammfest“ bzw. „brandhemmend“ wurde Hochtemperaturbeständige Hochleistungspolymere wie PEEK, PEI, Aramid, PPS etc. in Faserform angefragt.

Die Fasern wurden mittels Rasterelektronenmikroskopie hinsichtlich der Morphologie untersucht. Die Oberflächenladung wurde mittels Zeta-Potenzial-Messung verglichen.

AP2 – Blattbildung

Vorgelagert zur eigentlichen Blattbildung wurde die Benetzbarkeit und Suspenderbarkeit der Fasern bewertet. Die Beobachtungen beim Handling der Faser im Desintegrator und Stoffverteiler wurden in einem „Suspenderprotokoll“ festgehalten. Anschließend wurden mittels eines Rapid-Köthen Laborblattbildners Papiermuster der Zusammensetzung 70 Gew% Synthesefaser in Kombination mit 30 Gew% Zellstoff orientiert auf ein Flächengewicht von 100g/m² gefertigt. Der Synthesefaseranteil wurde bewusst hoch gewählt um den Einfluss der jeweiligen Faser besser beurteilen zu können. Die hergestellten Laborpapiere wurden zur Beurteilung zunächst auf ihre Grund- und Festigkeitseigenschaften hin untersucht (Dicke, Dichte, Bruchkraft, Biegesteifigkeit etc.). Auf Basis dieser ersten Screening Ergebnisse wurden potentiell interessante Fasertypen für die Arbeiten in AP3 ausgewählt.

AP3 – Anwendungsorientierte Vertiefungsarbeiten

Nach Abschluss der Arbeiten aus AP2 wurden die bis dato erarbeiteten Zwischenergebnisse mit den Projektbegleitern diskutiert und die Fokussierung in der zweiten Projekthälfte wie folgt festgelegt:

- Untersuchungen zur Synthesefasereinbindung im Papier (Einsatz von Additiven)
- Erhöhung der Bruchdehnung von Papier
- Verarbeitung von rCF mittels Bindefasern (BiKO)
- Basaltvliese mit thermoplastischer Matrix als Halbzeuge für FVK

AP4 – Exemplarische Weiterverarbeitungsversuche

Die Stabilität der Synthesefasereinbindung wird an ausgewählten Varianten mittels Abriebtests (Rollrad) untersucht und bewertet. Des Weiteren wurden ausgewählte Rezepturen auf der Pilot-Papiermaschine am Standort in Heidenau hergestellt und bewertet.

**Anpassung der
Arbeitspakete**

Gegenüber dem INFOR-Antrag wurden einige der geplanten Arbeiten unter Berücksichtigung der Entwicklungen vom Antrag- bis zur Berichterstellung angepasst. Den Interessen der Projektbegleiter wurde hierbei besondere Aufmerksamkeit zugedacht. Auf die Änderungen wird im folgenden Kap. 5 jeweils kurz eingegangen.

5 Ergebnisse

5.1 AP1 – Faserauswahl und -charakterisierung

Recherche und Faserauswahl Am Markt verfügbare organische Synthesefasern wurden bei verschiedenen Herstellern in für den Nassprozess geeigneten Dimensionen angefragt und wenn möglich bestellt. Innerhalb der Rechercharbeit ist insbesondere der vom TITK (Thüringisches Institut für Textil- und Kunststofforschung) herausgegebene „Leitfaden – Verarbeitungshinweise von Cellulose- und Synthesefasern im Nassvliesverfahren“ zu erwähnen, der im Rahmen eines IGF-Projektes (17354 BR) erarbeitet wurde. Die dort untersuchten Fasertypen (Viskose, Standard PET) wurden im vorliegenden Projekt nicht erneut behandelt. Aus der Gruppe der Biopolymere wurden Poly-Milchsäurefasern (Polylactid) verschiedener Hersteller beschafft. Zudem wurden Muster funktioneller textiler Fasern mit diversen (Oberflächen-) Modifikationen, wie z.B. einer flammhemmenden Ausrüstung, ausgewählt. Polyvinylalkohol-Fasern und Bi-Komponentenfasern wurden als mögliche Bindefasern mit betrachtet. Besonders inerte und temperaturstabile Fasertypen, sogenannte Hochleistungspolymere wie Aramid, PEEK, PEI etc. (unterer Teil der Tabelle) wurden für den Anwendungsbereich „Technische Spezialpapiere“ untersucht.

Polymer	Handelsname	Hersteller	Faserdimension		Kürzel	
			Faserlänge [mm]	Faserfeinheit [dtex]		
Polylactid	PLA	Glory Tang	5	1,3	PLA (GT)	Milchsäure
Polylactid-Co-Polylactid	PLA low melt	Glory Tang	5	1,8	PLA/coPLA (GT)	
Polylactid	T 260	Trevira	5	1,7	PLA (Trev.6)	
Polylactid	T 260	Trevira	4	1,7	PLA (Trev.4)	
Lyocell	EFTec L-040-6	EFT	bis 6	100- 500nm	L-040-6	Polyester
Lyocell	Lyocell	Lenzing	4	1,7	Lyo Lenz.	
Polyacrylnitril	EFTec A-010-4	EFT	bis 4	100- 500nm	A-010-4	
Polyethylen	F PE 910 F	STW	1,6		PE 910 F	
Polyethylen/ Polypropylen	BiCo PE/PP	Barnet	4	1,7	PE/PP	Hochleistungsfasern
Polypropylen	PP E 4214	Asota	4	2,8	PP	
Polypropylen	PPXP 600	EFT			PPXP	
Polyester	PET	Barnet	5	1,7	PET	
Polyester OH-modifiziert	PET-OH	Advansa	5	1,7	PET-OH	Hochleistungsfasern
Polyester/ Co-Polyester	PET / coPET	Trevira	5	1,7	PET/ coPET	
Polyester flammhemmend	PET flammh.	Barnet	5	5,7	PET fh	
Polyester flammhemmend	T 270	Trevira	5	1,7	PET fh (Trev.)	
Polyester/Polyethylen	T 255	Trevira	5	1,3	PET/PE (Trev.)	Hochleistungsfasern
Polyvinylalkohol	401	STW	5		PVA 401	
Polyvinylalkohol	Kuralon VPS 105-2	Kuraray	4	1,17	PVA VPS 105-2	
Polyvinylalkohol	Kuralon SPG 056-11	Kuraray	4	0,8	PVA SPG 056-11	
para-Aramid	PAR 801	STW	ca. 2,5		PAR 801	Hochleistungsfasern
para-Aramid	Twaron 1080	Teijin	5 12 µm		Ar 1080	
para-Aramid	Twaron D 8016	Teijin	0,7 bis 1,2		D 8016 Filbride	
meta-Aramid	Meta-Aramid	Toray	5	2,2	meta-Ar	
Polyphenylensulfid	Procon	Evonic/ Toyobo	5		PPS	Hochleistungsfasern
Polyimid	P84 Typ 70	Evonic	5		Pi P84	
Polyetherimid	ULTEM Typ 199	Ultem Fiber	5		PEI	
Poly-Ether-Ether-Keton	Zyex short cut	Zyex Ltd.	5	3,9	PEEK	
Melamin	Basofil	EFT			Melamin fibrilliert	Hochleistungsfasern
Polyamid	PE hm 3,3	STW	4		PA	
Polyamid 66	PA 66	Barnet	3	1,1	PA 66	

Abbildung 1: Für die Screening-Untersuchungen ausgewählte Organische Synthesefasern

Fasercharakterisierung

Die Fasermuster wurden zunächst mittels Rasterelektronenmikroskopie untersucht. Faseroberflächen, Faser-Schnittkanten, als auch ungewöhnliche Faser-Morphologien (Fibride) können so verglichen werden.

Nachfolgend sind einige REM-Aufnahmen beispielhaft aufgeführt:

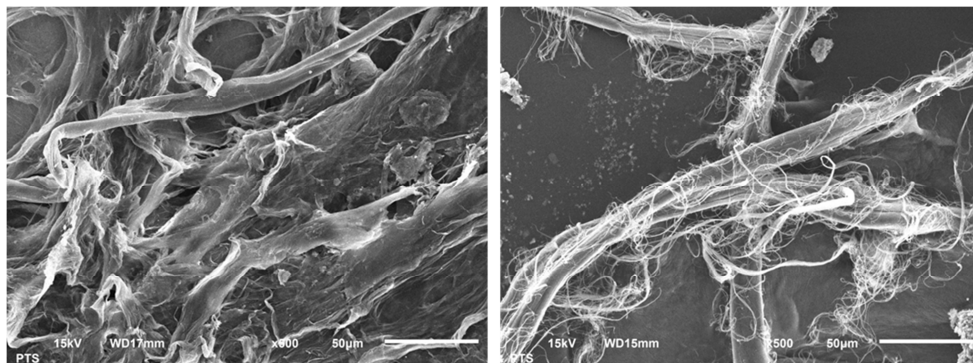


Abbildung 2: 500fache Vergrößerung von Aramid-Jet-Spun Fibriden (Teijin) und Aramid-Pulpe (STW)

Bei den Aramid-Fasern in Abb.2 sind die unterschiedlichen Morphologien mit den jeweiligen Herstellverfahren erklärbar. Die Teijin Fibride werden aus der Lösung heraus in einem hohen Scherfeld ausgefällt und zeigen deshalb eine homogenere Feinstruktur, mit häutchenartigen Feinstfasern. Die Aramid-Pulpe der Schwarzwälder Textilwerke hingegen zeigt die typische Ausbildung von Fibrillen, die sich in Verästelungen von der ursprünglichen Hauptfaser abheben – ähnlich dem Mahlprozess klassischer Zellstoff-Fasern.

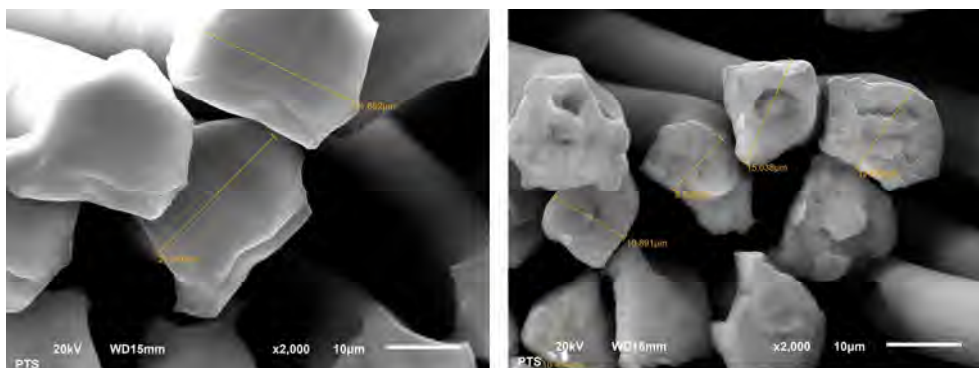


Abbildung 3: 2000-fache Vergrößerung von Faser-Schnittkanten (Links: PA von Asota, Rechts: PLA von Glory Tang)

Abb. 3 zeigt glatte, saubere Schnittkanten verschiedenen Kurzschnitt-Stapelfasern. Beachtenswert sind diese, da unsaubere Schnittflächen zu Verspinnungen und Agglomeraten in der Fasersuspension führen können.

5.2 AP2 – Blattbildung

Suspendierprotokolle

Gemäß den verschiedenen Prozessstufen der Papierherstellung wurden die Beobachtungen beim Handling der Synthesefasern im Labormasstab in sogenannten „Suspendierprotokollen“ festgehalten. Betrachtet wurde die hochkonsistente Faservereinzelnung im Desintergrator, die Verdünnung im Stoffverteiler und das Verhalten der Fasern bei der eigentlichen Blattbildung (siehe Abb.4).



Desintegrieren –
hochkonsistent, hohe
Scherwirkung



Stoffverteiler –
Einstellen der
Stoffkonzentration



Blattbildung: Verwirbeln
und Entwässern

Abbildung 4: Arbeitsschritte zur Laborblattbildung

Auffälligkeiten wie Schaumbildung, Trübung des Prozesswassers und das Auftreten von Agglomeraten/Verspinnungen bzw. der notwendige Einsatz von additiven wurde so für jede Fasertypen protokolliert (Bsp. siehe Abb.5).

Fasertyp	Faserlänge	Faserform	Desintegrator	Rechteckglas	Stoffverteiler	Blattbildung	Entschäumer	Netzwerk- müll	Netzwerk- müll (mV)
17 PE/PD Bico 1.7mm	1.7 mm	Stapel, röh- lockere Bündel	kein Schaum, rel. gute Vereinzelung	gute Vereinzelung; Fasern schwimmen verteilt nach oben; Zusammenballung → Zugabe Surf/viol → besser: totale Vereinzelung	ohne Zugabe von Benetzungsmittel schwimmen Fasern auf; nach Zugabe von Surf/viol gute Verteilung; → Schaumbildung → Zugabe Agitan	ohne Zugabe von Benetzungsmittel vor Blattbildung starke Anhaftungen an Zylinderwand; große Flocken → Benetzungsmittel vor Blattbildung → keine Flocken, keine Anhaftungen → noch stärkere Schaumbildung	3 ml Agitan in Stoffverteiler	Stoffverteiler 2 ml Surf/viol 5 - 10 Tropfen kurzer Wartzeitung in Benetzungsmittel	~7,5
18 PE/PD Bico 1.3 mm	1.3 mm	glockenförmig kann Stapel, kurz	kein Schaum, gute Vereinzelung und Verteilung	Fasern schwimmen verteilt oben; gute Vereinzelung; gute Verteilung	Fasern schwimmen gut → Zugabe von Surf/viol → gute Verteilung; kaum Schaumbildung → Zugabe von Agitan	späte Anhaftung an Zylinderwand → Zugabe von Benetzungsmittel vor Blattbildung → keine Anhaftung an Zylinderwand; keine Schaumbildung	2 ml Agitan in Stoffverteiler	Stoffverteiler wenig Benetzungsmittel vor	~11,5
27 Advansa PET DH-modified	5 mm	Stapel, röh- lockere Bündel	kein Schaum, gute Vereinzelung und Verteilung	gute Verteilung und Verteilung; Fasern sinken nach unten	gute Verteilung, große Flocken; kein Schaum	keine Anhaftung an Zylinderwand	nein	nein	~43,8
28 PET Kern- Mittel-Biko	5 mm	Stapel	kein Schaum, schlechte Vereinzelung, große Flocken	gute Verteilung; schlechte Vereinzelung; kleine Flocken; Fasern schwimmen nach oben	gute Verteilung, kleine Flocken; kein Schaum	kleine Mengen hatten an Zylinderwand	nein	nein	~39,8
29 Lycell (Länging)	1.4 mm	Stapel	kein Schaum, große Flocken	gute Verteilung; schlechte Vereinzelung; kleine Flocken; Fasern sinken nach unten	gute Verteilung; schlechte Vereinzelung; kleine Flocken kein Schaum	keine Anhaftung an Zylinderwand; Flocken sind auch bei beiden Blättern zu sehen; ungleichmäßige Verteilung, wenig am Rand	nein	nein	~47,4

Abbildung 5: Beispiel Suspendierprotokoll

Die Suspendierprotokolle zu den einzelnen Fasertypen sind im Anhang des Berichtes zu finden.

Rezepturen

Um den Einfluss der Synthesefaser auf den Blattbildungsprozess vergleichen zu können, wurde ein recht hoher Synthesefaseranteil von 70% für die Herstellung der Papiere innerhalb der Screening Phase gewählt. In Abmischung dazu wurde ein Standard-Langfaserzellstoff (ZPR Tear) verwendet. Die 10%-Variante des verwendeten Zellstoffes bildet hierbei das Referenzpapier. Es wurden Papiere mit einem Flächengewicht von 100g/m² hergestellt. Anschließend wurden die Papiere gemäß ihrer Grundeigenschaften (Dicke, Flächengewicht, Festigkeitseigenschaften) charakterisiert. Zu jeder Synthesefasertypen konnten entsprechende Laborpapiere hergestellt werden, es gab keine Faser, die überhaupt nicht verarbeitet werden konnte. Aufgrund ihrer Morphologie zeigten fibrillierte Faservarianten dabei deutlich homogenere und festere Papiere als glatte Stapelfasertypen. Bei Polymervarianten mit geringer Dichte (z.B. Polypropylen) zeigten sich zum Teil deutlich zweiseitige Papiere, da die Fasern sich durch starkes Aufschwimmen noch während der Blattbildung separierten. In diesen Fällen waren die Synthesefasern z.T. oberflächlich vom Papier lösbar und sehr schlecht in der Zellstoff-Matrix eingebunden.

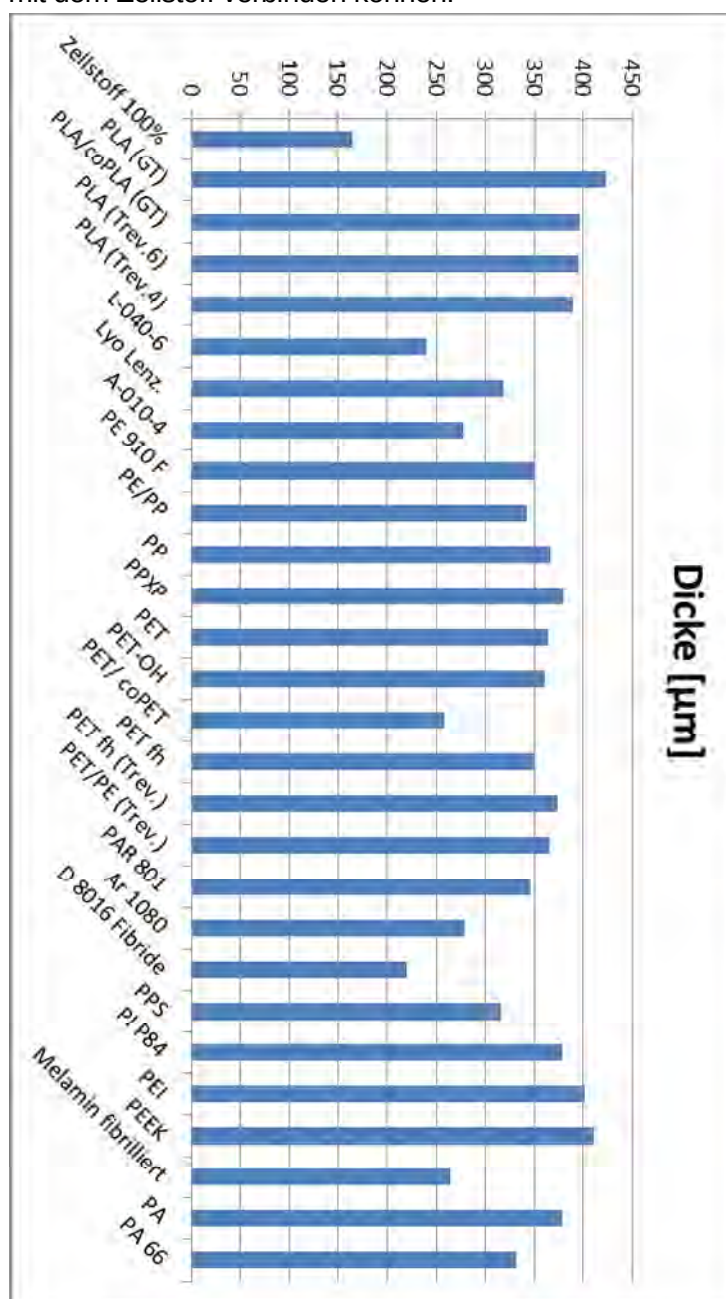
Um Fasern gleicher Polymerbasis (z.B. PLA oder Hochleistungspolymere) detaillierter vergleichen zu können, wurden zudem teilweise Abmischungen von 10% Synthesefaser in Kombination mit Zellstoff gewählt.

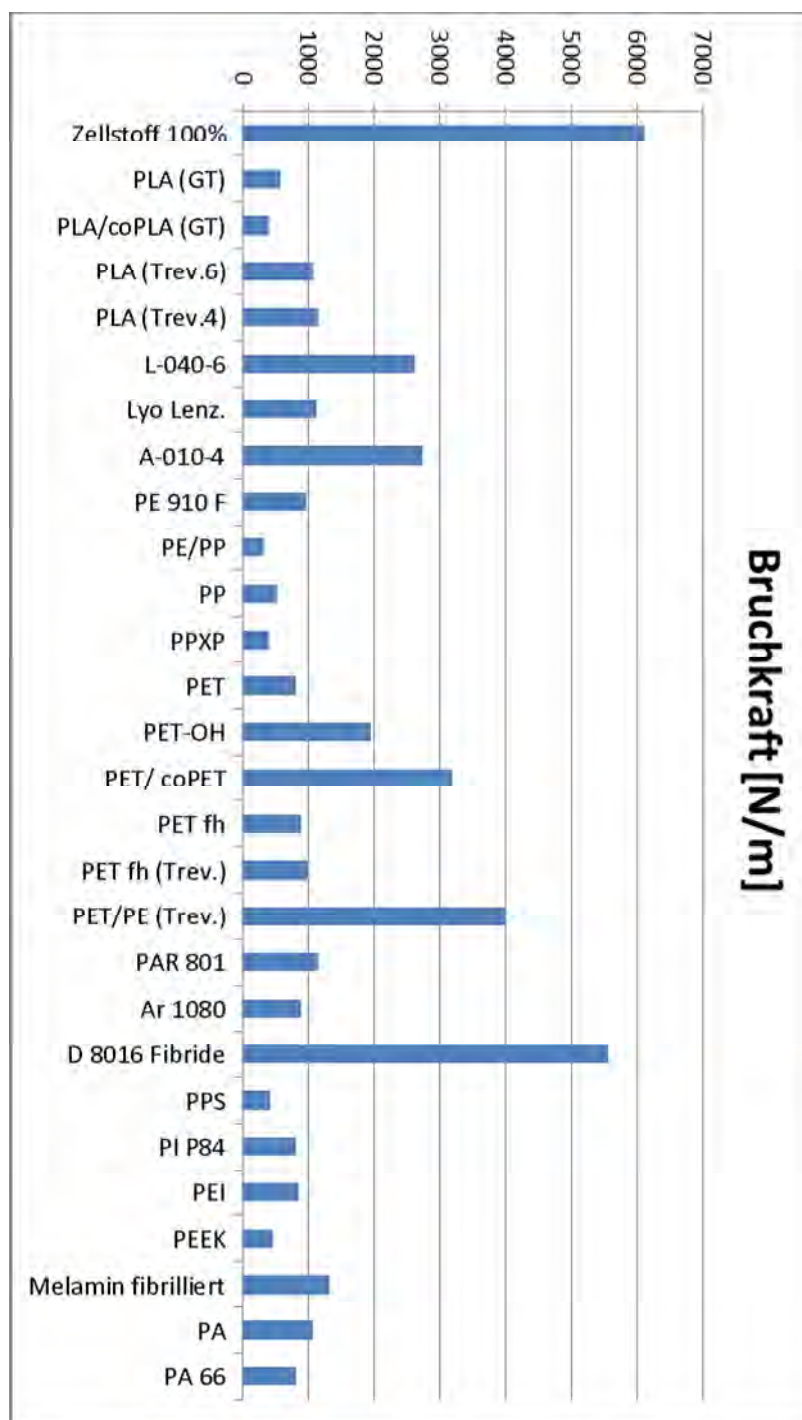
Papiertechnologische Charakterisierung

Die 70:30-Papiere wurden papiertechnologisch grundcharakterisiert:

- flächenbezogene Masse (DIN EN ISO 536)
- Dicke (DIN EN ISO 534)
- Dichte (DIN EN ISO 534)
- Biegesteifigkeit (DIN 53123-1)
- Zugfestigkeit (DIN EN ISO 1924-2)
- Bruchdehnung (DIN EN ISO 1924-2)

Die Dicken der Papiere bewegten sich zwischen 200µm und 400µm, die Unterschiede erklären sich z.B. durch die Fasermorphologie. Die Papiere mit fibrillierten oder fibriden Synthesefasern sind deutlich kompakter und dichter als die mit Stapelfasern, da sich die fibrillierte/fibride Fasern besser mit dem Zellstoff verbinden können.





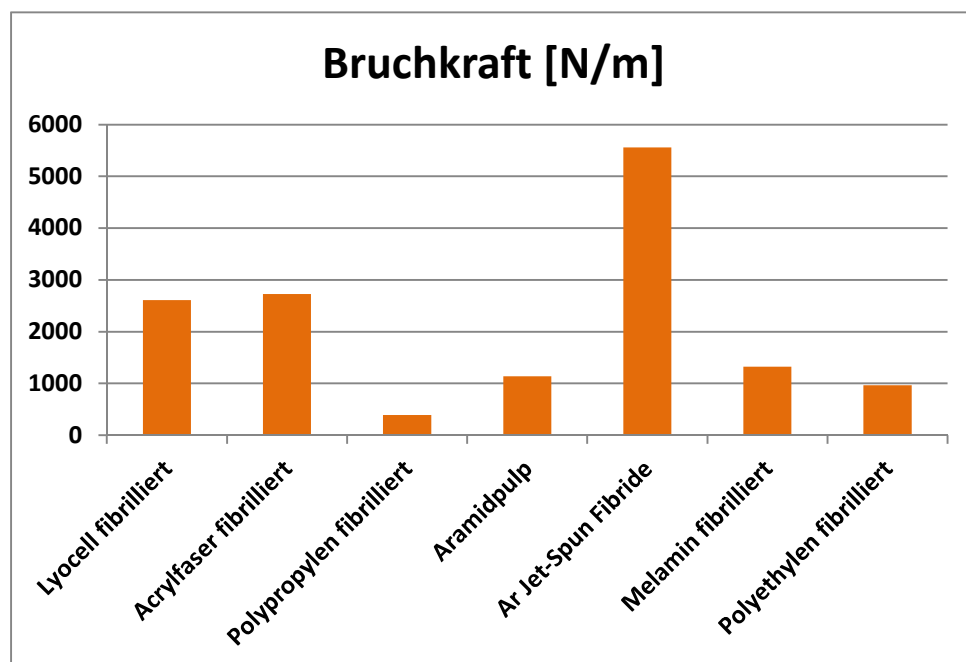
In Bezug auf die mechanischen Eigenschaften, ist die Bruchkraft (aus dem Zugversuch, siehe Diagramm oben) ein aussagekräftiger Parameter. Auch hier heben sich die Papiervarianten mit fibrillierten Synthesefasern deutlich von den Varianten mit Kurzschnitt-Stapelfasern ab.

Faservergleiche

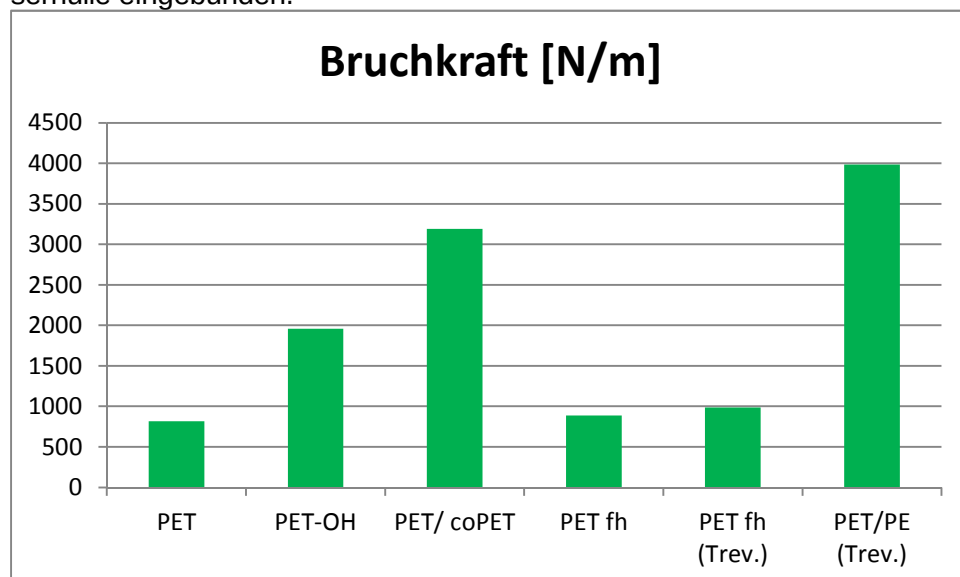
Faser ähnlicher Morphologie oder mit gleicher Polymerbasis wurden nochmals fokussiert miteinander verglichen, um vielversprechende Typen auswählen zu können.

Fibrillierte/ Fibrilde Fasern (70:30):

Abgesehen von den Jet-Spun-Fibrilden sind die im Diagramm aufgeführten Fasern alle mechanisch fibrilliert worden und zeigen somit eine gute Einbindung ins Papier. Lediglich das Polypropylen weicht aufgrund des Separierung während der Blattbildung (Aufschimmen) hiervon ab.

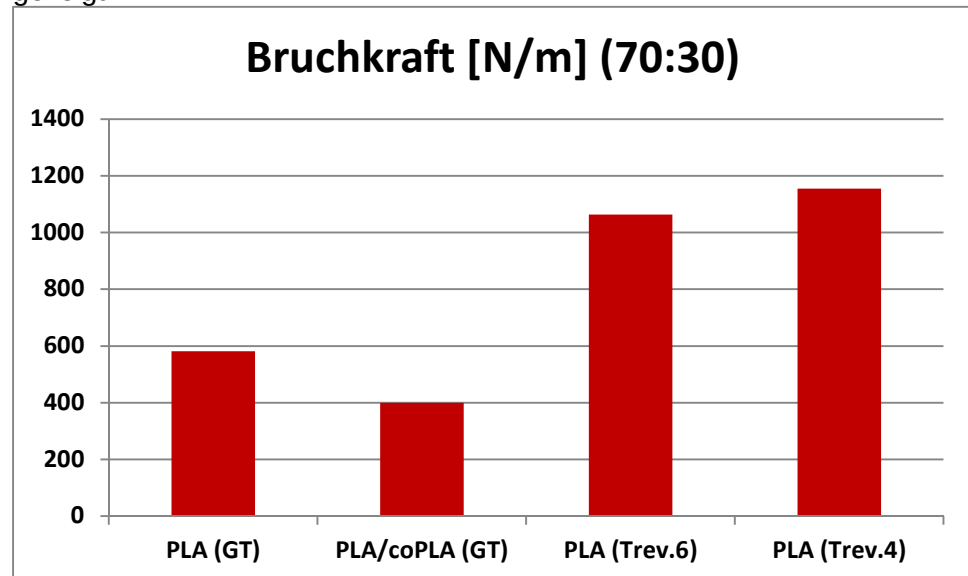
Polyester-Fasern (70:30):

Bei den Polyester-basierten Fasern zeigt die OH-modifizierte Faservariante einen deutlich bessere Festigkeit, da hier gezielt Wasserstoffbrückenbindungen an der Synthesefaser-Oberfläche aufgebracht wurden, um die Anbindung an die Zellstofffaser zu unterstützen. Die beiden Kern-Mantel-Fasern (Co-Polyester-Mantel/ PE-Mantel) sind durch ihre schmelzbare Faserhülle eingebunden.

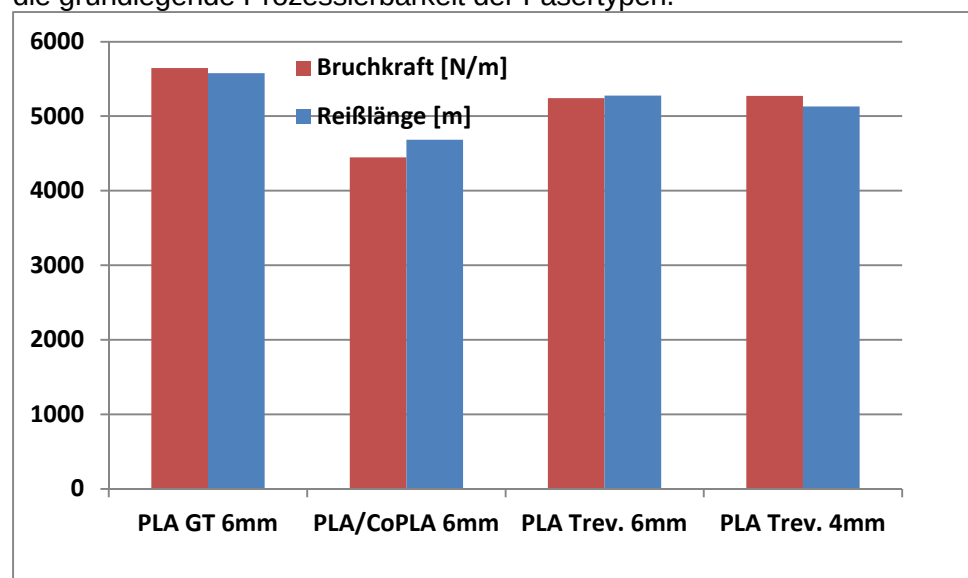


PLA-Fasern (70:30)/(10:90):

Die im oberen Diagramm dargestellten Poly-Milchsäurefasern zeigen beim Einsatz von 70% SF im Gemisch deutliche Unterschiede in der Papierfestigkeit. Eine Erklärung hierfür könnte die leicht gekräuselte Struktur der Glory-Tang (GT) Fasern sein, da diese zur Agglomeratbildung während der Blattbildung führten. Die PLA/coPLA-Variante hatte zudem durch ihren niedrig-schmelzenderen Mantel ein schlechteres Benetzungsverhalten gezeigt.



Um diese Unterschiede genauer beleuchten zu können, wurden weitere Laborpapiere mit einem SF-Anteil von nur 10% in Abmischung mit Zellstoff hergestellt. Hier egalisieren sich die oben genannten Effekte nahezu bzw. kehren sich sogar um. Es ist also zwingend erforderlich, die einzelnen Synthesefasern in Bezug auf die anwendungsrelevanten Mischungsverhältnisse zu beurteilen. Das durchgeführte Screening in AP2 bestätigt jeweils nur die grundlegende Prozessierbarkeit der Fasertypen.



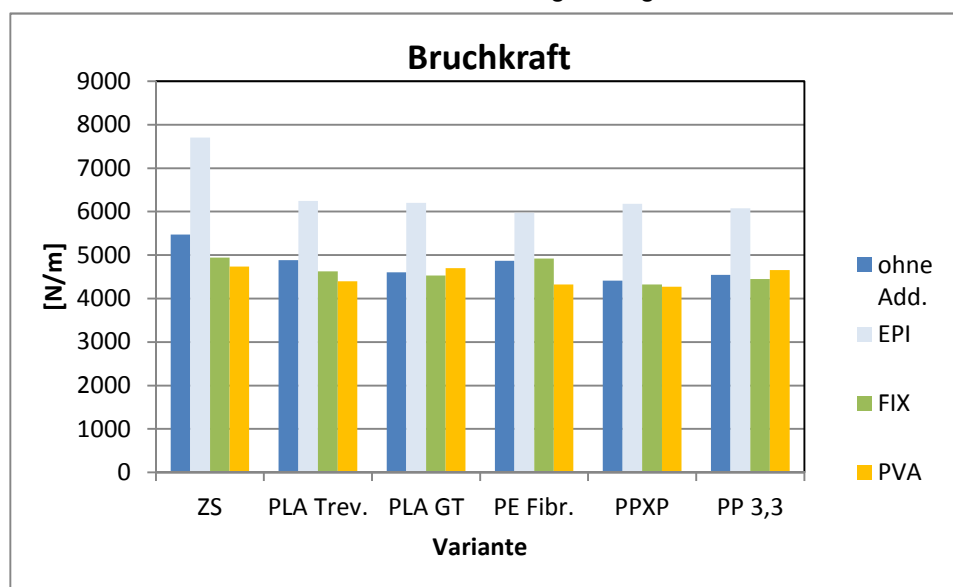
5.3 AP3 und AP4 – Anwendungsorientierte Vertiefungsarbeiten und Exemplarische Weiterverarbeitungsversuche

Nach der ersten Hälfte der Projektlaufzeit wurden die Zwischenergebnisse den Projektbegleitern während eines Arbeitstreffens in München (15.04.2015) vorgestellt und mögliche Optionen für Vertiefungsarbeiten in der zweiten Projekthälfte vorgeschlagen. Hierbei wurde der Wunsch geäußert einen genaueren Blick auf die Qualität der Synthesefasereinbindung zu richten (s.5.3.1). Im Kontext Verpackungs- und Spezialpapiere sollten Synthesefasern mit Potential zur Erhöhung des Bruch-Dehnungs-Verhaltens von Papier identifiziert werden (s. 5.3.2). Das der Papierprozess auch eine mögliche Verwertungsrouten für Schnittrreste/ Rezyklate typischer Verstärkungsfasern wie Carbon und Basalt ist, wurde in vergangenen Arbeiten gezeigt – die Verarbeitung solcher Fasern zu flächigen Halbzeugen in Verbindung mit Synthesefasern wird in den Punkten 5.3.3 und 5.3.4 untersucht. Da die einzelnen Themengebiete eng mit den entsprechenden Weiterverarbeitungsoptionen verbunden sind, werden die Ergebnisse des AP3 und des AP4 zusammenhängend in diesem Kapitel dargestellt.

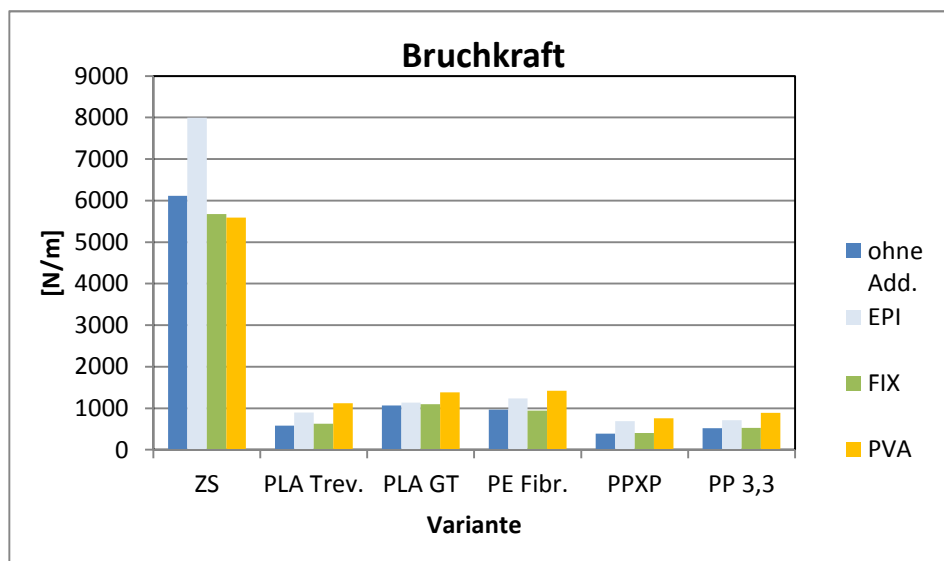
5.3.1 Untersuchungen zur Qualität der Synthesefasereinbindung

Rezepturen

Es wurden Papiere mit jeweils 5% Synthesefaseranteil (PE- und PP-Fibrider, PLA und PP-SF) hergestellt und Varianten davon unter Einsatz bindungsfördernder Additive (0,1% Fixiermittel Polymin VZ, 5% Epichlorhydrinharz Giluton 14x und 2% PVA-Bindefasern VPB 105-2) zum Vergleich herangezogen. Diese Papiere wurden zunächst papiertechnologisch grundcharakterisiert. Die mechanische Festigkeit kann am ehesten mit der Qualität der Synthesefasereinbindung in Korrelation gesetzt werden. Hier zeigt einzig das Giluton unabhängig von der Art der Synthesefaser eine nennenswerte Wirkung auf die Bruchkraft der Papiere (siehe Diagramm). Da die Wirkung von Epichlorhydrinharzen auf der Ausbildung von Etherbindungen mit der Cellulose beruht, ist der Zellstoffanteil der Papiere hier deutlich zu hoch, um differenzierende Aussagen zu gewinnen.



Die Versuche wurden mit Papieren mit einem Synthesefaseranteil von 70% wiederholt und die Papiere analog charakterisiert:



Auch hier zeigt das Giluton eine festigkeitssteigernde Wirkung, durch den reduzierten Zellstoffanteil jedoch auf deutlich niedrigerem Niveau. Die PVA-Bindefaser, deren Wirkung auf der temperaturabhängigen Löslichkeit (in Anwesenheit von H₂O) beruht, zeigt hier deutlichere Effekte, da deren Bindevormögen völlig unabhängig von funktionellen Gruppen an der Faseroberfläche ausgebildet wird.

Abriebtests

Die Bestimmung des Faserabriebes nach dem Reibradverfahren dient der messtechnischen Bewertung der Abriebbeständigkeit der Papieroberfläche. Als Maß für den Abrieb dient die Abriebmasse, die durch das Schleifen der Proben mit Schmirgelrädern bestimmter Güte entsteht. Das Ergebnis wird angegeben als Masse des Abriebbetrages umgerechnet auf 100 Umdrehungen. Für die Untersuchungen wurde der TABER Abraser, Modell 503 (siehe Bild) verwendet.



Abbildung 6: Taber Abraser (li), Papiermuster nach Abriebtest (re)

Aufgrund der gemessenen Festigkeitsunterschiede wurden Abriebtests lediglich an den Papiervarianten mit 5% Synthesefaseranteil mit Giluton und PVA-Bindefaser im Vergleich zur „additivlosen Variante“ durchgeführt. In Abweichung zur Norm wurden lediglich 50 Umdrehungen mit dem Reibrad auf einer Seite der Papierproben durchgeführt und der Mittelwert aus 3 Mustern gebildet. Der Abrieb ist in mg/100 Umdrehungen angegeben.



Erwartungsgemäß kann der größte Abrieb bei den Proben ohne Additiv gemessen werden. Hier bildeten sich an der Papieroberfläche fusselartige Knötchen mit einzelnen längeren (synthetischen) Fasern, welche im Mikroskop deutlich von den Zellstofffasern unterschieden werden konnten. Mit Epichlorhydrinharz als Nassfestmittel sind die Fasern deutlich stärker im Papier gebunden. Die PVA-Bindefasern vermindern den Abrieb ebenfalls, vermutlich durch die Glättung der Papieroberfläche nach dem Aushärten des in Lösung gegangenen PVA (folienartiger Überzug der Faseroberfläche). Die Abriebtests an Papiervarianten mit 70% Synthesefaseranteil zeigten aufgrund des starken Abriebs verbunden mit deutlicher Fusselbildung leider keine auswertbaren Ergebnisse.

Fazit

Die Untersuchungen zeigen, dass die Einbindung von Synthesefasern durch Einsatz geeigneter Additive deutlich verbessert werden kann. Je höher der Synthesefaseranteil der Papiere hierbei ist, desto weniger Wirkung zeigen hier klassische Mittel, welche auf die Verstärkung der cellulosischen Bindungen optimiert sind. PVA-Bindefasern sind hingegen unspezifisch und für alle Faseroberflächen gleichermaßen wirksam. Hier empfiehlt sich lediglich, die PVA-Konzentration der Fasermorphologie der Synthesefasern anzupassen (bei fibrillenartigen Fasern genügt eine niedrigere PVA-Konzentration).

5.3.2 Erhöhung der Bruchdehnung von Papier

Hintergrund

Im Bereich technischer Spezialpapiere und Verpackungspapiere ist oft ein gewisses Dehnvermögen der Papiere gefordert, um die Anpassung an mehrdimensionale, nicht flächige Formteile gewährleisten zu können. Innerhalb des Faser-Screenings in AP2 fielen dabei einige Bi-Ko-Fasertypen (PET/PE von der Fa. Trevira) durch vergleichsweise hohe Bruchdehnungswerte auf. Es sollte überprüft werden, ob dieser Trend auch bei kleineren Synthesefaseranteilen im Papier erhalten bleibt.

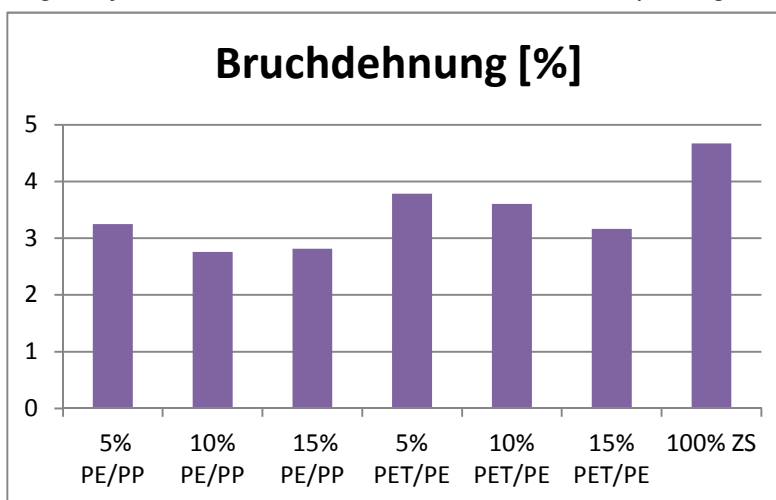
Rezepturen

Synthesefaser	Zellstoff	Anteil SF	Anteil ZS
PE/PP 1,7dtex/4mm	LF ZPR tear	5	95
PE/PP 1,7dtex/4mm	LF ZPR tear	10	90
PE/PP 1,7dtex/4mm	LF ZPR tear	15	85
PET/PE (Trev. T255) 1,3dtex, 6mm	LF ZPR tear	5	95
PET/PE (Trev. T255) 1,3dtex, 6mm	LF ZPR tear	10	90
PET/PE (Trev. T255) 1,3dtex, 6mm	LF ZPR tear	15	85

Zwei Kern-Mantel-Fasern mit niedrigschmelzenden Mantelpolymeren wurden in Abmischungen von je 5%, 10% und 15% zum Papier gegeben und anschließend papiertechnisch grundcharakterisiert.

Ergebnisse

Die Bruchdehnungswerte der 70:30 Varianten von ca. 15% konnten mit den geringen Synthesefaseranteilen nicht erreicht werden (s. Diagramm).



5.3.3 Basalt-Organoblech auf Basis PA6

Hintergrund

Seit einigen Jahren ist die Basaltfaser aufgrund Ihrer bemerkenswerten Eigenschaften ein ernstzunehmender Konkurrent für bestehende anorganische Hochleistungsfasern wie Glas und Carbon. Sie zeichnet sich durch Stabilität in einem Temperaturbereich von -260°C bis ca. 750°C, gute Chemikalienbeständigkeit und ihre elektrisch isolierende Wirkung aus. Zudem gilt die Faser als gesundheitlich unbedenklich. Mit einem Preisniveau von 3-5€/t ist die Faser zudem deutlich günstiger als S-Glas oder Carbon.

Der Nassvliesprozess ist geeignet, Basaltfasern in unbeschichteter Form oder mit entsprechend hydrophilen Sizings zu attraktiven Halbzeugen für faserverstärkte Kunststoffe zu überführen. Besonderes Potential wird dabei der Entwicklung sogenannter „papierbasierter Organobleche“ beigemessen, da hier die thermoplastische Matrix mit der Verstärkungsfaser „in einem Schritt“ verarbeitet werden kann.

Rezepturen

Es wurden Nassvliese mit einem Basaltfasergehalt von 40%, 50%, 60%, und 70% hergestellt. Als Matrixfasern wurden PA6-Fasern (1,1dtex) der Firma Barnet mit Faserlängen von 3mm und 5mm genutzt und jeweils 2% PVA-Bindefasern. Hierbei konnten beim Einsatz der längeren PA6-Fasern bei längerem Rühren der Basalt-PA6-Mischung deutliche Verspinnungen beobachtet werden, welche im Papier als weiße Knoten zu erkennen sind. Diese Verspinnungen können nicht re-suspendiert werden. Bei der Faserfeinheit der PA6-Fasern ist also bei einer Faserlänge von 5mm bereits ein kritischer Schlankheitsgrad erreicht. Durch Verringerung der Stoffkonzentration konnte dieser Effekt vermieden werden



Abbildung 7: Vliesformation mit (re) und ohne (li) PA-6 Verspinnungen

Die initiale Festigkeit der Vliese ist mit Bruchkraftwerten kleiner 1000 N/m sehr gering. Da die Vliese für das Thermopressen ohnehin mehrlagig eingesetzt werden und ausreichend handelbar waren, war dies jedoch in diesem speziellen Anwendungsfall akzeptabel. Durch Vorversuche an einer statische Heißpresse konnte festgestellt werden, dass PA6-Anteile kleiner 60% für eine homogene Verschmelzung der thermoplastischen Matrix mit den Verstärkungsfasern nicht ausreichen.



Abbildung 8: Heißverpresste Basalt-PA6-Vliese

Abbildung 8: Thermisch verpresste Basalt-PA6-Vliese

Ergebnisse

In Zusammenarbeit mit dem cetex-Institut der TU Chemnitz werden die Konsolidierungs-Parameter für die Basalt-Nassvliese in laufenden Arbeiten weiter optimiert. Hierbei können entsprechende Temperaturprofile gefahren werden, die ein vollständiges Schmelzen der thermoplastischen Matrix als auch eine schrittweise Aushärtung der Organoblech-Platten erlauben.



Abbildung 9: Vliesstapel vor und nach thermischer Konsolidierung (Quelle: cetex)

**Anwendungs-
optionen**

Der Großserieneinsatz von faserverstärkten Kunststoffen im Automobilbau scheiterte bis dato an den Kosten: den Rohstoff- als auch den Fertigungskosten. Der Einsatz von FVK-Bauteilen mit thermoplastischer Matrix kann die Prozesskosten dank geringerer Zykluszeiten im Vergleich zur duroplastischen Bauteilen deutlich verringern. Weiterhin ist der Einsatz sogenannter Hybridwerkstoffe, welche Halbzeuge unterschiedlicher Herstellverfahren miteinander kombinieren ein Ansatz zur Kostenreduktion. Ein Beispiel hierfür ist die Kombination von unidirektionalen textilen Gelegen mit Nassvlies-Lagen zu einem Bauteil. Die untenstehende Abbildung zeigt eine solche Verbundplatte, auf der die unidirektionale Faserstruktur an der Oberfläche deutlich zu erkennen ist. Als Zwischenlagen wurden Basalt-PA6-Vliese von der Schrägsieb-Technikumsanlage der PTS in Heidenau eingesetzt.



Abbildung 10: Basalt-Verbundplatte aus UD-Gelegen und Basalt-PA6-Vlies

5.3.4 rCF-haltige Nassvliese

Hintergrund

Carbonfasern sind durch höchste Festigkeits- und Steifigkeitswerte bei vergleichsweise geringem spezifischem Gewicht gekennzeichnet. Als einachsiger Verstärkungsmaterial in Faserverbundwerkstoffen für die Herstellung hochfester und schnell bewegter Leichtbaustrukturen, besitzen sie deswegen eine enorme Bedeutung in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, im Maschinenbau und in der Energietechnik. Die Abfallmenge aus beispielsweise Verschnittresten, Webkanten, Rest-Rovings und andererseits die Menge an End-of-life- Bauteilen, welche in absehbarer Zeit dem Recyclingprozess oder der thermischen Verwertung zugeführt werden müssen, steigt. Carbonfasern resultieren aus kosten- und energieintensiven Herstellprozessen, ein thermisches Recycling ist deswegen noch lukrativ. Die anfallende Abfall-Fasern und Rezyklatfasern besitzen z.T. Faserlängen, welche für textile Verarbeitungsprozesse nicht mehr geeignet sind. Der Nassvlies-Prozess kann diese Faserlängen (zwischen 3mm und 24mm) jedoch zu neuen Halbzeugen für FVK-Anwendungen verarbeiten.

Rezepturen

	GF1	GF2	GF3	GF4
Flächengewicht	150 g/m ²	150 g/m ²	100 g/m ²	100 g/m ²
rCF (4-6mm)	25	47	62	82
BiKo PE/PP	47	25	15	15
PVA	3	3	3	3
Abaca 23°SR/ ZPR	25	25	20	

Rezepturen auf Basis Vorgabe der Projektbegleiter, welcher auch die PE/PP-BiKo bereitstellte. Die rCF-Fasern sind eine 4-6mm Mischfraktion der Fa. Hadeg-Recycling.

Ergebnisse

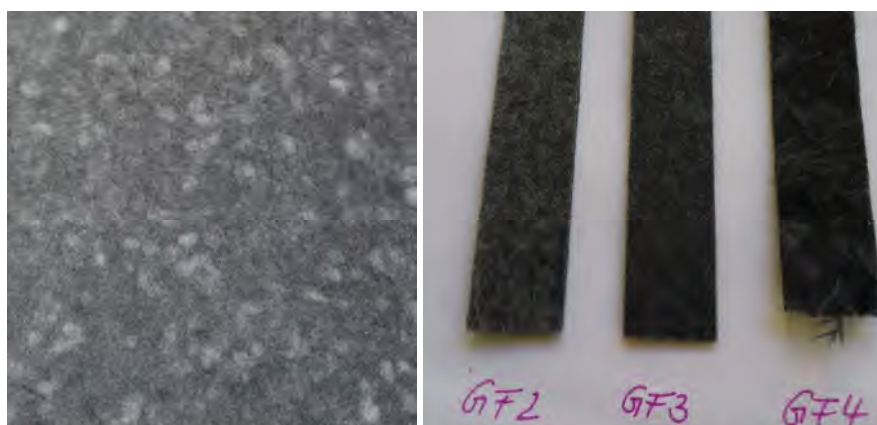
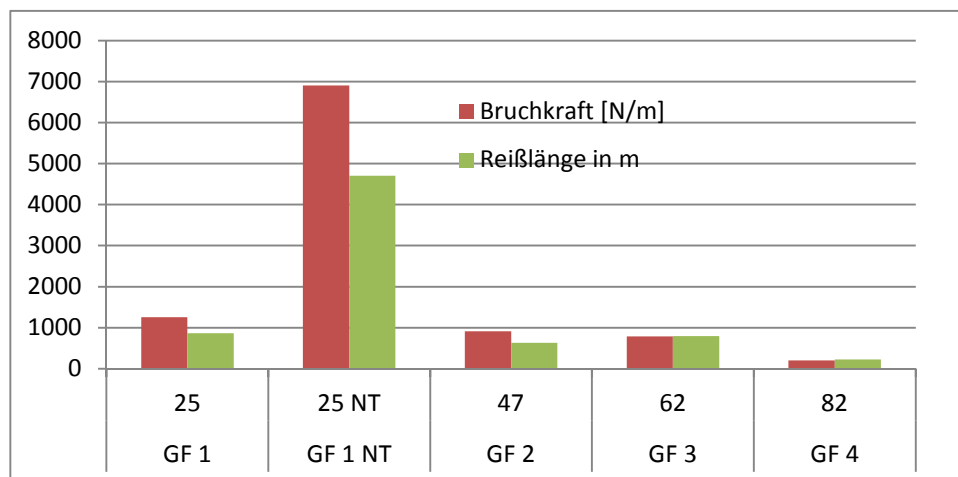


Abbildung 11: Knotenbildung bei Abaca-Rezepturvarianten (li), Unterschiede in der Faservereinzelung (re)

Die Rezepturvarianten mit Abaca-Zellstoff zeigten deutliche Knötchen (Verspinnungen) im Stoffverteiler als auch im Papier. Vermutlich resultieren diese aus Agglomeraten des Abaca-Zellstoffs mit den BiKo-Fasern (rein weiße Farbe der

Knoten). Da sich diese Effekte auch bei geringerer Stoffkonzentration einstellten, wurden die Rezepturen stattdessen mit dem Langfaserzellstoff ZPR gefertigt.

Des Weiteren konnte mit zunehmendem Carbonfaseranteil eine Verschlechterung der Carbonfaser-Vereinzelung festgestellt werden, diese macht sich auch deutlich in den Festigkeitswerten bemerkbar (s. Diagramm).



Die Wirkung der BiKo-Fasern entfaltetete sich erst nach einer zusätzlichen Nachtrocknung (NT) der Vliese bei 150°C für 30min, zeigt aber, dass diese völlig ausreichend zur Fixierung der Carbonfasern ist.

5.3.5 Versuche auf der Pilot-Papiermaschine

Up-Scaling ausgewählter Rezepturen

Um das Verhalten ausgewählter Synthesefasern im halb-industriellen Maßstab beurteilen zu können, wurden Versuche an der Pilot-Papiermaschine der PTS in Heidenau durchgeführt. Im Fokus der Untersuchungen standen hierbei PLA-Fasern und Binfasern (BiKo und PVA).

Es wurden Versuche unter Nutzung des Langsieb-Stoffauflaufes (90g/m²-Varianten) als auch unter Nutzung des Schrägsieb-Stoffauflaufes (30g/m²-Varianten) durchgeführt. Während der Versuche lag besonderes Augenmerk auf dem Verhalten der Fasern im Stoffauflauf (Vereinzelung, Agglomerate, Verspinnungsneigung) und während der Trocknung (Anhaftungen an den Trockenzylindern etc.).

Datum	Versuchsnummer	Flächen- masse g/m ²	Zellstoff		Synthesefaser	
			Name	Anteil in %	Name	Anteil in %
20.10.	1	30	Intercon	100		
	2	30	Canfor 2	100		
29.10.	3	90	Stendal ECF	100		
3.11.	3_2	90	Stendal ECF	100		
3.11.	3_3	90	Stendal ECF	100		
	4	30		100		
	5	90		100		
	6	90		100		
	7	90		100		
	8	90		100		
2.11.	9	90	Stendal ECF	80	PA(PK)	10
29.10.	10	90	Stendal ECF	80	PE/PP 65/35Biko	20
2.11.	10_2	90	Stendal ECF	80	PE/PP 65/35Biko	20
29.10.	11_1	90	Stendal ECF	80	PE/PP 65/35Biko	10
29.10.	11_2	90	Stendal ECF	80	PE/PP 65/35Biko	10
29.10.	12	90	Stendal ECF	80	Polyester	10
2.11.	13	90	Stendal ECF	80	Polyester	10
2.11.	14	90	Stendal ECF	80	Polyester	10
	15				PA90/PP 160	
	16				PA90/PA 130	
22.10.	17	30	Intercon	95	PLA 135/175	5
3.11.	18	90	Stendal ECF	80	PLA (Trev. 4)	20
	19			60		40
3.11.	20	90	Stendal ECF	80	PLA (Trev. 6)	20
	21			60		40
20.10.	22	30	Intercon	99	PVA VPB 105-2	1
20.10.	22_90	90	Stendal ECF	99		1
20.10.	23	30	Intercon	97		3
21.10.	24	30	Intercon	80	Polyester flammschwendend , T270	20
21.10.	25	30	Intercon	60		40
22.10.	26	30	Intercon	80	Polyester OH- modifiziert	20
22.10.	27	30	Intercon	60		40
20.10.	28	30	Intercon	80	Polyethylen, PE910F	20
21.10.	29	30	Intercon	60		40
21.10.	30	30	Intercon	80	PET/PET255	20
22.10.	31	30	Intercon	60		40
21.10.	32	30	Intercon	80	Aramid, Twaron D8016	20
	33			60		40
3.11.	34	90	Stendal ECF	80	PP	20
2.11.	35	90	Stendal ECF	90	PE	10
20.10.	36	30	Stendal ECF	95	PVA VPB 105-2	5
29.10.	36_90	90	Stendal ECF	95	PVA VPB 105-2	5
3.11.	37	90	Stendal ECF	80	Melaminfaser Basofil	20

Tabelle 2: Versuchsprogramm Pilot-Papiermaschine

Die Rezepturvarianten wurden im Anschluss papiertechnologisch grundcharakterisiert, siehe folgende Diagramme:

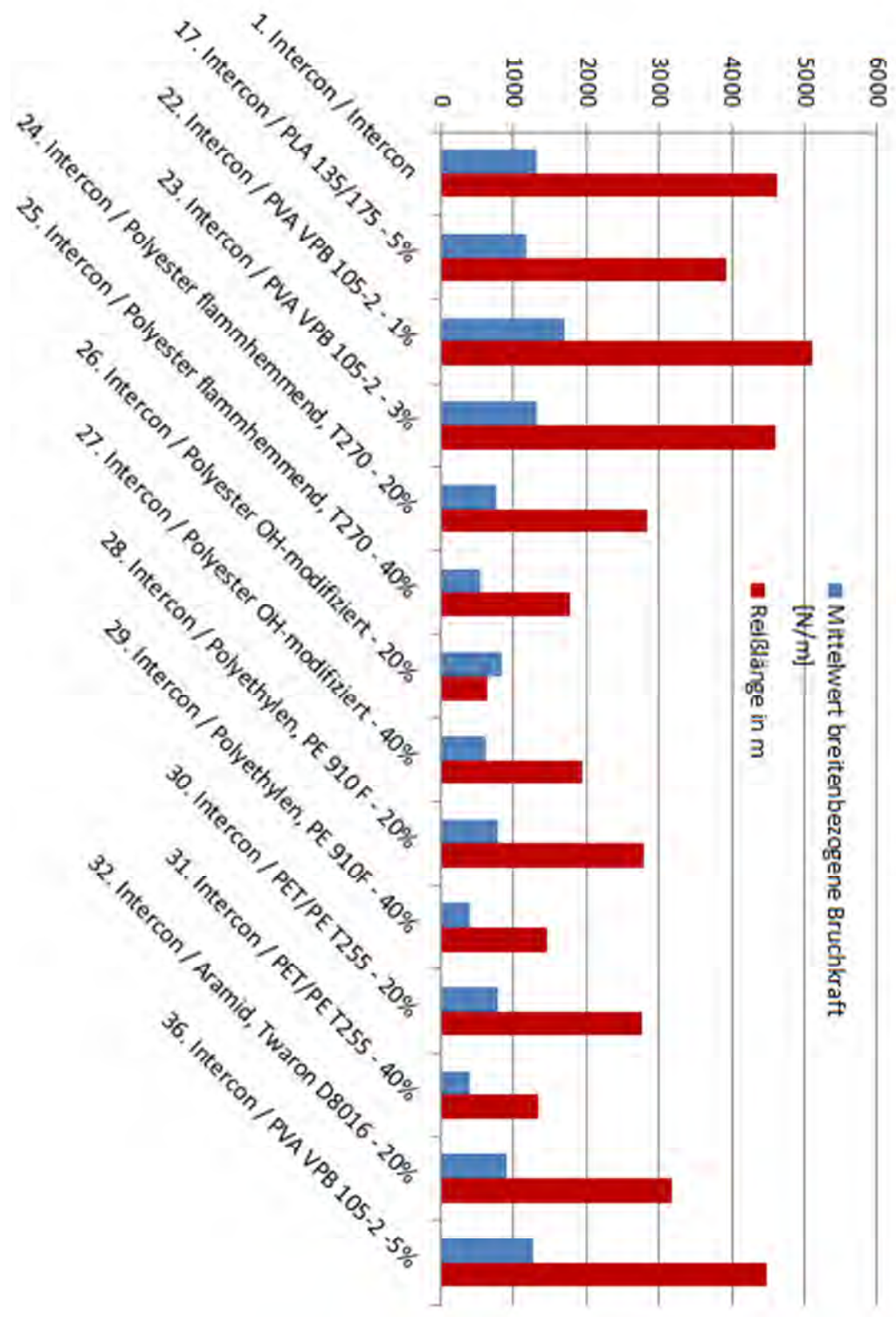


Abbildung 12: 30g/m²-Varianten Maschinenpapier

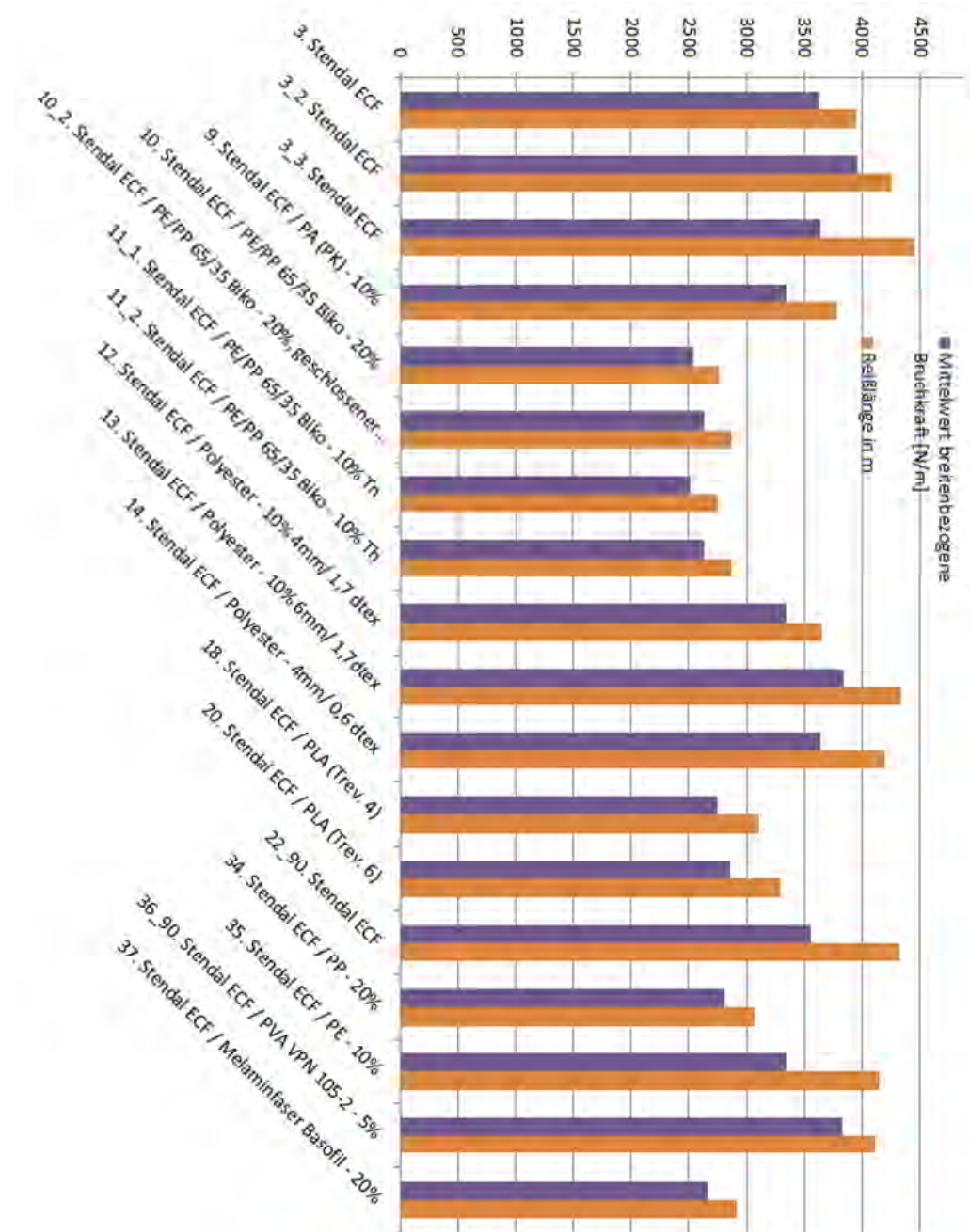


Abbildung 13: Festigkeiten der 90g/m²-Maschinenpapiere

Einzelne Fasertypen wurden zudem bei variablen Versuchsbedingungen (geschlossener Stoffauflauf, normale 95°C/ hohe Trocknung 130°C) eingesetzt – siehe Abb. 15.

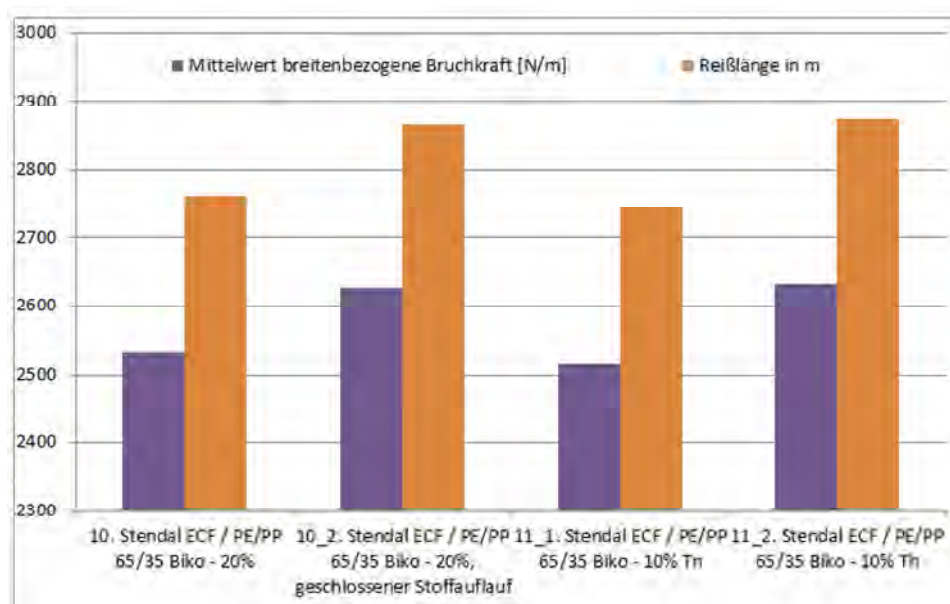


Abbildung 14: 90g/m²-Maschinenpapiere mit PE/PP-BiKo – Variation der Versuchsbedingungen

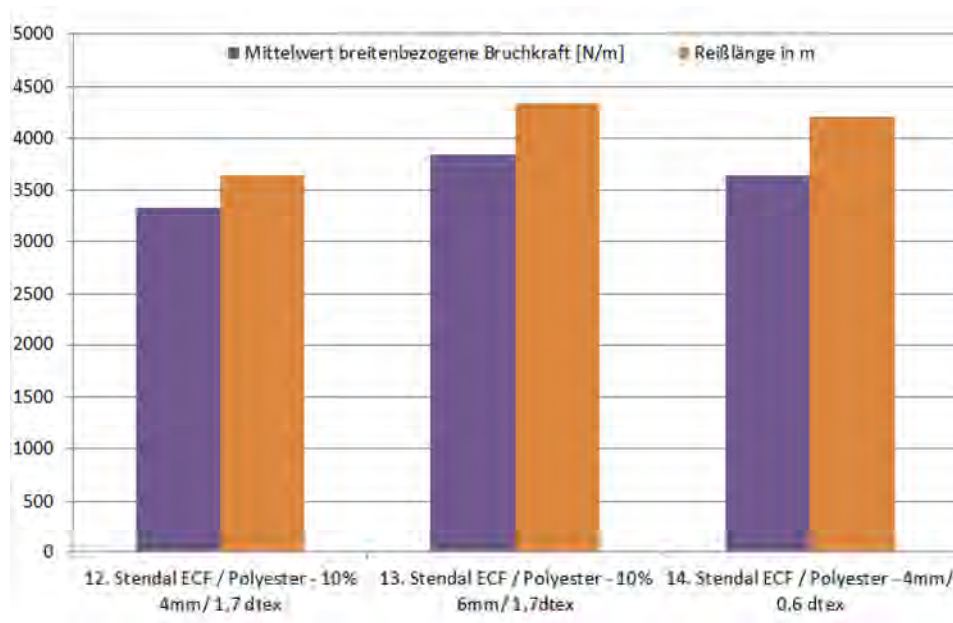


Abbildung 15: 90g/m²-Maschinenpapiere mit verschiedenen PET-Fasern

Zusammenfassend kann man sagen:

- Alle Fasertypen waren problemlos im Pilot-Massstab handelbar (keine Verspinnungen, keine Trockner-Anhaftungen etc.)
- Der Einsatz der jeweiligen Faser ist durch angepasste Prozessparameter optimierbar
- Je nach Anwendungsbereich und Zielgröße, welche durch Einsatz der jeweiligen Faser beeinflusst werden soll (Festigkeit, Dimensionsstabilität....) sind weitere Versuche zur Bewertung notwendig

6 Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung für die Papierindustrie

Prozessierbarkeit von Synthesefasern

Im Projekt konnten grundlegende Aussagen zur Einsetzbarkeit diverser organischer Synthesefasern getroffen werden – diese Aussagen stützen sich sowohl auf Ergebnisse von Laboruntersuchungen als auch aus Pilot-Versuchen an der Papiermaschine. Untersuchungen in speziellen Anwendungsgebieten (AP3/4) wurden begonnen, jedes einzelne der Themen bietet jedoch Potential für weitere vertiefende Arbeiten, die den Projektrahmen eines solchen zeitlich und finanziell begrenzten Vorhabens sprengen würden.

Anwendungsoptionen

Anwendungsoptionen Faserart	Verpackung	Organo- blech	Leichtbau	Filtration	Brandschutz
BiKo-Fasern (niedrigschmelzender Mantel)	Festigkeitssteigerung, Dimensionsstabilität	Bindefaser	Bindefaser	Bindefaser	
PA (6 und 66)		Thermoplast-Matrix		Temperaturstabil bis 220°C	Temperaturstabil bis 220°C
PEI, PI, PBS, PEEK			Erhöhte Biegesteifigkeit	Temperaturstabil > 250°C	Temperaturstabil > 250°C
PVA		Bindefaser Nassvlies			
PP, PE	Verbesserte Formbarkeit	Thermoplast-Matrix	Verbesserte Formbarkeit	Verbesserte Formbarkeit	
PET	Dimensionsstabilität		Festigkeitssteigerung	Dimensionsstabilität	
PLA	Kompostierfähigkeit	„Green Composites“			
Fibrillierte Fasern/ Fibrille	Festigkeitssteigerung		Festigkeitssteigerung	Festigkeitssteigerung, Filtrationskapazität	Festigkeitssteigerung

7 Sonstiges

Verfügbarkeit Spezialfasern

Die Hersteller textiler Fasern haben die Papierindustrie längst als potentiellen Abnehmer identifiziert und bieten zum Teil ein speziell auf den Nassprozess bzw. Nonwoven-Prozess angepasstes Produktportfolio an. Somit sind Spezialfasern in diversen Schnittlängen und teilweise sogar als fibrillierte Fasern erhältlich. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über entsprechende Anbieter:

Firma	Homepage	Portfolio
Asota	http://www.ifgasota.com/produkte/tech/	PE, PP, PA
Barnet	http://www.barnet-europe.com/de/fasern/kurzschnitt-fasern.html	PET, PA, PP
Fibervisions	http://www.fibervisions.com/Markets/Paper.aspx	PE/PP-Bindefaser
Engineered Fiber Technology	http://www.ettfibers.com/index.php	fibrillierte, nano-fibrillierte Fasern, diverse Kurzschnitt-Fasern, technische Spezialfaserb
EMS Grilon	http://www.emsgrivory.com/de/produkte-und-maerkte/produkte/grilon/	PA, Polyester (COPES), Biko PA6/CoPA
Evonik Fibers	http://www.p84.com/product/p84/en/Pages/default.aspx	PI, PBS
Glory Tang	http://www.glorytang.com/	PET, PLA
Kuraray	http://www.sp-paper.jp/english/case/type04.html	PVA, PET
Schwarzwälder Textilwerke	http://www.stw-faser.de/	Faserkurzschnitte, Fibride, Pulp
Teijin	http://www.teijin.com/products/advanced_fibers/	Ar, PE, PET
Trevira	http://www.trevira.de/de/textilien-stoffe-markenfasern-trevira/nonwovens-vliesstoffe-hygiene.html	Biko, PLA, Nonwoven-Typenprogramm

8 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Dimension	Bedeutung
AP	-	A rbeits p aket
FF	-	F risch f asern
FP	-	F ilm p resse
FVK	-	F aser V erbund K unststoff
Graf.	-	G rafische Papiere
Hyg.	-	H ygienepapiere
IR	-	I R-Trockner
kA	-	k eine A ngabe
LP	-	L eim p resse
PM	-	P apier m aschine
RK	-	R apid k öthen
SP	-	S ieb p artie
Spez.	-	S pezialpapiere
SF	-	S ynthesefaser
STA	-	S toffau f bereitung
TP	-	T rocken p artie
V	-	V erarbeitung
Verp.	-	V erpackungspapiere

9 Anhang (Suspendierprotokolle)

Faserart	Faserlänge	Faserform	Desintegrator	Becherglas	Stoffverteiler	Blotbildung	Entschäumer	Beretzungs- mittel	Zetapotential [mV]	Datum Bearbeitung
1 PP 2,8 dtex, 4mm (Asotex)	4mm	Stapel	gute Verfeinzelung	PP-Fasern separieren sich an der Oberfläche, klare Flüssigkeit	nach Zugabe von Beretzungsmitel keine Separation mehr, trübes Wasser		0,4ml / Fasersuspension	0,2 ml / Fasersuspension	-57,3	02.07.2014
2 PA 3,3 4mm (STW)	4mm	Stapel	gute Verfeinzelung	gleichmäßige Verteilung von Pa-Fasern und Zellstoff, keine Separierung	homogen		-	-	-54,4	02.07.2014
3 PET (Barnet) 5mm	1,5mm	Fibrille, Pulp mit Restfeucht e	gute Verfeinzelung	Keine Separierung, voluminöse Flocken	homogen	Trocknung zwischen 2 Deckblättern (um Ankleben zu vermeiden)	-	-	-48,8	02.07.2014
4 PE 910 F (STW)	5mm	Stapel	gute Verfeinzelung	leichtes Aufschwimmen	homogen	gute Blatbildung	-	0,1 ml / Fasersuspension	-57,2	02.07.2014
5 PPS 5mm (Evonik)	5mm	Stapel	gute Verfeinzelung, leichtes Schäumen	Fasern schwimmen auf Schaum	Beretzter und Entschäumer zugegeben	Fasern kleben an Zylinderwand, schlechte Formation (große Flocken)	1ml in Stoffverteiler	2ml in Stoffverteiler	-48,5	14.07.2014
6 P84 (PI) 5mm, 2,2dtex	5mm	Stapel	starkes Schäumen	gute Verfeinzelung und regelmäßige Verteilung	homogen	keine Anhaftungen an der Zylinderwand, gute Formation	2ml in Stoffverteiler	-	-41,5	14.07.2014

Faserart	Faserlänge	Faserform	Dehntestretion	Bedierglas	Stoffverteiler	Blattbildung	Entschäumer	Benetzungs- mittel	Zerapontential [mV]	Datum Bearbeitung
7 PEEK 6mm, 3,3 dteX	6mm	Stapel	starkes Schaumen	schnelles Aufschwimmen, gute Vereinzelnung	Benetzer und Entschäumer zugegeben	leichte Schaumbildung, gute Formation	2ml in Stoffverteiler	2ml in Stoffverteiler	-54,6	14.07.2014
8 PEEK 6mm 3 dteX	6mm	Stapel	starkes Schaumen	schnelles Aufschwimmen, gute Vereinzelnung	Benetzer und Entschäumer zugegeben	leichte Anhaftungen an der Zylinderwand, sehr schlechte Formation (große unregelmäßige Flocken)	2ml in Stoffverteiler	2ml in Stoffverteiler	-49,7	14.07.2014
9 PEI 6mm ULTM	6mm	Stapel	kaum Schaumbildun g	schnelles Aufschwimmen, gute Vereinzelnung	homogen	keine Anhaftungen an der Zylinderwand, gute Formation	-	2ml in Stoffverteiler	-44,1	15.07.2014
10 PLA Glory Tang, 1,3dteX, 6mm	6mm	Stapel, mit 10% Restreucht e	kein Schaum	langsames Aufschwimmen, gute Verteilung	tw. kleine Agglomerate sichtbar	Anhaftungen an der Zylinderwand, schlechte Formation, große Flocken	1ml in Stoffverteiler	2ml in Stoffverteiler	-55,4	15.07.2014
11 FLACoPLA Glory Tang, 1,3dteX, 6mm, crimped	6mm	Biko, gekräuselt e Version	grobe Verteilung, wenig Schaum	tw. Stippen und Agglomerate sichtbar	große Flocken	Anhaftungen an der Zylinderwand, schlechte Formation, große Flocken, klebt am Sieb	-	4ml in Stoffverteiler	n.m.	15.07.2014
12 Twaron 1090, Ar SF 6mm	6mm	Stapel	weißer Schaum milchige wässrige Phase	schlechte Vereinzelnung, schnelles Aufschwimmen	Aufschwimmen, Agglomeratbildung bei längerem Rühren	Formation akzeptabel	2ml in Stoffverteiler	2ml in Stoffverteiler	n.m.	15.07.2015

Faserart	Faserlänge	Faserform	Desintegrator	Becherglas	Stoffverteiler	Blattbildung	Entschäumer	Betzungs- mittel	Zetapotentia l [mV]	Datum Bearbeitung
13 Acrylfaser A- 010-4		nano- fibrilliert	kein Schaum, homogene Verteilung	gute Verteilung, ohne Rühren Aufschwimmen	homogen	Vorsichtig entwässern, sonst schwer vom Sieb zu lösen, relativ wolkige Blätter			-57	08.09.2014
14 Lyocell L-040- 6		nano- fibrilliert	kein Schaum, homogene Verteilung	gute Verteilung, ohne Rühren Aufschwimmen	homogen	gute Entwässerung, kein Anhaften, kein Schaum, Formation gut, sehr dichte, gleichmäßige Verteilung			-37,9	08.09.2014
15 PPXP 600 EFT		fibrilliert	kein Schaum, homogene Verteilung	Aufschwimmen nach kurzer Zeit	große Flocken	sehr schneller Entwässern, Blatt löst sich gut vom Sieb, schlechte Formation			-63,5	08.09.2014
16 Melamin fibrilliert		fibrilliert	kein Schaum, homogene Verteilung	gute, gleichmäßige Verteilung, leichtes Aufschwimmen	tw. Stuppen sichtbar	schnelle Entwässerung, sehr gleichmäßig und porös, wenige Stuppen erkennbar			n.t.	08.09.2014
17 PE/PP Bico 1,7 dtex	4 mm	Stapel, rel. lockere Bündel	kein Schaum, rel. gute Verteilung	gute Vereinzelnung; Fasern schwimmen schnell nach oben; Zusammenballung > Zugabe Surfynol	ohne Zugabe von Benetzungsmittel schwimmen Fasern auf; nach Zugabe von Surfynol gute Verteilung	ohne Zugabe von Benetzungsmittel vor Blattbildung starke Anhaftungen an Zylinderwand, grobe Flockung > Benetzungsmittel vor Blattbildung > feinere Flocken, keine Anhaftungen	3 ml Agitan in Stoffverteiler	Stoffverteiler; 2 ml Surfynol; 5 - 10 Tropfen kurz vor Blattbildung	-67,9	03.12.2014 zem, Nel
18 PET/PBT Bico 1,3 dtex	3 mm	gekräuselt e Fasern, Stapel, kurz	kein Schaum, gute Verteilung	Fasern schwimmen nach oben, gute Vereinzelnung, gute Verteilung	Fasern schwimmen auf > Zugabe von Surfynol > gute Verteilung; kaum Schaumbildung > Zugabe von Agitan	starke Anhaftung an Zylinderwand > Zugabe von Benetzungsmittel vor Blattbildung > keine Anhaftung an Zylinderwand, keine Schaumbildung	2 ml Agitan in Stoffverteiler	2 ml Surfynol in Stoffverteiler; wenig Tropfen kurz	-61,8	08.12.2014 Nel
27 Advansa PET OH- modified	6 mm	Stapel, rel. lockere Bündel	kein Schaum, gute Verteilung	gute Vereinzelnung und Verteilung; Fasern sinken nach unten	gute Verteilung; große Flocken; kein Schaum	keine Anhaftung an Zylinderwand	nein	nein	-43,8	05.01.2015 Nel

Faserart	Faserlänge	Faserform	Designator	Becherglas	Stoffzettel	Blattbildung	Entschäumer	Reinigungs- mittel	Zetapotential [mV]	Datum Beobachtung
28 PET kern- Mantel-Bi-ko	6 mm	Stapel	kein Schaum; schlechte Verzweigung, Fasern schwimmen nach großen Flocken	gute Verteilung; schlechte Verzweigung, Flocken; Fasern schwimmen nach oben	gute Verteilung; kleine Flocken, kein Schaum	keine Anhaftung an Zylinderwand; kleine Mengen hatten an Zylinderwand	nein	nein	-39,8	07.01.2015 Nei
29 Lycocell	4 mm	Stapel	kein Schaum; große Flocken	gute Verteilung; schlechte Verzweigung, kleine Flocken; Fasern sinken	gute Verteilung; schlechte Verzweigung, kleine Flocken; kein Schaum	keine Anhaftung an Zylinderwand; Flocken sind auch bei den Blättern zu sehen; ungleichmäßige	nein	nein	-47,4	12.01.2015 Nei
30 Trevira PLA	4 mm	Stapel	kein Schaum; gute Verzweigung	gute Verteilung und Verzweigung; Fasern schwimmen nach oben	Fasern schwimmen auf > Zugabe von Surfynol > gute Verzweigung	Anhaftung an Zylinderwand > Zugabe von Benetzungsmittel vor Blattbildung; keine Schaumbildung	nein	2 ml Surfynol in Stoffzettel	-53	13.01.2015 Nei
31 Trevira PET- Faser	6 mm	Stapel	kein Schaum; gute Verzweigung	gute Verzweigung; Fasern schwimmen nach oben > Zugabe von Surfynol >	wenig Schaum; Zugabe von Agitant; gute Verzweigung; Fasern schwimmen nach	Fasern haften an Zylinderwand > wenig Tropfen Surfynol vor Blattbildung; in Becherglas zugeben;	2 ml Agitan in Stoffzettel	2 ml Surfynol in Stoffzettel	-30,8	14.01.2015 Nei
32 Trevira kern- Mantel Bi-ko	6 mm	Stapel	kein Schaum; gute Verzweigung	gute Verzweigung; schlechte Verzweigung; kleine Flocken; Fasern	kein Schaum; schlechte Verzweigung; Flocken; Fasern schwimmen nach	Fasern haften an Zylinderwand > wenig Tropfen Surfynol vor Blattbildung; in Becherglas zugeben	nein	2 ml Surfynol in Stoffzettel	-54,6	19.01.2015 Nei
39 Flechtas	6 mm	Stapel	kein Schaum; gute Verzweigung	gute Verteilung und Verzweigung	kein Schaum; gute Verzweigung; große Flocken	keine Anhaftung an Zylinderwand; kein Schaum; ungleichmäßige Verzweigung	nein	nein		16.02.2015 Nei
40 PÄSE Barnet 3	3 mm	Stapel, kurz	kein Schaum; gute Verzweigung	gute Verteilung; gute Verzweigung; Fasern schwimmen nach oben	kein Schaum; kleine Flocken; gute Verzweigung; Fasern schwimmen nach oben > 2 ml	starke Anhaftung an Zylinderwand > Zugabe von Benetzungsmittel vor Blattbildung; in Becherglas; keine	nein	2 ml Surfynol in Stoffzettel	-40,7	17.02.2015 Nei
41 Mellrock (Wollseide)		Stapel	Schaumbildung; g; große Flocken	Schlechte Verzweigung; Flocken; gute Verzweigung; Fasern sinken nach unten	keine Schaumbildung; gute Verzweigung; schlechte Verzweigung; Flocken	gut; keine Anhaftung an Zylinderwand; keine Schaumbildung	nein	nein	Bestimmen von Zetapotential	15.04.2015 Nei
42 Mellrock (Lexoxyl)		Stapel	Schaumbildung; g; schlechte Verzweigung	gute Verzweigung; Fasern sinken nach unten; Schlechte Verzweigung	wenig Schaum; gute Verzweigung; schlechte Verzweigung	gut; keine Schaumbildung; nur wenige Fasern haften an Zylinderwand	nein	nein	Bestimmen von Zetapotential	28.04.2015 Nei
43 Mellrock (Lumivertall)		Stapel	Schaumbildung; g; schlechte Verzweigung	gute Verteilung; schlechte Verzweigung; Flocken; Fasern sinken nach unten	keine Schaumbildung; gute Verzweigung; schlechte Verzweigung; Flocken; schlechte Verzweigung	gut; keine Schaumbildung; wenige Fasern haften an Zylinderwand	nein	nein	Bestimmen von Zetapotential	28.04.2015 Nei
49 CBG BR-13- 1200 Foot	12 mm	Stapel	leichtes Schaumen	gute Verteilung des Gesamtschrotts; keine vollständige Verzweigung	Verdünnung auf 20; kaum Schaum; Faserbündel	Einwaage 2kg; gute Gesamterteilung; keine Anhaftungen an Zylinderwand;	nein	nein	-18,4	19.5.15 Ziem
50 Mellrock BF 13-120	12 mm	Stapel	kaum Schaum	gute Verteilung des Gesamtschrotts; keine vollständige Verzweigung	Verdünnung auf 20; keinschaum; Faserbündel	Einwaage 2kg; gute Gesamterteilung; keine Anhaftungen an Zylinderwand;	nein	nein	-19,1	19.5.15 Ziem

Faserart	Faserlänge	Faserform	Desintegrator	Becherglas	Stoffverteiler	Blattbildung	Entschäumer	Befeuchtungs- mittel	Zetapotential [mV]	Datum Bearbeitung
51 PE/PP Biko	4 mm	Stapel	keine Schaumbildun g	gute Verteilung; Fasern schwimmen schnell nach oben	keine Schaumbildung	Anhaftung an Zylinderwand; keine Schaumbildung	nein	nein		20.05.15 Mei
52 Advansa Polyester	6 mm	Stapel	keine Schaumbildun g	gute Verteilung; gute Vereinzelung; Faser schwimmen nach oben	keine Schaumbildung	gut, keine Anhaftung an Zylinderwand	nein	nein		20.05.15 Mei