



INFOR-Projekt Nr. 170 R

Business Leuna - Businessmodelle für eine Koppelproduktion auf Basis von Altpapier am Beispiel des Spitzenclusters BioEconomy

Schlussbericht

September 2013

Papiertechnische Stiftung – PTS
München

Dr. Frank Miletzky

Projektleiter:
Dr. Fokko Schütt

Abschlussbericht INFOR 170 R

Business Leuna - Businessmodelle für eine Koppelproduktion auf Basis von Altpapier am Beispiel des Spitzenclusters BioEconomy

Dr. Fokko Schütt

Heidenau, 27. September 2013

Projektbegleiter: ■ Heiner Grussenmeyer, Storaenso Research, Mönchengladbach ■ Dr. Wolfgang Lied, Wepa Hygieneprodukte, Arnsberg ■ Dr. Johann Oberndorfer, UPM Research, Augsburg	Das Forschungsprojekt wurde gefördert durch das Kuratorium für Forschung und Technik der Zellstoff- und Papierindustrie im Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP), Bonn
--	---

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Ausgangssituation	6
3	Zielstellung des Vorhabens	6
4	Vorgehensweise	7
5	Ergebnisse	9
5.1	Allgemeine Informationen zum Cluster Bioeconomy	9
5.2	Laufende Projekte im Cluster	11
5.2.1	TG 1: Erzeugung und werkstoffliche Nutzung von non-food Biomasse (Holzerzeugung, -logistik und -verarbeitung; innovativer Holzbau)	12
5.2.2	TG 2: Erzeugung von Chemiegrundstoffen aus Biomasse	13
5.2.3	TG 3: Polymere, Materialien und Bauteile aus Biomasse	19
5.2.4	TG 4: Energetische Nutzung und Optimierung im Gesamtzusammenhang der Kaskadennutzung	21
5.3	Ansätze für Kooperationen zwischen Clusterbeteiligten und der Papierindustrie	22
5.3.1	Kooperationsansätze im TG 1	25
5.3.2	Kooperationsansätze im TG 2	26
5.3.3	Kooperationsansätze im TG 3	29
5.3.4	Kooperationsansätze im TG 4	32
5.4	Örtliche Einordnung von Akteuren des Clusters und der Papierindustrie	33
5.5	Darstellung der Kostenerwartungen und erzielbaren Erlöse	34
5.6	Entwicklungsbedarf in zukünftigen Projekten	35
5.7	Zusammenfassung und Empfehlungen für Unternehmen der Papierindustrie	37
6	Literaturverzeichnis	39

1 Zusammenfassung

Projektziel	Ziel des Projektes war die Identifikation und Wertung der Chancen einer stofflichen Integration der Produkte der Papierindustrie in eine zukünftige biobasierte Stoffwirtschaft am Beispiel des Spitzenclusters BioEconomy in Mitteldeutschland. Es sollten Potentiale für die Papierindustrie aus der laufenden und geplanten Entwicklungsarbeit des Spitzenclusters Leuna identifiziert und bewertet werden. Mögliche Business-Modelle für unterschiedliche Produktpfade auf Basis Altpapier sollten abgeleitet werden.
Lösungsweg	Zur Analyse der Clusteraktivitäten wurden zunächst Gespräche mit den Themengebietsleitern und anschließend mit weiteren im Cluster aktiven Unternehmen und Forschungseinrichtungen geführt. In diesen Gesprächen wurden aktuelle Aktivitäten der Beteiligten in Erfahrung gebracht und Kooperationsansätze auf Basis faserbasierter Produkte entwickelt. Die laufenden Aktivitäten in Forschungsprojekten des Clusters wurden anhand öffentlich zugänglicher Informationen ausgewertet. Ansätze zur Nutzung von Reststoffen aus der Papierindustrie wurden aus Ergebnissen vorangegangener Forschungsprojekte an der PTS sowie aus der Literatur zusammengestellt und auf ihre Passfähigkeit mit den im Cluster genutzten Prozessentwicklungen geprüft. Auf dieser Basis wurden Entwicklungsbedarfe identifiziert und Empfehlungen für die Integration der Papierindustrie in den Cluster BioEconomy im Rahmen von Projekten und Partnerschaften erstellt.

**Schluss-
folgerungen**

Im Cluster BioEconomy werden vielversprechende Ansätze zur stofflichen Verwertung Lignocellulose basierter Rohstoffe mit dem Hauptfokus Buchenholz verfolgt. Im vorliegenden Projekt lag der Fokus ergänzend auf einer Koppelproduktion auf Basis von Altpapier. Im Ergebnis hat sich eine Reihe von interessanten Kooperationsmöglichkeiten der Papierindustrie mit dem Cluster über die Nutzung von Koppelprodukten auf der Basis von Altpapier hinaus ergeben. Der Fokus der Studie wurde daher erweitert, um sämtliche Chancen der Papierindustrie in der Bioökonomie zu erfassen.

Die bestehenden Ansätze im Cluster beinhalten zum einen den Einsatz von Fasern in verschiedenen Verbundwerkstoffen und Bauteilen. Weiterhin werden Ansätze verfolgt, in denen der Rohstoff in seine Bestandteile Lignin, Cellulose und Hemicellulosen zerlegt wird und diese als Rohstoff zur Synthese neuer, biobasierter Chemikalien dienen. Ziel ist es, erdölbasierte Produkte durch biomassebasierte Produkte abzulösen.

Für beide Verwertungswege konnten Ansätze entwickelt werden, in denen der Einsatz von Produkten und Reststoffen aus der Papierherstellung und Altpapieraufbereitung geprüft werden sollte.

Attraktiv ist der Einsatz von Vliesen und Papieren in neuen biobasierten Verbundwerkstoffen. Die Techniken der Papierindustrie können genutzt werden, um neue Produkte im Bereich des Leichtbaus oder der Formteilherstellung zu entwickeln. Die Herstellung von Faservliesen als Grundlage für Formteile kann im nassen Medium deutlich gleichmäßiger und homogener als bei trocken gestreuten Matten erfolgen.

Der Einsatz von Feinrejekten als Füllstoff in Naturfaser-Kunststoff-Kompositen scheint unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls attraktiv. Für diese Anwendung müssen die Reststoffe getrocknet werden oder neue Verfahren zur Kunststoffherstellung entwickelt werden, in denen eine Restfeuchte der verwendeten Rohstoffe toleriert werden kann. Für die Herstellung biobasierter Chemikalien sind Feinrejekte ebenfalls ein möglicher Rohstoff. Wesentliche Herausforderungen sind die hohen Aschegehalte sowie die Inhomogenität der Rejekte. Als weiterer interessanter Rohstoff für die Produktion biobasierter Chemikalien wurde Rinde identifiziert. Aus diesem Grund sollten auch Zellstoff- und Holzstoffproduzenten, bei denen Rinde als Reststoff anfällt, in Kooperationen mit dem Cluster einbezogen werden.

Die Papierindustrie ist derzeit nur mit einem Zellstoffhersteller im Cluster Bioeconomy vertreten. Die Mitglieder im Cluster sind jedoch offen für neue Kooperationen. Die Papierindustrie kann in der Bioökonomie neue Rohstoffe einbringen, die bereits eine teilweise Nutzungskaskade durchlaufen haben und somit einen guten ökologischen Bilanz aufweisen. Somit ergibt sich ein Nutzen sowohl auf Seiten der Papierindustrie als auch der Clusterpartner. Kooperationsansätze sollen in einem gemeinsamen Workshop diskutiert und weiterentwickelt werden. Dieser wird von der PTS geplant. Die PTS kann weiterhin Initiator von Kooperationen und Vermittler von Partnern sein und in zukünftigen Projekten theoretische sowie praktische Entwicklungsarbeiten im Labor- und Pilotmaßstab übernehmen.

**Förderung &
Danksagung**

Das Projekt wurde gefördert durch das Kuratorium für Forschung und Technik der Zellstoff- und Papierindustrie im VDP.

Ein besonderer Dank gilt den Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses PBA (in alphabetischer Reihenfolge)

- Heiner Grussenmeyer, Storaenso Research, Mönchengladbach (Projektsprecher)
- Dr. Wolfgang Lied, Wepa Hygieneprodukte, Arnsberg
- Dr. Johann Oberndorfer, UPM Research, Augsburg

für die Diskussionsbereitschaft und die wertvollen Hinweise während der Projektbearbeitung.

2 Ausgangssituation

Papierindustrie Mit der Formulierung der Roadmap 2050 [1] hat sich die Papierindustrie noch einmal eindeutig der nachhaltigen Entwicklung verpflichtet. Plakativstes Ziel ist die Reduzierung der CO₂-Emissionen um 80%. Voraussetzung hierfür ist eine deutliche Steigerung der Wertschöpfung. Die Produktionsanlagen der Zukunft, so die Erwartung, werden einen deutlich höheren Grad der Integration auch in andere Industriesektoren aufweisen. Eine der drei Säulen der Industrie werden Altpapierbasierte Bioraffineriekomplexe sein, die neben den auch heute produzierten Papieren weitere hochwertige (Neben-)Produkte wie biobasierte Chemikalien, Dämmstoffe oder faserbasierte Verbundwerkstoffe aus den Reststoffen fertigen.

Spitzenclusterwettbewerb Im Spitzenclusterwettbewerb des BMBF wurden in drei Wettbewerbsrunden jeweils fünf Spitzencluster ausgewählt, die über einen Zeitraum von maximal fünf Jahren mit bis zu 40 Mio. Euro pro Cluster gefördert werden. Grundlagen für die Auswahl und Förderung eines Spitzenclusters waren dabei die Entwicklung von gemeinsamen strategischen Zielen und die Definition künftiger Entwicklungsvorhaben in einem bestimmten Technologiebereich. Eine wesentliche Voraussetzung war die Einbindung der entscheidenden Akteure in die Innovations- und Wertschöpfungskette der Region [2].

3 Zielstellung des Vorhabens

Ziel Ziel des Projektes war die Identifikation und Wertung der Chancen einer stofflichen Integration der Produkte der Papierindustrie in eine zukünftige biobasierte Stoffwirtschaft am Beispiel des Spitzenclusters BioEconomy in Mitteldeutschland. Es sollten Potentiale für die Papierindustrie aus der laufenden und geplanten Entwicklungsarbeit des Spitzenclusters Leuna identifiziert und bewertet werden. Mögliche Business-Modelle für unterschiedliche Produktpfade auf Basis Altpapier sollten abgeleitet werden.

Dafür sollten zunächst die vorhandenen und geplanten Technologieansätze im Cluster analysiert und in Hinblick auf die Kompatibilität mit den Reststoffen der Papiererzeugung bewertet werden. Daraus abgeleitet sollte der Bedarf zur Vorbehandlung von Reststoffen der Papierindustrie identifiziert werden.

Ein Vergleich der regionalen Verortung der Verfahrensansätze und der Akteure des Clusters sowie der Papierfabriken sollte unter Nutzung der Ergebnisse aus laufender und laufender Forschung und Entwicklung erfolgen.

Weiterhin wurde eine Identifikation der Kostenerwartungen und erzielbare Erlöse sowie eine Bewertung des noch vorhandenen Entwicklungsbedarfs und Beschreibung der Ziele und Aufgaben zukünftiger Entwicklungsprojekte angestrebt.

Als abschließendes Ergebnis sollten Empfehlungen für die Integration der Papierindustrie in den Cluster BioEconomy im Rahmen von Projekten und Firmenspartnerschaften gegeben werden. Die Kooperationsansätze sollen abschließend gemeinsam mit beteiligten Unternehmen der Papierindustrie und des Clusters in einem Workshop diskutiert und konkretisiert werden der für Ende des Jahres von der PTS geplant ist.

4 Vorgehensweise

Analyse der Clusteraktivitäten	Zur Analyse der Clusteraktivitäten wurde zunächst der Förderkatalog des BMBF ausgewertet. In diesem sind die öffentlich geförderten Projekte mit Titel, Beteiligten und Laufzeiten aufgeführt. Weitere Projekte der Clusterbeteiligten wurden beispielsweise durch Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR) gefördert. Diese Informationen wurden ebenfalls erfasst und aufgeführt. Die Inhalte der laufenden Projekte im Cluster wurden, soweit möglich, durch Gespräche und Interviews mit den Clusterbeteiligten erfasst. Zunächst wurden mit den Themengebietsleitern die Aktivitäten im jeweiligen Themengebiet diskutiert. Zudem erfolgte eine Vermittlung von Kontakte zu weiteren Clusterbeteiligten mit denen ebenfalls Gespräche geführt wurden. Da ein Großteil der Inhalte in laufenden Forschungsprojekten mit Industriebeteiligung erarbeitet wird, unterliegen die Informationen der Geheimhaltung. Der Großteil der laufenden Projekte kann daher in der Übersicht, jedoch nicht detailliert dargestellt werden.
Erarbeitung von Kooperationsansätzen	Während der Gespräche mit Clusterbeteiligten wurden weiterhin mögliche Kooperationsansätze erörtert. Dazu wurden zunächst anhand von Firmenprofilen, öffentlicher Informationen sowie den Gesprächen mit den TG-Leitern Gesprächspartner gesucht deren Profil aussichtsreich für Kooperationen mit der Papierindustrie erschien. Diese wurden telefonisch kontaktiert und bei Interesse zu weiteren Gesprächen eingeladen.
Auswahlkriterien für Gesprächspartner	Grundlage für die Auswahl von Gesprächspartnern zu möglichen Kooperationen mit der Papierindustrie waren Ansatzpunkte, die im Vorfeld des Projektes sowie im Kick-off Meeting mit den Projektbegleitern erarbeitet wurden. Folgende Ansatzpunkte für Kooperationsmöglichkeiten wurden im Kick-off Meeting festgehalten: • Im TG 1 (Erzeugung und werkstoffliche Nutzung von Biomasse) besteht Interesse, Kooperationsmöglichkeiten im Bereich Rohstofflogistik sowie Vertragswesen zwischen Holzlieferanten und -abnehmern zu ermitteln • Im TG 2 (Biobasierte Chemikalien) ist Hauptansatzpunkt die Frage nach der Verwertbarkeit von Reststoffen aus der Papierindustrie zur Produktion von Glucose-basierten Chemikalien. • Im TG 3 (Polymere, Materialien, Bauteile) sollen Ideen für neue Produkte (Zellstoffprodukte, Chemiezellstoffe, Nanocellulose, etc.) gesammelt werden. • TG 4 (energetische Verwertung) ist weniger interessant, da in der PI weitgehend Stand der Technik Gesprächspartner für potentielle Kooperationen zu den erarbeiteten Ansatzpunkten wurden anhand öffentlicher Informationen zu den Unternehmen und während der Gespräche mit den Themengebietsleitern identifiziert. Weitere Themengebiete sind die Begleitforschung zum Stoffstrommanagement (TG 5) und die Ausbildung für die Bioökonomie (TG 6) (siehe Abb. 1). Die Rohstofflogistik ist sowohl Bestandteil des TG 1 als auch des TG 5. Somit sind auch die entsprechenden Kooperationsansätze in beiden Themengebieten verortet.

**Bewertung der
Kooperations-
ansätze**

Die Kooperationsansätze wurden anhand von Erkenntnissen aus Literaturrecherche und vorhergehenden Forschungsprojekten bewertet. Aus den identifizierten Hindernissen wurde ein Bedarf zur Vorbehandlung von Reststoffen aus der Altpapieraufbereitung abgeleitet.

5 Ergebnisse

5.1 Allgemeine Informationen zum Cluster Bioeconomy

Laufzeit	Die dritte Spitzenclusterrunde des Bundes startete im Januar 2012. Seit Juni 2012 läuft der erste Teil der Projekte im Rahmen des Spitzencluster BioEconomy. Die Laufzeit der meisten Projekte beträgt 3 Jahre. Im Frühjahr 2014 wird eine zweite Projektrunde starten. Zu diesem Zeitpunkt müssen bereits alle Projektanträge beim Clustermanagement vorliegen, da die Anträge der zweiten Runde gebündelt nach inhaltlicher und administrativer Prüfung durch das Clustermanagement eingereicht werden. Dazu wurde beschlossen, dass bis Ende Dezember die Konsortien und Projektideen festgelegt werden. Zeitgleich wird eine Evaluierung des Clusters stattfinden, in der entschieden wird, ob der Cluster in der zweiten Phase fortgeführt wird.
Clusterstrategie	Der Cluster verbindet die für die Bioökonomie relevanten Branchen in Mitteldeutschland. Als Kernbranchen werden folgende Branchen bezeichnet: • Holzwirtschaft/-verarbeitung/-logistik • Maschinen- (insbes. Verfahrenstechnik) und Anlagenbau • Chemie – und Kunststoffindustrie • Kunststoffverarbeitende Industrie • Papier- und Zellstoffindustrie • Bioenergiewirtschaft Als Ziel wird die nachhaltige Maximierung der Wertschöpfung von Non-Food Biomasse mit Schwerpunkt Holz durch Koppelproduktion und Kaskadennutzung zur Erzeugung von Chemikalien, neuen Materialien, Werkstoffen und Energie bezeichnet. Dies beinhaltet insbesondere eine Beschleunigung der Innovation durch die integrierte, zeitlich und räumlich abgestimmte Skalierung von Prozessen und Anlagen vom Labor- bis zum Demonstrationsmaßstab [3]. Langfristig ist es das erklärte Ziel der Beteiligten, die Clusterstrategie gesamtdeutsch durchzusetzen.
Clusterbeteiligte	Eine vollständige Liste der Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die derzeit aktiv an Projekten im Cluster oder im Umfeld des Clusters beteiligt sind, ist im Anhang aufgeführt. Die Beteiligten sind den Themengebieten zugeordnet, in denen sie aktiv sind. In den Tabellen sind zunächst die Unternehmen und anschließend die Forschungseinrichtungen in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

Themengebiete

Die Arbeit im Cluster ist in Themengebiete eingeteilt, die die gesamte Wertschöpfungskette für Holz abbilden und die untereinander verknüpft sind. Die Themengebiete sind in Abbildung 1 dargestellt. Leiter der jeweiligen Themengebiete sind:

TG 1: Prof. Matthias Zscheile, Hochschule Rosenheim

TG 2: Gerd Unkelbach, Fraunhofer Zentrum für chemisch biotechnologische Prozesse CBP)

TG 3: Andreas Krombholz, Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik Halle (IWM)

TG 4: Romann Glowacki, Deutsches Biomasse Forschungszentrum (DBFZ)

TG 5: Prof. Daniela Thrän, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)

TG 6: Prof. Andreas Pinkwart, Handelshochschule Leipzig (HLL)

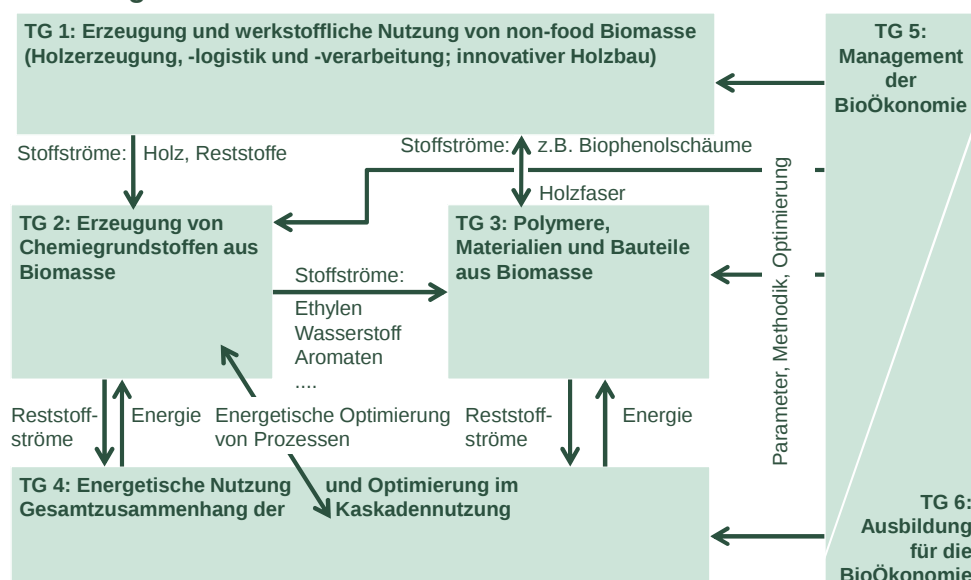
Themengebiete

Abbildung 1: Bearbeitete Themengebiete im Cluster BioEconomy

BioEconomy e.V.	Der BioEconomy Verein wurde am 18. Oktober 2012 gegründet, um eine rechtliche Plattform für die Organisation und Finanzierung der gemeinsamen Aktivitäten zu schaffen. „Die Mitgliederversammlung des Vereins wählt den Vorstand und trifft die Grundsatzentscheidungen des Cluster mit dem Beschluss über die Strategie und der Bestimmung der Beitragsordnung. Der Vorstand des Vereins handelt als zentrales Steuerungsorgan und trifft die Grundsatzentscheidungen für die Ausgestaltung des F&E Projektportfolios des Spitzenclusters und die Umsetzung der von den Mitgliedern beschlossenen Strategie“[4]. Der Vorstand des BioEconomy Vereins setzt sich aus folgenden Mitgliedern zusammen: • Prof. Dr. Matthias Zscheile (Vorsitzender) • Prof. Dr. Ralf Wehrspohn (stellvertretender Vorsitzender) • Horst Mosler • Prof. Dr. Thomas Hirth (wissenschaftlicher Koordinator) • Dr. Wolperdinger • Manfred Schäfer • Prof. Dr. Michael Nelles • Prof. Dr. Andreas Pinkwart
------------------------	---

5.2 Laufende Projekte im Cluster

Vertraulichkeit	Anhand öffentlicher Daten sowie Informationen von Clusterbeteiligten, für die eine Freigabe erhalten wurde, sind die Aktivitäten in den laufenden Projekten auf den folgenden Seiten dargestellt. Ein Großteil der laufenden Projekte mit Industriebeteiligung enthält vertrauliche Informationen. Die Projekte können daher in der Übersicht, jedoch nicht detailliert dargestellt werden.
Öffentliche verfügbare Quellen	Informationen zu laufenden öffentlich geförderten Projekten können im Förderkatalog des Bundes gefunden werden. Eine Zusammenstellung der Projekttitel, Laufzeiten und Beteiligten der direkt über den Cluster geförderten Projekte ist unter dem Stichwort „Bioeconomy“ zu finden [5]. Weiterhin sind Kurzbeschreibungen der Projekte in der Umweltforschungsdatenbank (UFORDAT) [6] des Umweltbundesamtes (UBA) unter gleichem Stichwort zu finden. Zusätzlich werden Projekte der Clusterbeteiligten unter Förderung der Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR) durchgeführt. Hierzu existieren ebenfalls Kurzbeschreibungen in der Datenbank der FNR [7].

5.2.1 TG 1: Erzeugung und werkstoffliche Nutzung von non-food Biomasse (Holzerzeugung, -logistik und -verarbeitung; innovativer Holzbau)

Rohstoffbereitstellungslogistik	VP 1.1: Entwicklung und Etablierung einer integrierten Rohstoffbereitstellungslogistik Geförderte Beteiligte: • Fachhochschule Rosenheim • Eickelmann GmbH & Co. KG, Transport und Logistik • Ante-Holz GmbH & Co. KG • Otto-von Guericke-Universität Magdeburg Projektbeschreibung: <i>Keine öffentlichen Projektinformationen verfügbar.</i>
Holzbausysteme	VP 1.2: Entwicklung innovativer Holzbaukomponenten und –systeme Geförderte Beteiligte: • Ante-Holz GmbH & Co. KG • Knauf Deutsche Gipswerke KG • HOMATHERM GmbH • Fachhochschule Rosenheim • timura Holzmanufaktur GmbH Projektbeschreibung: Das Projekt zielt auf die Entwicklung eines Buchenholz basierten innovativen Holzbausystems (HBS) unter Einsatz innovativer Holzbaukomponenten (vorwiegend aus Buchenholz) zur Erfüllung des ab 2019 gültigen europäischen Passivhausstandards. Dazu werden die Produkte der beteiligten Unternehmen in ein Gesamtsystem zusammengeführt. Die Firma Homatherm beschäftigt sich mit der Faserstoffherstellung, Gebrauchseigenschaften wie Glimmverhalten und Wärmeleitfähigkeit, Rohdichteprofilierung und die Dämmstoffintegration in Holzbausysteme [8]. Von der Firma Knauf werden Gipswerkstoffe in das Holzbausystem integriert. Weiterhin werden "in einem zweiten Projektteil ('Substratentwicklung') Ansätze entwickelt, um anfallende Reststoffe aus der Produktion der gipsbasierten und der holzbasierten Bauprodukte zu neuen Produkten in der Form von Substraten zu verarbeiten, die sich für verschiedene Anwendungen z.B. für den Einsatz im Hausbau, als Rekultivierungsergänzung oder als Düngemittel eignen" [9].
Rohstoff-sicherung	VP 1.3: Nachhaltige Rohstoffsicherung durch breit abgesichertes Beschaffungsportfolio Geförderte Beteiligte: • Energy Crops GmbH Projektbeschreibung: Holzartige Biomasse soll zunächst aus regionalen und in einer zweiten Phase aus überregionalen Ressourcen nachhaltig erschlossen werden. Ökonomische Rahmendaten sollen erarbeitet werden, um zu prüfen, ob sich bei Nutzung des

Flächenpotenzials im Süden Brandenburgs und in Sachsen beispielsweise „der Einsatz bisher nicht genutzter Methoden, wie z.B. Bewässerung, wirtschaftlich lohnt, den Kriterien der Nachhaltigkeit entspricht und ökologisch wünschenswert ist [10].

**Faserverstärkte
Formholz-
produkte**

VP1.4: Faserverstärkte Formholzprodukte aus Buche

Geförderte Beteiligte:

- Technische Universität Dresden, Institut für Stahl- und Holzbau
- OM Maschinenbau GbR
- Weinig Concept GmbH & Co. KG
- timura Holzmanufaktur GmbH
- AUDI AG
- Deutsche Holzveredelung Schmeing GmbH & Co. KG

Projektbeschreibung:

Im Projekt wird die Produktion von Formholzrohren aus verdichtetem Buchenholz optimiert. Dafür müssen die drei Schritte verdichten, verleimen und verformen großtechnisch beherrscht werden. Weiterhin sollen keilgezinkte Platten umgeformt werden, um Rohrstücke endlos verleimen zu können.

Weiterhin werden im Projekt durch die Audi AG Einsatzmöglichkeiten für Formholzprodukte im Automobilbau geprüft. Durch das Verdichten und Umformen von Holz sollen „beanspruchungsgerechte Leichtbau-Schalenstrukturen für automobilen Anwendungsszenarien konzipiert und bewertet werden“ [11].

5.2.2 TG 2: Erzeugung von Chemiegrundstoffen aus Biomasse

**Erzeugung von
Chemiegrund-
stoffen**

VP 2.1 Biomass2Chemicals; Erzeugung von Chemiegrundstoffen aus Biomasse, Laufzeit vom 01.07.2012 – 30.06.2015

Geförderte Projektbeteiligte:

- Linde Engineering Dresden GmbH – Biotechnologiefanlagen
- TOTAL Deutschland GmbH – Nachhaltige Entwicklungen / Neue Energien
- DOMO Caproleuna GmbH
- Fraunhofer Zentrum für Chemisch Biotechnologische Prozesse (CBP)

Projektbeschreibung:

Grundlage der Nutzung biogener Stoffe ist die Erzeugung von Wasserstoff durch „Pyroreforming“ von Biomasse. Dieser Prozess wurde von der Linde GmbH auf Grundlage der Nutzung von Glycerin als Ausgangsrohstoff entwickelt [12]. Der produzierte Wasserstoff wird in der Mineralölverarbeitung zur Synthese von biogenen Kohlenwasserstoffen durch Hydrierung von Pyrolyseölen, Tallölen u.a. und für die Herstellung von Basischemikalien eingesetzt [13].

- Teilprojekt A: „Ergebnisse der Laboruntersuchungen zur Erzeugung von bio-
-

basiertem Wasserstoff werden durch Linde auf einer bereits existierenden Pilotanlage (50 Nm³/h Wasserstoff basierend auf der Modellsubstanz Glyzerin) der Firma Linde am Standort Leuna verifiziert. Untersuchungen zu alternativen biogenen Rohstoffen (Roh-, Rest und Abfallstoffe aus der Holz- und Zellstoffindustrie) zur Erzeugung von Wasserstoff für Prozesse in der Mineralölraffinerie und chemischen Verbundproduktion sowie Untersuchungen zum Grunddesign und zur Skalierung der Prozesse in den Demomaßstab, werden durchgeführt“ [14].

- Teilprojekt B: „Hauptaufgabe von TOTAL ist die Untersuchung aller notwendigen technischen, organisatorischen und regulatorischen Voraussetzungen für das Mitverarbeiten biogener Rohstoffe und biobasiertem Wasserstoff in der Mineralölraffination. Dies umfasst die Bewertung verschiedener Rohstoffe unter Gesichtspunkten der technischen Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit.“[15]
- Teilprojekt C: „Hauptaufgabe der DOMO Caproleuna GmbH sind die Ausprüfungen des biogen erzeugten Wasserstoffes in deren bestehenden industriellen Hydrierverfahren im Labormaßstab und die Bewertung der Übertragbarkeit in den industriellen Prozeß.“ [16]
- Teilprojekt D: „Hauptaufgaben der Fraunhofer-Institute sind die Vorbehandlung, bzw. Fraktionierung der biogenen Feedstocks, die Erstellung der ökologischen Bewertung der Prozessketten sowie die Unterstützung bei analytischen Fragestellungen.“ [13]

Herstellung von Bioethylen

VP 2.2: Voruntersuchungen zur Entwicklung eines integrierten Prozesses zur Herstellung von Ethylen aus Lignocellulose-Hydrolysaten (Bioethylen), Förderung durch die Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR). Laufzeit vom 01.08.2013 – 31.01.2015 [17].

Geförderte Projektbeteiligte:

- Fraunhofer Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik (IGB)
- Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT)
- Linde Engineering Dresden GmbH

Projektbeschreibung:

Gesamtziel ist die integrierte Produktion von Ethanol, Ethylen und Folgeprodukten aus Lignocellulose-Hydrolysaten. Das Projekt ist in drei Teilvorhaben aufgliedert:

1. Fermentative Ethanolherstellung aus Lignocellulose-Hydrolysaten (IGB): Dabei wird die Cofermentation von C5- und C6-Zuckern aus Hydrolysaten aus dem optimierten Organosolv-Verfahren verfolgt.
2. Überkritische Dehydratisierung von Bioethanol zu Bioethylen: Aus vorgereinigten wässrigen ethanolischen Lösungen wird durch eine heterogen katalysierte Dehydratisierung bei erhöhten Drücken direkt Ethylen gebildet. Durch die Entwicklung eines integrierten Verfahrens werden Konzentrations- und Aufreinigungsschritte vermieden, wodurch eine hohe Energieeinsparung gegenüber dem Stand der Technik erreicht werden soll
3. Mitteldruck Dehydratisierung von Bioethanol zu Bioethylen - Upscaling und

Integration:

Von Linde Engineering wird das Up-Scaling für die Technikumsanlage im CBP in Leuna untersucht und bewertet. Weiterhin wird eine Bilanzierung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Bio-Aufschluss

TG2, Erzeugung von Chemiegrundstoffen aus Biomasse (Sp.-Cluster: BioEconomy: VP-2.3./Bio-Aufschluss)

Geförderte Projektbeteiligte:

- Fraunhofer Zentrum für Chemisch Biotechnologische Prozesse (CBP)
- Linde Engineering Dresden GmbH – Biotechnologieranlagen

Projektbeschreibung:

Im Projekt sollen die Grundlagen für die Überführung des Organosolv-Verfahrens in den Demonstrationsmaßstab geschaffen werden. Dazu gehört auch die Etablierung der Produkte des Verfahrens im regionalen Netzwerk des Spitzenclusters um die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Bioraffineriekonzeptes zu demonstrieren. Optimierungsschritte zum Organosolv-Verfahren im Rahmen des Projektes beinhalten "Untersuchungen zur deutlichen Reduzierung der Abwasserbelastung und des Energieverbrauchs, zur Optimierung des Gesamtprozesses sowie die Entwicklung eines wirtschaftlich tragfähigen Engineering-Konzeptes für eine Demonstrationsanlage. Dabei werden vor allem Innovationen im Bereich des Holzaufschlusses, der Komponententrennung und Ethanol-Rückgewinnung sowie der Prozessintegration angestrebt" [18].

Olefine

TG2, Erzeugung von Chemiegrundstoffen aus Biomasse (Sp.-Cluster:BioEconomy:VP2.5/Olefine)

Geförderte Projektbeteiligte:

- Fraunhofer Zentrum für Chemisch Biotechnologische Prozesse (CBP)
- Linde Engineering Dresden GmbH – Biotechnologieranlagen
- CRI Catalyst Leuna GmbH

Projektbeschreibung:

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines integrierten Verfahrens, in dem aus Lignocellulosehydrolysaten fermentativ gewonnene Alkohole zu den korrespondierenden Olefinen umgewandelt werden. Der Fokus liegt dabei auf biobasiertem Ethylen, Propylen und Butenen, die insbesondere in der Kunststoff-verarbeitenden Industrie weiter verwertet werden sollen.

"Die Projektpartner führen hierzu Untersuchungen zur Weiterentwicklung von Technologien in den Bereichen der fermentativen Nutzung von Lignocellulose-Hydrolysaten zur Alkoholgewinnung, der Entwicklung einer energieoptimierten und wirtschaftlichen Prozesstechnologie für die Dehydratisierung von Alkoholen unter hohen Drücken aus dem Fermentationsstrom sowie der Etablierung eines integrierten Ansatzes für den Gesamtprozess der Gewinnung von Olefinen aus Lignocellulose-Hydrolysaten durch" [19].

CRI Catalyst ist für die Katalysatorentwicklung, -bereitstellung und -charakterisierung für die im Projekt betrachteten heterogen katalysierten Prozesse verantwortlich. Betrachtet wird die Dehydratisierung als Gasphasenprozess, die Dehydratisierung als Prozess in überkritischer Phase sowie die Hydrierung von Aceton [20].

Lignoplast

Verbundvorhaben: Funktionalisierte Ligninspaltprodukte als Synthesebausteine für die Herstellung von Klebstoffen, Lacken, Polyurethanen und Epoxyden (Lignoplast), Förderung durch FNR, Laufzeit 01.07.2013 bis 30.06.2016 Förderkennzeichen 220142-12 bis 220151-12 [21].

Projektbeteiligte:

- Fraunhofer Zentrum für Chemisch Biotechnologische Prozesse (CBP)
- Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT)
- Fraunhofer-Institut für Holzforschung - Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI)
- Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB)
- Universität Stuttgart -Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie (IGVP)
- Rampf Ecosystems GmbH & Co. KG
- Rampf Giessharze GmbH & Co. KG
- Linde Engineering Dresden GmbH – Biotechnologieanlagen
- Jowat AG
- Robert Kraemer GmbH & Co. KG

Projektbeschreibung:

Im Projekt werden aromatische Synthesebausteine aus verschiedenen Lignintypen hergestellt und in Klebstoff-, Lack-, Polyurethan- und Epoxidsystemen angewendet. „Als Rohstoffe werden z.B. Kraft-Lignin und Lignine aus „Bioraffinerieverfahren“ (Organosolv-Lignin oder Hydrolyse-Lignine, die als Reststoffe der enzymatischen oder sauren Verzuckerung anfallen) eingesetzt. Die gewünschten Synthesebausteine werden durch hydrolytischen Abbau der makromolekularen Struktur der Lignine und anschließende chemische und enzymatische Funktionalisierung gewonnen“ [22]. Das Projekt ist in folgende Teilvorhaben unterteilt:

1. Rohstoffbereitstellung, Scale-up und Koordination (CBP)
 2. Ligninfunktionalisierung und Lignindepolymerisation, verfahrenstechnische Aspekte (ICT):
Die Lignine werden Basen-katalysiert abgebaut, oligomere Produkte (Teere) oxidativ gespalten, Ligninspaltprodukte gezielt funktionalisiert und ergänzende Charakterisierungen an PU-Schäumen durchgeführt.
 3. Ligninfunktionalisierung und Grundlagenuntersuchungen von Klebstoff-, Lack- und Harzsystemen (WKI):
Aus dem abgebauten Lignin sollen neue modifizierte Ligninfragmente entwickelt und als Synthesebausteine für Acrylat- und Vinylpolymere sowie Polyester und Polyurethane u.a. für Klebstoffe und Beschichtungen getestet werden. Entsprechend werden die Ligninspaltprodukte z.B. mit einer Acrylat- oder Vinylverbindung ausgerüstet oder zu Polyolkomponenten für die Polyester- und Polyurethansynthese modifiziert. Die Polymerisate werden charakterisiert und Erfolgsversprechenden zu Klebstoffen ausformuliert und geprüft.
 4. Enzymatische Ligninfunktionalisierung (IGB):
Das IGB wird die enzymatische Ligninmodifikation untersuchen.
-

-
5. Lignindepolymerisation, katalytische Aspekte (IGB):
Die Projektgruppe BioCat entwickelt chemische Verfahren für den weiteren Abbau der Teerphase der basenkatalysierten Ligninspaltung.
 6. Enzymatische Ligninfunktionalisierung (IGVP):
Ein Screening für neue lignindegredierende und funktionalisierende Enzyme wird durchgeführt. Mit den neuen Enzymen sollen reaktionsträge Ligninpolymere in funktionelle Einheiten für die Polymerisation umgesetzt werden.
 7. Untersuchungen zu Polyurethansystemen (Rampf Ecosystems):
Polyesterpolyole und Polyurethansysteme auf Basis funktionalisierter Ligninspaltprodukte werden entwickelt. Ligninspaltprodukte werden direkt in Systemen getestet.
 8. Untersuchungen zu Polyurethansystemen (Rampf Giessharze):
Keine Informationen zum Teilvorhaben verfügbar
 9. Scale-up und Bewertung (Linde):
Im Rahmen des Projekts sollen für eine technische Anwendung erforderliche Prozessparameter ermittelt und zur Weiterentwicklung der entsprechenden verfahrenstechnischen Prozesse im Technikumsmaßstab umgesetzt werden
 10. Anwendungsuntersuchungen von Klebstoff-, Lack- und Harzsystemen (Jowat AG):
Klebstoffe werden formuliert und getestet. Dazu werden die modifizierten Lignine zur Verwendung in Dispersionsklebstoffen entweder copolymerisiert oder als reaktive Füllstoffe verwendet. Ebenso werden Primer- und Schmelzklebstoffanwendungen untersucht
 11. Ligninfunktionalisierung und Anwendungsuntersuchungen von Klebstoff-, Lack- und Harzsystemen (Robert Kraemer GmbH):
Ligninbausteine werden funktionalisiert, und scale-up-Versuche durchgeführt. Die Muster werden in Lacksystemen getestet sowie anderen Partnern zur Verfügung gestellt.
-

PhytoZell

TG2, PhytoZell (VP2.8)

Geförderte Projektbeteiligte:

- Fraunhofer Zentrum für Chemisch Biotechnologische Prozesse (CBP)

Projektbeschreibung:

„Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Gewinnung von Phytosterolen aus dem Kraft-Aufschluss von Nadelholz. Dabei wird angestrebt, diese im Kiefernholz natürlich vorkommenden bioaktiven Bestandteile so zu extrahieren und aufzureinigen, dass sie zur Herstellung von Kosmetika und Nahrungsergänzungsmitteln eingesetzt werden können. An die Verfahrensentwicklung im Labormaßstab schließen sich der Scale-up des entwickelten Verfahrens in den Technikumsmaßstab sowie die Vorbereitung der industriellen Umsetzung des Prozesses am Zellstoffwerk Stendal an. Bei der Herstellung von Kraftzellstoff aus Kiefern- und Fichtenholz sammeln sich die Holzextraktstoffe in konzentrierter Form als Nebenproduktstrom an. Die Mischung der verschiedenen Holzextraktstoffe enthält auch Sterole in nicht unerheblichen Mengen. Die Verwendung von Sterolen im Rahmen von Formulierungen für (Natur)kosmetika

oder auch Nahrungsmitteln ist ein wachsendes Feld mit hoher Wertschöpfung. Gegenüber etablierten Verfahren der Phytosterolgewinnung aus Destillationsrückständen der Tallölraffination werden deutliche wirtschaftliche Vorteile und Verbesserungen der Produktqualität erwartet. Das Fraunhofer CBP untersucht zu Beginn im Labormaßstab ein Extraktionsverfahren mit umweltfreundlichen Alternativen zu gängigen Lösungsmitteln. Basierend auf den Ergebnissen der Laborversuche wird dann das optimierte Gesamtverfahren am CBP in den Technikumsmaßstab überführt“ [23].

5.2.3 TG 3: Polymere, Materialien und Bauteile aus Biomasse

BioWPC

(VP-3.2./BioWPC)

Geförderte Projektbeteiligte:

- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) Halle
- Institut für Holztechnologie Dresden (IHD) gemeinnützige GmbH
- Fraunhofer Institut für angewandte Polymerforschung (IAP)
- Herotron E-Beam Service GmbH
- Erfurt.Sasse Industry Holding GmbH & Co. KG
- Global Solutions GmbH
- Faurecia Innenraumsysteme GmbH
- FLASIN Faser GmbH
- 3-P Präzisions-Plastic-Produkte GmbH

Projektbeschreibung:

Ziel des Projektes ist die Produktion von Werkstoffkompositen aus 100 % nachwachsenden Rohstoffen für konstruktive Anwendungen mittels Niedertemperaturprozessen. Um verbesserte Eigenschaften dieser Werkstoffkomposite zu erreichen, „werden als Verstärkungsfasern thermomechanisch und chemisch aufgeschlossene Buchenholzfasern verwendet, die in niedrigschmelzende Polyamide auf Basis nachwachsender Rohstoffe (Biocaprolactam, Aminoundecansäure bzw. C10/C12-Dsiäuren / Diamine aus Rizinusöl) eingebunden werden“ [24].

Sowohl die Ausgangsstoffe, als auch die Komposite und Bauteile werden einer Elektronenstrahlbehandlung unterzogen. Die behandelten Hackschnitzel werden anschließend zu Refinerfasern verarbeitet. Die Entwicklung von PA-Blends, -copolymeren und der Additivierung wird iterativ optimiert [25].

Weiterhin sollen die Holz-Polymer-Werkstoffe in Granulatform für die Weiterverarbeitung im Spritzgießprozess durch die Global Solutions GmbH entwickelt werden. Dafür müssen mit Hilfe von Referenzsystemen Verfahrensmöglichkeiten bewertet und entsprechend des Anforderungsprofils der Werkstoffe angepasst werden. Eine Untersuchung der Möglichkeiten der Additivierung und eine Evaluierung der Compoundierung erfolgt abschließend im Technikumsmaßstab [26].

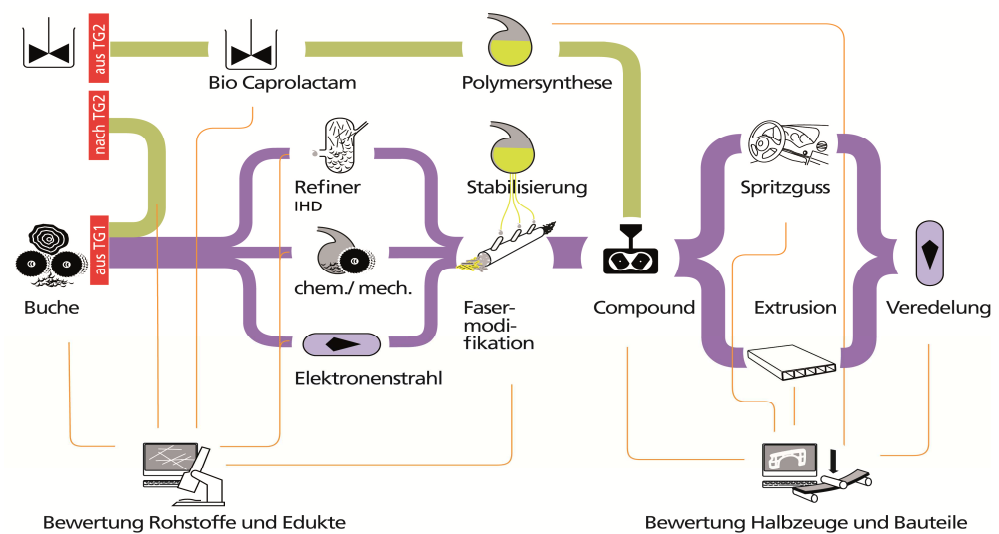


Abbildung 2 Abbildung 3: Verbundaufbau des Projektes „Bio-WPC“ [27]

Lignosandwich

Ligninbasierte Phenolharzsysteme zur Herstellung von Sandwichelementen für das Bauwesen (VP3.3/ LignoSandwich):

Geförderte Projektbeteiligte:

- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) Halle
- Institut für Holztechnologie Dresden (IHD) gemeinnützige GmbH
- C3 House Technologies GmbH
- SKZ - ToP gGmbH Training on Polymers
- Ö-Konzept Agentur für integrierte Kommunikation GmbH & Co. KG

Projektbeschreibung:

Im Projekt werden auf Lignin und Buchenholzfasern basierende Sandwichsysteme für das Bauwesen entwickelt.

Lignine aus dem Organosolv-Aufschluss werden basenkatalysiert gespalten, modifiziert und zu duroplastischen Polymersystemen verarbeitet. Die Harzsysteme werden einerseits zur Beschichtung mechanisch aufgeschlossener Buchenholzfasern genutzt, um Vliesen für die Deckschichten der Elemente zu produzieren. Weiterhin werden aus dem Lignin Schäume für die Mittellage der Elemente produziert [28].

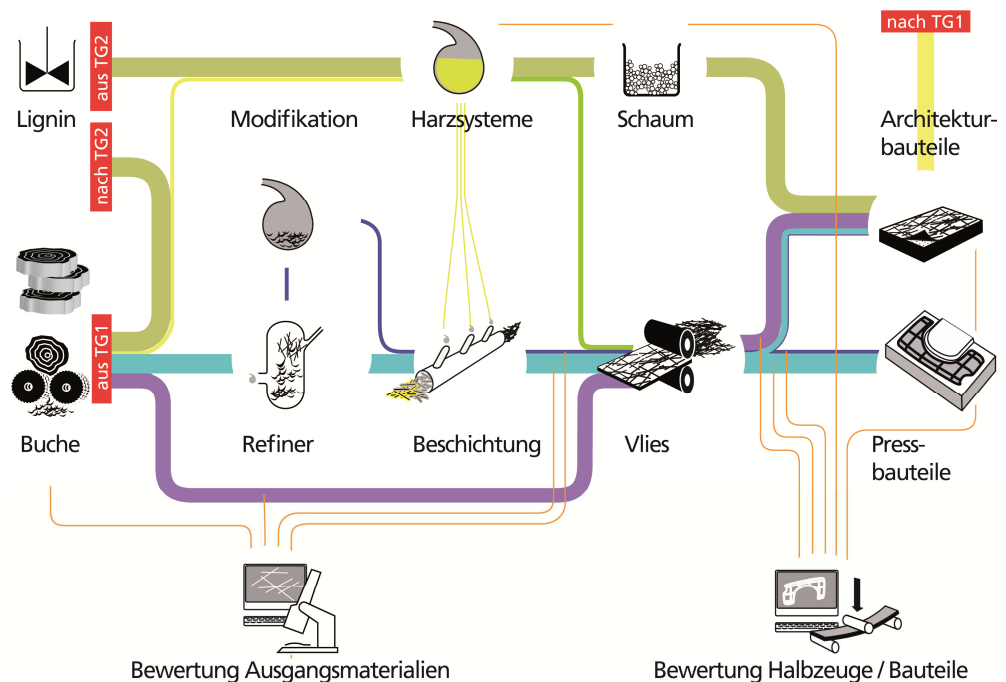


Abbildung 4: Verbundaufbau des Projektes „Lignosandwich“ [27]

5.2.4 TG 4: Energetische Nutzung und Optimierung im Gesamtzusammenhang der Kaskadennutzung

EVerBio

Energetische Nutzung und Optimierung im Gesamtzusammenhang der Kaskadennutzung (VP4/ EVerBio)

Geförderte Projektbeteiligte:

- Deutsches BiomasseForschungsZentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ)
- Vattenfall Europe New Energy GmbH

Projektbeschreibung:

Das Projekt beschäftigt sich mit der energetischen Verwertung von Reststoffströmen der im Cluster erprobten Biomasseaufschlussverfahren. Dabei werden feste ligninhaltige Reststoffe einer Verbrennung zugeführt und flüssige sowie pastöse Reststoffe im Biogasprozess verwertet. Für die festen Brennstoffe erfolgt eine „Systemanalyse zur Prüfung des technischen Einsatzgebietes (Co-Feuerung im Großkraftwerk, Einsatz in Kleinkraftwerken). Dann finden Untersuchungen zur Brennstoffaufbereitung und daran anschließend Verbrennungsuntersuchungen statt.“ Die flüssigen und pastösen Reststoffe werden charakterisiert und bewertet. „Darauf basierend wird ein geeignetes Verfahren für die anaerobe Vergärung entwickelt. Anschließend findet die energetische und ökonomische Modellierung für den großtechnischen Einsatz statt“ [29]

5.3 Ansätze für Kooperationen zwischen Clusterbeteiligten und der Papierindustrie

Einführung

Ansätze für Kooperationen wurden zunächst mit den Projektbegleitern während des Kick-off meetings entwickelt.

Kooperationsansätze wurden in den Gesprächen mit Clusterbeteiligten entwickelt. Es wurden Gespräche mit Beteiligten aller Themengebiete (TG 1-4) durchgeführt, wobei sich die Mehrzahl an Ansätzen in den Themengebieten 2 und 3 ergeben hat.

In der folgenden Tabelle wird ein Überblick zu möglichen Kooperationsansätzen zwischen Beteiligten der Papierindustrie und Akteuren des Clusters sowie dem erforderlichen Forschungs- und Entwicklungsbedarf gegeben. Anschließend werden unterteilt nach Themengebieten Tätigkeiten ausgewählter Clusterbeteiligter detaillierter vorgestellt und Kooperationsmöglichkeiten mit ihnen konkretisiert.

Angebot der Papierindustrie	Potentielle Abnehmer und Anforderungen	Forschungs- und Entwicklungsbedarf	Bewertung
Erfahrungen im Bereich Rohstoffbeschaffung und Abschluss langfristiger Verträge (siehe Kapitel 5.3.1)	<u>Bioraffinerieunternehmen</u> Ziel: Langfristig gesicherte Rohstoffbereitstellung	- Entwicklung von Rohstoffbereitstellungskonzepten - Abschätzung möglicher bereitzustellender Holz-Mengen - Kooperationsmöglichkeiten bei der Beschaffung von Rohstoffen prüfen	++ <u>Chance:</u> - Marktgewicht gewinnen <u>Risiko:</u> - Konkurrenznutzung Holz
Bereitstellung von faserstoffreichen Reststoffen (insbesondere Feinrejekte) zur stofflichen Nutzung in Bioraffinerien (siehe Kapitel 5.3.2)	<u>Chemieunternehmen</u> Ziel: - Nutzung enthaltener Glucose für die Umsetzung zu biobasierten Chemikalien Anforderungen: - Ausreichende Rohstoffmengen - Reinheit der Glucoseströme	<u>Chemieunternehmen:</u> - Abtrennung der Asche - Abbau der Cellulose - Aufreinigung der Glucose - Bewertung der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur aktuellen Entsorgung von Reststoffen und zu aktuellen Glucose-Quellen	+ <u>Chance:</u> - Hochwertige Koppelprodukte <u>Risiko:</u> - Fehlende Güte der Reststoffe - Vorbehandlungsbedarf - Wirtschaftlichkeit
Bereitstellung von faserstoffreichen Reststoffen (insbesondere Feinrejekte) zur stofflichen Nutzung in NFK / WPC (siehe Kapitel 5.3.3)	<u>NFK / WPC - Produzenten</u> Ziel: - Einsatz in Faserverbundwerkstoffen - Füllstoff in Harzen Anforderungen: - Geringe Kunststoffverunreinigungen - Homogenität der Zusammensetzung	- Ermittlung möglicher Einsatzmengen in Harzsystemen und der Auswirkungen auf die Werkstoffeigenschaften - Mechanische Aufbereitung der Rejekte für den Einsatz	++ <u>Chance:</u> - Geringere Qualitätsanforderungen - Anorganik als Füllstoff tolerierbar <u>Risiko:</u> - Wertschöpfung - Eigenschaften der Kunststoffe noch zu prüfen

+ geringe Chancen; ++ gute Chancen; +++ sehr gute Chancen

Angebot der Papierindustrie	Potentielle Abnehmer und Anforderungen	Forschungs- und Entwicklungsbedarf	Bewertung
Bereitstellung von Rinde, beziehungsweise von Extraktstoffen aus Rinde (siehe Kapitel 5.3.2)	<u>Chemieunternehmen:</u> Ziele: • Gewinnung von Tanninen, Flavonoiden und Lignanen • Verwendung als Antioxidantien oder Biozide	• Optimierung von Rinden-Aufschlüssen und Extraktion von Inhaltsstoffen • Nutzung der gewonnenen Extraktstoffe in bestehenden Prozessen • Entwicklung von Konzepten zur Gewinnung der Inhaltsstoffe (z.B. Aufbau von Anlagen an einer Papierfabrik)	++ <u>Chance:</u> • Bestehende Märkte <u>Risiko:</u> • Verfahrensentwicklung • Erzielbare Reinheit • Wertschöpfung
Vliese für Beschichtungen von Compositen (siehe Kapitel 5.3.3)	<u>Formteilproduzenten:</u> Ziel: • Schaffung hochwertiger Oberflächen von Formteilen • Bildung homogener Faservliese	• Herstellung von Vliesen auf Papiermaschinen bei Nutzung verschiedener Faserrohstoffe (u. a. synthetische Fasern) • Einsatz von Vliesen zur Veredelung oder Funktionalisierung von Oberflächen von Formteilen	+++ <u>Chance:</u> • Kernkompetenz Papier <u>Risiko:</u> -
Rejekte und Schlämme mit geringem Trockengehalt (siehe Kapitel 5.3.4)	<u>HTC-Betreiber</u> <u>Ziel:</u> • Verwertung von nasser Biomasse (TG 20-30 %) • Herstellung von Biokohle zur Energiegewinnung oder zur Produktion von Aktivkohle	• Prüfung von verwertbaren Proben in der HTC • Abtrennung von Asche zur Erhöhung des Organikanteils	+ <u>Chance:</u> • Gute Machbarkeit <u>Risiko:</u> • Wirtschaftlichkeit

+ geringe Chancen; ++ gute Chancen; +++ sehr gute Chancen

5.3.1 Kooperationsansätze im TG 1

Rohstoffbereitstellung und Abnahmeverträge

Im Themengebiet 1 wird an der Entwicklung einer integrierten Rohstoffbereitstellungslogistik gearbeitet. Die Firma Ante Holz sowie das Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik sind maßgeblich an dieser Entwicklung beteiligt. Bestrebungen sind einerseits der effiziente und schnelle Abtransport von Hack-schnitzeln vom Anfallort zum Verbraucher.

Weitere Bemühungen beziehen sich auf den Abschluss von Langfristverträgen mit Waldbesitzern zur Lieferung von Holz. Im Rahmen der Verwertung großer Mengen an Buchenholz hat die Zellstoff- und Papierherstellung bereits umfangreiche Erfahrungen. Diese Erfahrungen fehlen den Bioraffinerie-Firmen im Cluster Bioeconomy. Die Unterstützung der Papierindustrie in den Fragestellungen: Holz-Beschaffungslogistik, Holzeinkauf, Holzqualitäten, Verarbeitungslogistik sind also gefragt.

Faserverstärkte Formholzprodukte

Aus verdichtetem Buchenholz werden im VP 1.4 unter anderem Formholzrohre hergestellt. Die Entwicklung der Formholzrohre erfolgte am Institut für Stahl- und Holzbau der TU Dresden. Dabei wurde auch eine Verstärkung der Rohre durch Bewehrung mit Kohle- oder Glasfasern geprüft. Auf diese Weise wurde die Festigkeit der Rohre deutlich erhöht [30].

Eine Bewehrung der Rohre mit lignocellulosischem Materialien zur Festigkeits-erhöhung scheint aufgrund der geringeren Festigkeit und Dehnbarkeit gegen-über Glas- oder Kohlefasern ungeeignet. Es wäre jedoch möglich, durch neuartige Papierprodukte andere Funktionalitäten, beispielsweise einen Brandschutz, in die Formholzprodukte einzubringen. Solche Funktionalitäten könnten auch für die ebenfalls im Projekt geprüften Anwendungen von Formholzprodukten im Automobilbau sinnvoll sein.

5.3.2 Kooperationsansätze im TG 2

Bereitstellung von Glucose

Im TG 2 liegt der Fokus auf der Bereitstellung von Chemikalien aus Biomasse. Der wichtigste Rohstoff für fermentativ hergestellte biobasierte Chemikalien ist Glucose. Im Papier ist die Cellulose, zumindest im Fall von chemisch aufgeschlossenen Zellstoff, bereits vom Lignin befreit und damit deutlich besser zugänglich für Abbaumethoden, um monomere Glucose zu gewinnen.

Deutliche Anteile von lignocellulosischem Material sind auch in Reststoffen enthalten, die während der Stoffaufbereitung aus Altpapier anfallen. Ein wichtiger Ansatz für Kooperationsmöglichkeiten zwischen der Papier- und der Chemieindustrie ist daher die Bereitstellung von Rohstoffen zur Glucosegewinnung. Alternativ besteht an diesem Punkt für Papierfabriken die Chance, ihre Wertschöpfungskette zu erweitern, indem sie Bioraffinerie-Anlagen, gegebenenfalls zunächst als Demonstrationsanlage, auf ihrem Gelände installieren. Um die Reststoffe der Papierindustrie nutzen zu können, ist die Entwicklung neuer Aufreinigungs- und Abbauverfahren notwendig. Diese müssen zunächst durch eine Vorlaufforschung im Labor entwickelt werden. Hierbei kann die PTS die Papierindustrie unterstützen. Der Entwicklungsbedarf ist in Kapitel 5.6 näher beschrieben.

Verwertung von Rinde

Die bei der Zellstoff- und Holzstoffherstellung anfallende Rinde wird derzeit zum größten Teil zur Energieerzeugung verbrannt. Es sind jedoch verschiedene Substanzen enthalten, die Möglichkeiten zur stofflichen Verwertung bieten. In dem EU-Forschungsprojekt CERBERUS wurden aus Rinden und bei der Zellstoffherstellung aussortiertem Astholz Flavonoide und Lignane extrahiert. Diese gelten als potente Anti-Oxidantien. In Kiefernarten wurden hohe Konzentrationen an Stilbenen gefunden, die als effektive Biozide bezeichnet werden [31]. Von der Firma Lud. Kunz GmbH wurden kondensierte Tannine oder Tannin-formaldehydharze als Bindemittel in Holzwerkstoffen eingesetzt, um Späne aus Recyclingplatten in neue Werkstoffe einzubinden. Das zugegebene Tannin reagiert beim Pressen mit freigesetztem Formaldehyd und wird so „in Situ“ vernetzt [32]. Die Verwendung von Inhaltsstoffen aus Rinde als Zwischenprodukte für Polyurethane ist ein weiteres Untersuchungsfeld in einem derzeit laufenden Rinden-Bioraffinerie-Projekt in Kanada [33]. Die Verwendung phenolischer Komponenten aus dem Holz für Polyurethane wird auch von Clusterbeteiligten im Projekt "Lignoplast" untersucht. In diesem Fall werden Ligninabbauprodukte aus dem Kraft-Prozess und dem Organosolv-Aufschluss genutzt. Das Organosolv Verfahren wurde aber auch schon erfolgreich für den Aufschluss von Fichtenrinde getestet [34]. Eine Erweiterung der Rohstoffbasis auf Rindenprodukte könnte daher in zukünftigen Projekten angedacht werden.

Verwertung von Algenbiomasse

Neue Entwicklungen in der Reinigung von Abwässern aus der Papierindustrie basieren auf Systemen mit Kombinationen aus Algen und Bakterien [35]. Die Schlämme können auf dieselbe Weise, entsorgt werden wie herkömmliche Überschussschlämme, beispielsweise in der Biogasgewinnung.

Die Kombination aus Algen und Bakterien kann ebenfalls zum Abbau von Abwässern aus der Bioraffinerie genutzt werden.

Andererseits können aus Mikroalgen hochwertige funktionelle Inhaltsstoffe gewonnen werden. Kooperationsmöglichkeiten bestehen auf diesem Gebiet daher mit Clusterbeteiligten der Themengebiete chemische Grundstoffe und energetische Biomassennutzung.

Aktivitäten und Akteure im TG 2

Im Themengebiet 2 wird einerseits an fermentativen Verfahren gearbeitet um aus Kohlenhydraten Ethanol, Ethylen und Olefine zu gewinnen. Andererseits werden chemische Syntheseverfahren eingesetzt um aus Aromaten Grundstoffe für Bindemittel und Polymersysteme zu produzieren. Zusätzlich wird an der Gewinnung spezieller Naturstoffe wie Phytosterolen aus Nebenströmen der Aufschlussverfahren gearbeitet.

Als Akteure sind mehrere Chemieunternehmen sowie Forschungseinrichtungen an der Entwicklung der Prozesse beteiligt, wobei das Fraunhofer CBP an allen Projekten im TG 2 beteiligt ist und somit eine hervorgehobene Stellung im Cluster einnimmt. Das CBP und weitere Beteiligte werden im Folgenden vorgestellt.

Fraunhofer Zentrum für chemisch-biotechnologische Prozesse (CBP)

Das Fraunhofer Zentrum für chemisch-biotechnologische Prozesse (CBP) stellt mit seinen Pilotanlagen einen zentralen Bestandteil im Cluster dar. Ein Bestandteil ist die Pilotanlage zum Organosolv-Aufschluss. In dieser Anlage wird Buchenholz mit einem Ethanol-Wassergemisch aufgeschlossen, um ein hochwertiges Lignin und einen Faserstoff zu gewinnen. Die derzeit hauptsächlich vorgesehene Anwendung des Faserstoffes ist die Verzuckerung zur Gewinnung von Glucose als Grundstoff für die Erzeugung biobasierter Chemikalien. Weitere mögliche Anwendungen sind die Nutzung der Fasern in Papierprodukten und Verbundwerkstoffen.

Neben dem Lignocellulose-Aufschluss bestehen Module zur Entwicklung und Skalierung von biotechnologischen Prozessen wie der Produktion von Enzymen und der Entwicklung von aeroben und anaeroben Fermentationsprozessen sowie Module zu chemischen Prozessen in denen heterogen katalysierte Reaktionen in der Gasphase bei Temperaturen von bis zu 500 °C durchgeführt werden [36].

Das CBP hat somit die Möglichkeit, einen breiten Bereich chemischer und biotechnologischer Ansätze zur Umsetzung von Biomasse im Pilotmaßstab zu entwickeln. Für Ansätze zur Erzeugung biobasierter Chemikalien aus Nebenprodukten und Reststoffen der Papierindustrie stellt es damit den wichtigsten Ansprechpartner im Cluster BioEconomy dar. Weiterhin bestehen durch die Funktion von Herrn Gerd Unkelbach als Leiter des Themengebietes 2 "Chemische Grundstoffe" im Cluster intensive Kontakte zu allen weiteren Beteiligten in diesem Themengebiet.

Dr. Otto GmbH

Die Dr. Otto GmbH arbeitet an der Gewinnung von Pflanzeninhaltsstoffen. Dabei wird besonderer Wert auf ökologische Verfahren zur Extraktion der pflanzlichen Rohstoffe gelegt. So werden beispielsweise aus Thymian und Kümmel durch schonende Wasserdampfdestillationsverfahren hochwertige pflanzliche Öle gewonnen.

Für die pflanzlichen Extraktionsrückstände werden derzeit noch verschiedene Verwertungswege geprüft. Eine mögliche Verwendung wäre die Nutzung als Zuschlagstoff im Papier. Das Extraktionsverfahren wird im Normalfall an einem Punkt abgebrochen, an dem die weitere Extraktion ökonomisch nicht mehr sinnvoll ist, sich aber noch aktive Substanzen im Rückstand befinden. Das im Thymian enthaltene Thymol hat antibakterielle Eigenschaften. Es wäre zu überprüfen, ob bei Zugabe zum Papier oder im Strich diese Eigenschaften genutzt werden können, um beispielsweise Verpackungspapieren mit Lebensmittelkontakt antibakterielle Eigenschaften zu verleihen.

**Weitere Beteiligte
im TG 2**

Weitere beteiligte Unternehmen im Themengebiet sind hauptsächlich der Chemie- und Treibstoffindustrie zuzurechnen. Die vollständige Auflistung aktiver Beteiligter befindet sich im Anhang. Für die Entwicklung von Kooperationsansätzen sind potentielle Partner u.a. zu den Produktgruppen Treibstoffe, Harze, Schäume, Klebstoffe und andere technische Kunststoffe vorhanden. Die CRI Catalyst GmbH stellt verschiedene Katalysatoren für entsprechende Umwandlungen zur Verfügung. Mit der Linde Engineering GmbH befindet sich zudem ein erfahrener Anlagenbauer im Bereich biotechnologischer Verfahren im Cluster. Im Rahmen eines Workshops, der Ende 2013 stattfinden soll, werden im Nachgang zu diesem Projekt Kooperationsansätze direkt mit den Unternehmen diskutiert und möglichst anformuliert. Die Einbeziehung des CBP mit seiner umfangreichen Ausstattung zur Produkt- und Verfahrensentwicklung ist aus unserer Sicht der Schlüssel zur erfolgreichen Projektrealisierung.

5.3.3 Kooperationsansätze im TG 3

Ausgangssituation Naturfaserverstärkte Kunststoffe

In naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK) werden derzeit hauptsächlich Flachs- und Hanffasern sowie Jute-, Kenaf-, Sisal- und Abacafasern eingesetzt. In einer Erhebung des Nova-Instituts aus dem Jahr 2006 zum Einsatz von Naturfasern im Automobilbau wurde zusätzlich der Einsatz von ca. 25.000 t Holzfasern in ca. 40.000 t entsprechenden Verbundwerkstoffen geschätzt [37]. Für diesen Markt wurde zudem ein hohes Wachstumspotential gesehen.

Das überwiegend eingesetzte Verfahren zur Herstellung von NFK ist das Formpressen. Vorprodukte hierfür sind Faserfilze und -vliese. Für deren Produktion haben sich Mischungen von eher feinen und eher groben Naturfasern als optimal erwiesen. So wird einerseits Bindungsfähigkeit zwischen den Fasern geschaffen und andererseits das Eindringen des Bindemittels in das Faservlies gewährleistet [38]. Denkbar wäre daher ebenfalls, den Einsatz von Zellstoff- oder Altpapierfasern in Mischungen mit anderen Fasern zu testen.

Ein weiterer Ansatzpunkt für den Einsatz von Naturfasern sind Spritzgießverfahren, die bisher vor allem bei der Kunststoffverarbeitung eingesetzt werden und eine größere Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten bieten, als das Formpressen. Als Naturfasern werden derzeit möglichst kurze und feine Hanffasern verwendet [38]. In diesem Fall erscheint der Einsatz Holzfasern, u.a. aus Buchenholz, aber auch der Einsatz von Zellstofffasern aus anderen Quellen als eine vielversprechende Alternative.

In den Jahren 2005 -2011 ist der europäische Markt für Wood-Plastic-Composites (WPC), jährlich um durchschnittlich 35% gewachsen. Im Jahr 2010 wurden in Europa etwa 220.000 t WPC (Deutschland: ca. 100.000 t) produziert und auch in Europa abgesetzt, davon ca. 50.000 t in der Automobilindustrie (primär Formpressen) und 167.000 t im Bereich Terrassen-Bodenbeläge [39]. Alternativ zum Einsatz von Holz können auch Papier oder Reststoffe aus der Altpapieraufbereitung als Füll- oder Verstärkungsstoff in WPC eingesetzt werden, wie in verschiedenen Projekten bereits untersucht wurde und wird [40, 41].

Aktivitäten im Cluster

Im Cluster BioEconomy ist eine Reihe von Akteuren tätig, die sich mit dem Einsatz von Naturfasern in Dämmstoffen, naturfaserverstärkten Kunststoffen und Leichtbauteilen beschäftigen. Im Folgenden werden diese Akteure vorgestellt und mit ihnen entwickelte Kooperationsansätze beschrieben.

Fraunhofer Institut für Werkstoff- mechanik (IWM)

Das Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik (IWM) in Halle beschäftigt sich unter anderem mit der Charakterisierung und Prüfung von Werkstoffen und Bauteilen. Weitere Leistungen sind die Werkstoffmodellierung, Prozess- und Bauteilsimulation sowie Prozess-, Verfahrens- und Geräteentwicklungen [42].

Im Bereich Naturstoffkomposite werden duroplastische und thermoplastische Matrices mit Verstärkungskomponenten aus nachwachsenden Rohstoffen entwickelt.

Eine Probe eines Feinrejektes wurde an das IWM Halle verschickt, um Voruntersuchungen zum Einsatz in einem WPC zu testen.

**FLASIN -
GmbH**

Die FLASIN GmbH ist ein Unternehmen mit Sitz in Neu Wulmstorf. Wichtigstes Forschungsgebiet ist der Aufschluss und Einsatz von Bastfasern. Der Aufschluss basiert auf einem alkalischen Kalt-Heiß-Verfahren, das die Gewinnung von hochfesten Fasermaterialien, einschließlich Flachs bzw. Leinen, mit einer Faserstruktur gleich oder ähnlich der Cellulose II ermöglicht. Der Aufschluss wurde in einer Patentanmeldung zusammengefasst [43]. In einer weiteren Patentanmeldung wird die Herstellung von Dünnvliesstoffen aus den aufgeschlossenen Bastfasern beschrieben. Das im zweiten Schritt mittels Kardierung erzeugte Faservlies wird in einem dritten Schritt nass behandelt und anschließend getrocknet. Die Nassbehandlung bewirkt eine örtliche Faserverwirbelung und Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen. Dadurch sind keine weiteren Verfestigungsschritte wie eine Vernadelung, eine Beimischung von und Verschmelzung mit thermoplastischen Fasern oder das Binden der Fasern mittels Leim oder eines anderen Bindemittels notwendig [44].

Weiterhin arbeitet die FLASIN GmbH am Einsatz der gewonnenen Naturfasern in Verbundwerkstoffen unter Anwendung des Spritzgussverfahrens.

Im Cluster Bioeconomy wird der Aufschluss mit Buchenholz als Rohmaterial erprobt. Gemeinsam mit dem Fraunhofer IWM Halle wird der Einsatz dieser Fasern in Wood-Plastic-Composites (WPC) getestet.

Die FLASIN GmbH hat Erfahrung mit dem Einsatz weiterer Fasermaterialien in Verbundwerkstoffen, beispielsweise wurden auch Miscanthusfasern bereits getestet. In Kooperationsansätzen mit der Papierindustrie könnten neue, hochwertige Verbundmaterialien, beispielsweise mit dem Einsatz von Zellstofffasern entwickelt werden.

**SKZ – Das
Kunststoff-
zentrum**

Das SKZ Kunststoffzentrum in Halle beschäftigt sich mit einer großen Auswahl an Themen im Bereich Kunststoff und Verbundwerkstoffen. Im Cluster BioEconomy beteiligt es sich an dem Projekt „LignoSandwich“.

Kooperationsmöglichkeiten mit der Papierindustrie ergeben sich aus einer Vielzahl an denkbaren Faseranwendungen im Verbund mit Kunststoffen. Calciumcarbonat und Kaolin sind gängige Zuschlagstoffe in Harzsystemen. Aus diesem Grund ist der Einsatz von Feinrejekten als Füllstoff eine interessante Alternative. Faserhaltige Füllstoffe könnten weiterhin die Splittereigenschaften dieser Systeme senken. In einem aktuell diskutierten Projektansatz wird daher mit dem SKZ ein teilweiser Ersatz von preisintensiven Harzen durch Füllstoffe (Feinrejekte) im Behälter- und Anlagenbau angedacht.

Weiterhin sind grundsätzlich Untersuchungen zu Verarbeitung von Zellstoffprodukten im Spritzgussverfahren denkbar.

Homatherm

Die Firma Homatherm produziert auf Holzfasern basierende Dämmstoffe. Das Sortiment umfasst druckfeste Dämmplatten, flexible Dämmmatten und lose Dämmflocken. Die Dämmplatten werden im Trockenverfahren unter Zugabe von schnell aushärtenden Klebern mit Dichten von 100 bis 250 kg/m³ produziert. Die flexiblen Dämmmatten enthalten Textilfasern, im Normalfall Polyesterfasern, zur Ausbildung der Bindungsfähigkeit.

Als Weiterentwicklung des Produktsortiments ist die Entwicklung von mattenförmigen vorverdichteten Zwischenprodukten denkbar, die zur Produktion von Formteilen an Endverarbeiter vertrieben werden. Kombinationen von Naturfasern mit thermoplastischen Synthefasern (zum Beispiel PLA, PA oder PE) werden bereits heute vielfach genutzt, um dreidimensionale Formteile herzustellen. Diese sind bisher auf geringe Dicken, beziehungsweise Flächengewichte beschränkt. Aufgrund zu geringer Pressenöffnungsweiten bei Produzenten der Endprodukte können voluminöse unverdichtete Matten mit zu hoher Schichtdicke nicht verarbeitet werden. Die Produktion eines vorverdichteten Zwischenproduktes, welches in der Presse des Formteilproduzenten verarbeitet werden kann, würde diese Probleme umgehen.

Die Produktion von Faservliesen kann im nassen Medium deutlich homogener als bei trocken gestreuten Vliesen erfolgen. Dies bietet insbesondere dann Vorteile, wenn verschiedene Fasern, beispielsweise cellulosische Fasern und synthetische Fasern miteinander vermischt werden sollen. Allerdings ist die Entwässerung und Trocknung sehr dicker Vliese auf herkömmlichen Anlagen der Papierherstellung nicht möglich. Dennoch bieten sich in diesem Bereich Kooperationen mit der Papierindustrie an. Für die Produktion voluminöser Vorprodukte könnten im wet-layd Verfahren hergestellte Deckschichten genutzt werden, um eine hochwertige Oberfläche der dreidimensional geformten Endprodukte zu gewährleisten.

5.3.4 Kooperationsansätze im TG 4

DBFZ - Hydrothermale Carbonisierung (HTC)

Schlämme aus der Abwasserreinigung in Papierfabriken sind schwierig zu entwässern, so dass ein hoher Aufwand für die Entsorgung entsteht. Um diesem Problem zu begegnen, werden die Schlämme derzeit häufig mit Feinrejekten gemischt, um die Entwässerbarkeit zu verbessern und somit bei der Entsorgung entstehende Transportkosten zu senken. Die gemischten Reststoffe werden der thermischen Verwertung zugeführt. Die Vermischung von Reststoffströmen, die einzeln verwertet die Möglichkeit der Nutzung innerhalb der Wertschöpfungskette ermöglichen, sollte vermieden werden. Ziele sollte ein weitergehender Abbau des organischen Anteils der Schlämme sein, um so eine weitere Mineralisierung der Abwasserschlämme zu erreichen und deren Entwässerbarkeit zu verbessern. Die anfallenden Rejekte sollten wie zuvor beschrieben separat stofflich genutzt werden.

Ein in der Entwicklung befindliches Verfahren zur Umwandlung von Biomasse und Bioabfällen in einen hochwertigen Brennstoff ist die hydrothermale Carbonisierung (HTC). Im HTC-Verfahren wird Biomasse im wässrigen Medium unter hohen Temperaturen und Drücken, beispielsweise 220 °C und 25 bar, in wenigen Stunden in Kohle umgewandelt. Die entstehende Kohle entspricht in ihren Brennstoffeigenschaften weitgehend denen von Braunkohle [45]. Nach der Umwandlung kann die Kohle durch Abpressen auf Trockengehalte über 50 % gebracht werden.

Das Verfahren stellt eine Möglichkeit dar, Reststoffe mit einem geringen Trockengehalt in hochwertige Brennstoffe umzuwandeln, die in günstigen Fällen in konventionellen Kraftwerken verwertet werden können. Unter anderem das deutsche Biomasseforschungszentrum (DBFZ) arbeitet an der Weiterentwicklung des HTC Verfahrens. In diesem Rahmen wurde gemeinsam mit der Hallesche Wasser und Stadtwirtschaft GmbH eine Pilotanlage zur Verwertung von 2500 t/a Grünschnitt eröffnet [45]. Es werden weiterhin Aktivitäten zur Verwertung von Schlämmen durchgeführt. Daher besteht ein deutliches Interesse an der Verwertung von Abwasserschlämmen aus der Papierindustrie.

Immoplan Technische Gebäude- ausstattung

Die Firma Immoplan ist in der technischen Gebäudeausrüstung und landwirtschaftlichen Verfahrenstechnik aktiv. Entwickelt wurde unter anderem ein Verfahren zur Sorptionstrocknung von Schlämmen aus Kläranlagen. Das Verfahren funktioniert unter Verwendung einer Lösung von Kaliumsalzen die durch Wärmezufuhr bei Nutzung von Abwärme, bevorzugt im Bereich unter 100 °C aufkonzentriert werden und diese Wärme bei Verdünnung wieder abgeben. Das Verfahren ermöglicht die Trocknung von Schlämmen auf der Basis von Niedertemperatur-Wärme bei Temperaturen die höher liegen, als sie die Wärmequelle selbst aufweist. Das Verfahren wurde in einer Patentanmeldung veröffentlicht [46].

In der Papierindustrie entstehen einerseits häufig ungenutzte Niedertemperatur-Abwärme und andererseits Reststoffe die einen hohen Wassergehalt aufweisen. Das Verfahren der Firma Immoplan bietet einen Ansatzpunkt, um diesen Problemen zu begegnen.

5.4 Örtliche Einordnung von Akteuren des Clusters und der Papierindustrie

Clusterregion	Der regionale Schwerpunkt des Clusters befindet sich in den Bundesländern Sachsen-Anhalt und Sachsen und ist um den Chemiestandort Leuna als Clusterzentrum konzentriert [47]. Einzelne Clustermitglieder sind im weiteren Gebiet der Bundesrepublik verortet. Das Clustermanagement wird vom Land Sachsen-Anhalt finanziell unterstützt.
Verpackungspapierhersteller in Ostdeutschland	Wegen des hohen Anteils an Faserstoff wurden Feinrejekte als vielversprechender Reststoff für Ansätze zur stofflichen Verwertung identifiziert. Aufgrund der hohen Altpapiereinsatzquoten fallen Feinrejekte insbesondere bei Verpackungspapier produzierenden Fabriken an. Gleichzeitig verzeichnet die Produktion von Verpackungspapieren derzeit die höchsten Wachstumsraten in der Papierindustrie [48]. Die Konzentration von Verpackungspapier produzierenden Fabriken ist in Ostdeutschland besonders hoch. Anhand öffentlicher Daten wurden in einem abgeschlossenen Forschungsprojekt die Papierfabriken und ihre Produktionsmengen erfasst [49]. Insgesamt befinden sich in dieser Region 14 Verpackungspapier produzierende Fabriken mit einer Produktionskapazität von ca. 2,8 Mio t Altpapier pro Jahr und einer fast ebenso hohen Einsatzmenge an Altpapier. Die daraus abgeleitete Menge an anfallendem Feinrejekt sowie geschätzte Transportkosten für eine zentrale Verwertung werden in Kapitel 5.5 aufgeführt.
Zellstoff- und Holzstoffproduzenten	Rindenabfälle sind eine weitere wichtige Reststofffraktion, die Potential für die Produktion von Chemikalien bietet. Diese fallen ausschließlich bei Zellstoff- und Holzstoffherstellern an. Mit der Zellstoff Stendal GmbH befindet sich bereits der größte Produzent von Kraft-Zellstoff unter den Akteuren des Clusters. Neben der ebenfalls Kraft-Zellstoff produzierenden Zellstoff Rosenthal GmbH existieren in Deutschland vier integrierte Sulfite-Zellstoffwerke sowie neun integrierte Holzstoffwerke (siehe folgende Tabelle) [48]. Zwei Zellstoffwerke nach dem Sulfiteverfahren werden in der näheren Umgebung des Clusters Bioeconomy betrieben. Diese Unternehmen könnten künftige Entwicklungsprojekte, die sich mit der Verwertung von Rinde zur Gewinnung biobasierter Chemikalien beschäftigen, aufbauen. Die Holzstoffhersteller befinden sich alle in deutlichem Abstand zur Clusterregion. In diesem Fall muss aufgrund der höheren Transportkosten zunächst geprüft werden, ob sich eine Rindenverwertung in der Clusterregion lohnen würde.

5.5 Darstellung der Kostenerwartungen und erzielbaren Erlöse

Einleitung

Die Bioökonomie ist noch immer ein sehr dynamisches Entwicklungsfeld. Die Verfahren und Prozesse sind häufig noch nicht vollständig ausgereift, so dass sich die Kosten für die Herstellung der biobasierten Chemikalien nur schwer abschätzen lassen.

Auf der anderen Seite sind auch die erzielbaren Erlöse für biobasierte Chemikalien von vielen Faktoren abhängig. Diese beziehen sich zum einen auf die erreichbare Qualität, wie Reinheit und Materialeigenschaften der Produkte. Weiterhin können aufgrund des besseren Images gegebenenfalls höhere Preise als für gleichwertige auf fossilen Rohstoffen basierende Produkte erzielt werden. Allgemeingültige Aussagen zu Kostenerwartungen und erzielbaren Erlösen können daher nicht getroffen werden. Im Folgenden sind jedoch anhand des Beispiels der Feinrejektverwertung zu erwartende Kosten und Erlöse dargestellt.

Ob sich eine Verwertung der Feinrejekte in den erarbeiteten Kooperationsansätzen lohnt, muss in zukünftigen Entwicklungsprojekten zu konkreten Fällen bewertet werden.

Transportkosten von Feinrejekten

Anhand der Daten zu Produktionsmengen der Verpackungspapierhersteller wurde die Menge an jährlich anfallendem Feinrejekt für die Region Ostdeutschland abgeschätzt. Bei dieser Abschätzung ergab sich eine Menge von 160.000 t/a Feinrejekt. Auf Basis einer Entfernungsmatrix der Papierfabriken untereinander sowie der Anfallmengen an den einzelnen Standorten wurden Transportkosten für die Gesamtmenge an Feinrejekt zu den einzelnen Standorten errechnet. Abhängig vom jeweiligen Standort belaufen sich diese auf 15 bis 22 €/t Feinrejekt bei einem Trockengehalt von 50 %. Für einen Transport der Feinrejekte nach Leuna ergaben sich Transportkosten von 20 €/t [49]. Bei den derzeit geschätzten Entsorgungskosten von 30-40 €/t ergäbe sich damit ein Einsparpotential von 10-20 €/t Feinrejekt, falls es gelingt einen effizienten Prozess zur Verwertung der Rejekte zu etablieren und dieser beispielsweise in Leuna positioniert wäre.

Erlöse durch Glucose-verwertung

Der Börsenhandelspreis für Zucker (Saccharose) liegt derzeit bei 0,18 \$/lb [50]. Dies entspricht einem Preis von circa 300 €/t. Es ist davon auszugehen, dass der Preis für eine technische Glucose, die weniger stark aufgereinigt ist, etwas darunter liegt. Es wird demnach ein Preis von 250 €/t angenommen.

Feinrejekte bestehen bis zu 50 % der Trockenmasse aus Faserstoffe und Faserfeinstoffen, in denen jedoch zum Teil noch Lignin enthalten ist. Es kann demnach von einem Anteil von etwa 40 % Cellulose in einem Feinrejekt ausgegangen werden. Gelingt es, eine effiziente Methode für den Abbau der Cellulose zu Glucose zu entwickeln, kann diese als Rohstoff zur fermentativen Umsetzung in Bioraffinerie Ansätzen zur Verfügung gestellt werden.

Unter diesen Voraussetzungen ließe sich aus einem Feinrejekt ein Erlös von bis zu 100 €/t erzielen, falls ein vollständiger Abbau der Cellulose ohne Bildung von Nebenprodukten gelingt. Von diesem Erlös müssen die Kosten für den Abbauprozess sowie die Aufreinigung und -konzentration der Glucose abgezogen werden. Weitere Kosten können durch die Entsorgung der anorganischen verbleibenden Fraktion entstehen.

Einsatz in Faserverbundwerkstoffen

Polypropylen-Naturfaser-Granulate mit einem Faseranteil von 40 % erzielen heute Preise von ca. 1,50 €/kg. Die fertigen Produkte werden zu Preisen > 2 €/kg vertrieben. Damit sind die bereits am Markt etablierten NFK schon heute preislich konkurrenzfähig [51]. Diese Erlöse beziehen sich auf NFK auf Basis von Flachs- und Hanffasern. Darin enthalten ist ein Preis von 0,50-0,60 €/kg für die Fasern. Ob für Spritzgießprodukte auf Basis von Holzfasern ähnliche Preise erzielt werden, ist abhängig von den erzielbaren Eigenschaften der Produkte.

5.6 Entwicklungsbedarf in zukünftigen Projekten

Einleitung

Aus den erarbeiteten Kooperationsansätzen lässt sich ableiten, dass es bestimmter Entwicklungen bedarf, bevor eine Umsetzung dieser Ansätze realisiert werden kann. Diese sollten in zukünftigen gemeinsamen Forschungsprojekten angegangen werden. Der wichtigste Entwicklungsbedarf liegt bei der Aufbereitung der Rejekte zu einem einsetzbaren Produkt. Erforderliche Maßnahmen und Lösungsansätze dazu sind im Folgenden aufgeführt.

Verwertung von Reststoffen in Bioraffinerien

Feinrejekte enthalten nach eigenen Untersuchungen bis zu 50% lignocellulosisches Material (Faserstoff, Feinstoff) und bis zu 40 % an anorganischen Füllstoffen. Den größten Anteil an den Füllstoffen macht dabei das Calciumcarbonat aus. Die Menge an papierfremden Bestandteilen ist damit vergleichsweise gering. Aufgrund dieser Eigenschaften werden Feinrejekte als die attraktivsten Reststoffe für eine weitergehende Nutzung im Rahmen von Bioraffinerieansätzen gesehen.

Für eine stoffliche Nutzung der einzelnen Bestandteile müssen diese voneinander getrennt werden. Grundsätzlich sind dazu drei verschiedene Herangehensweisen möglich:

- Mechanische Trennung der Fasern vom Füllstoff
- Lösen der Füllstoffe, vor allem Calciumcarbonat, bei Erhalt des organischen Materials und anschließender Filtration
- Abbau der lignocellulosischen Materialien unter Freisetzung von Glucose bei Erhalt der Füllstoffe mit anschließender Filtration.

Mechanische Trennung von organischen und anorganischen Feinstoffen

Die Abtrennung von anorganischen Füllstoffen aus der Faserstoffsuspension erfolgt derzeit in der Papierindustrie üblicherweise durch Wäsche oder Flotation. In beiden Verfahren werden Faserfeinstoffe mit entfernt. Eine effizientere Abtrennung der mineralischen Partikel mit einer höheren Trennschärfe wurden an den Universitäten Darmstadt und Karlsruhe erprobt. In der Aufstromklassierung wurden die Komponenten basierend auf ihrem Sedimentationsverhalten voneinander getrennt. Mit dem erprobten Verfahren Feinstoffsuspensionen erfolgte eine Trennung in reinere organische und anorganische Fraktionen. Die Trennung kann allerdings nur so gut erfolgen, wie es gelingt zuvor die festen Bindungen zwischen Füllstoffpartikeln und Fasern durch mechanische Vorbehandlung aufzubrechen [52].

Auflösung und Wiedergewinnung von CaCO_3

Im Projekt „Serecarb“ (Selective Recovery of calcium carbonate in paper making effluents) wurde Calciumcarbonat aus Deinkingschlämmen selektiv gelöst und analog zum PCC-Prozess (precipitated calcium carbonate) rückgefällt. Es war technisch möglich, PCC mit einer guten Qualität für Anwendungen in und außerhalb der Papierindustrie und mit interessanten Herstellungskosten rückzugewinnen. Morphologie, Farbe und Größe der PCC-Kristalle konnten kontrolliert werden. Der hohe Energieverbrauch des Prozesses verhinderte bisher eine großtechnische Umsetzung. Mehrere Ideen für Prozessansätze, um höhere Erträge, weniger Wasserverbrauch und weniger Energieeinsatz zu realisieren, wurden bereits diskutiert und müssten in weiteren Forschungsprojekten weiterentwickelt werden [53].

Abbau der Cellulose

Gängige Verfahren zum Abbau der Cellulose zu Glucose basieren auf saurer oder enzymatischer Hydrolyse. Bei Behandlung der Feinrejekte mit Säuren reagieren diese mit dem enthaltenen Calciumcarbonat. Dabei wird Kohlendioxid freigesetzt und der Verbrauch an Säure deutlich erhöht. Um die saure Hydrolyse der Cellulose effizient gestalten zu können, muss Calciumcarbonat zuvor entfernt werden.

Eine Alternative zur sauren Hydrolyse ist der Abbau der Cellulose durch Enzyme. Die gängigen Cellulasen arbeiten jedoch ebenfalls bei einem pH-Wert von 4,5 – 5. Unter diesen Bedingungen wird das Calciumcarbonat bereits gelöst. Für einen enzymatischen Abbau der Cellulose ohne Lösung des Calciumcarbonats müssten Cellulasen gefunden beziehungsweise entwickelt werden, die bei neutralem bis alkalischem pH Wert arbeiten. Erfolgreiche Ansätze zu solchen Entwicklungen können in der Literatur bereits gefunden werden. So ist es gelungen, eine Cellobiohydrolyse mit optimaler Aktivität bei pH 7 und eine Endoglucanase mit optimaler Aktivität bei pH 6 zu produzieren [54].

Verwertung von Reststoffen in Verbundwerkstoffen

Für die Verwertung von Reststoffen aus der Papierindustrie in Verbundwerkstoffen müssen die Reststoffe zunächst getrocknet werden. Im Fall von Feinrejekten und Deinking-Schlämmen härten die anorganischen Füllstoffe während der Trocknung zu festen Verbänden aus, die zu einem Verklumpen des Reststoffes führen. Diese müssen anschließend wieder aufgebrochen werden, möglichst ohne die enthaltenen Fasern ebenfalls zu zerstören. Alternativ ist die Entwicklung von Trocknungsverfahren denkbar, in denen ein Verklumpen der Reststoffe vermieden wird.

Unklar ist bisher, in welchem Maße in den Rejekten enthaltene Verunreinigungen sich störend auf die Verarbeitung in Faserverbundwerkstoffen auswirken. Anorganische Bestandteile wie Calciumcarbonat und Talkum sind beispielsweise gängige Füllstoffe bei der Produktion duroplastischer Verbundwerkstoffe. Es ist daher anzunehmen, dass diese Stoffe bei der Verarbeitung toleriert werden können. Für enthaltene Kunststoff-Verunreinigungen muss dies zunächst noch untersucht werden.

5.7 Zusammenfassung und Empfehlungen für Unternehmen der Papierindustrie

Clusteraktivitäten Die Clusteraktivitäten in den Themengebieten Chemische Grundstoffe, Polymere und Baustoffe sowie energetische Nutzung decken einen Bereich der Verwertungsmöglichkeiten von Biomasse ab. Die Clusterbeteiligten repräsentieren verschiedene Branchen, in denen die Nutzung von Biomasse etabliert ist oder derzeit stark vorangetrieben wird.

Im TG 2 werden Verfahren zur Gewinnung und Produktion von Chemikalien aus Biomasse vorangetrieben. Schwerpunkte sind einerseits bei der fermentativen Gewinnung von Ethanol, Ethylen und Olefinen aus Kohlenhydraten gesetzt. Weiterhin werden aus Lignin gewonnene Aromaten nach chemischer Modifikation in Harz- und Bindemittelsystemen eingesetzt. Die derzeitigen Aktivitäten konzentrieren sich auf Buchenholz als Rohstoff. Eine Erweiterung der Rohstoffbasis im Cluster wird angestrebt, hier ist die Entscheidung der Evaluierungskommission maßgeblich.

Im TG 3 werden neue Verbundwerkstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe entwickelt. Dabei sollen sowohl die Harze für die Matrix, als auch die Faserstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe gebildet werden.

Im TG 4 wird an der effizienten energetischen Verwertung stofflich nicht mehr nutzbarer gearbeitet. Reststoffe werden charakterisiert und feste Reststoffe für die Verbrennung sowie flüssige Brennstoffe für die Vergärung aufbereitet. Weiterhin wird an der Optimierung von HTC-Prozessen gearbeitet.

Chancen für die Papierindustrie

Unter Berücksichtigung der Aktivitäten im Cluster und den ermittelten Kooperationsansätzen besteht für die Papierindustrie Handlungsbedarf in drei Bereichen. Unternehmen, die Primärfasern aus Holz herstellen, d.h. integrierte Zellstoffwerke und Holzschliffhersteller sollten Kooperationsmöglichkeiten bei der Beschaffung ihrer Rohstoffe prüfen. Weiterhin können neue Produkte, beispielsweise hochwertige Verbundwerkstoffe entwickelt werden, um somit die Produktpalette der Papierindustrie zu erweitern. Zusätzlich können neue Verwertungswege für die Reststoffe der Papierindustrie entwickelt werden.

Insbesondere für Unternehmen mit hohem Aufkommen an Feinrejekten bietet sich die Möglichkeit, in Forschungsprojekten die Verwertung dieser Reststoffe gemeinsam mit Beteiligten des Clusters zu prüfen. Potentiale liegen dabei einerseits in der Nutzung der Glucose für Bioraffinerie-Ansätze und andererseits in der Verwertung der Reststoffe als Zuschlagstoff in Harzsystemen und Faserverbundwerkstoffen.

Die Verwertung von Bioschlämmen im HTC-Verfahren und die Trocknung von Schlämmen mit innovativen Trocknungsverfahren sollten ebenfalls untersucht werden. Auf Basis dieser Untersuchungen kann entschieden werden, ob es lohnenswert ist, Bio- und Faserschlämme künftig nicht mehr gemischt zu entsorgen. Bei einer Umwandlung oder günstigen Trocknung der Bioschlämme einerseits und einer stofflichen Verwertung der Feinrejekte andererseits besteht ein erhebliches ökonomisches Einsparpotential. Gleichzeitig wird die CO₂-Bilanz der Unternehmen verbessert.

Für die integrierten Sulfite-Zellstoffwerke und Holzstoffherzeuger bestehen Kooperationsmöglichkeiten im Rahmen der Verwendung von Lignosulfonaten aus der Ablauge und von extrahierbaren Substanzen aus Rindenabfällen.

Hersteller von Spezialpapieren mit flexibel fahrbaren Papiermaschinen können Möglichkeiten für die Herstellung von Vliesen als Vorprodukte für Faserverbundwerkstoffe prüfen und sich damit neue Anwendungsfelder im Bereich der Formteile und Leichtbaustoffe erschließen. Die Vliese dienen dabei als Fasermatrix in Faserverbundwerkstoffen. Alternativ sollte auch die Nutzung als hochwertige Deckschichten für dickere, im Trockenverfahren hergestellte Formteile geprüft werden.

Konkrete Kooperationsansätze zwischen einzelnen Akteuren des Clusters und der Papierindustrie werden in einem gemeinsamen Workshop Ende 2013 erarbeitet. Die zweite Runde von Anträgen für Projekte im Cluster erfolgt im März 2014. Bis dahin besteht die Chance einer Projektbeteiligung auch für bisher nicht im Cluster aktive Unternehmen.

6 Literaturverzeichnis

- 1 Unfold the future - The Forest Fibre Industry 2050 - Roadmap to a low-carbon bio-Economy. CEPI Brüssel, 2011
- 2 <http://www.2012.hightech-strategie.de/de/1922.php>
- 3 <http://www.bioeconomy.de/bioecocnomy/>, abgerufen 23.08.13
- 4 <http://www.bioeconomy.de/bioeconomy-e-v/>, abgerufen 04.09.2013
- 5 Förderkatalog der Bundesregierung, abgerufen Feb 2013
<http://foerderportal.bund.de/foekat/jsp/SucheAction.do;jsessionid=D86FFDEB83956224C4F1818B8265A4C7>
- 6 Umweltbundesamt, Datenbaken zur Umweltliteratur und Umweltforschung (UFORDAT),
<http://doku.uba.de>
- 7 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Projekte und Förderung,
<http://www.fnr.de/projekte-foerderung/projekte/>
- 8 Mosler, H. Spitzencluster-BioEconomy: 'TG1, Entwicklung innovativer Holzbaukomponenten und -systeme, (VP 1.2/ Holzbausystem-HIZ) - Teilprojekt B' Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01042322 <http://doku.uba.de>
- 9 Materlik, A.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG1, Entwicklung innovativer Holzbaukomponenten und -systeme, (VP 1.2/ Holzbausystem-HIZ) - Teilprojekt D' Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01039873, <http://doku.uba.de>
- 10 Ehm, T.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG1, Nachhaltige Rohstoffsicherung durch breit abgesichertes Beschaffungsportfolio (VP1.3/ Rohstoffsicherung)' Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01039875, <http://doku.uba.de>
- 11 Helms, O.: Spitzencluster BioEconomy: 'TG 1.4 Faserverstärkte Formholzprodukte aus Buche, Teilprojekt 1.4.3'. Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01039877, <http://doku.uba.de>
- 12 Linde GmbH (2009) Biomass to Hydrogen (BTH) http://muniche.linde.com/International/Web/Linde/like35lindecren2.nsf/docbyalias/p_gr_wst_sub2 , abgerufen 29.08.2013
- 13 Unkelbach, G.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG2, BioMass2Chemicals (VP2.1.1/B2C)' - Teilprojekt-D, Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01039883, <http://doku.uba.de>
- 14 Wolperdinger, M.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG2, BioMass2Chemicals (VP2.1.1/B2C)' - Teilprojekt-A, Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01039880, <http://doku.uba.de>
- 15 Stöckel, R.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG2, BioMass2Chemicals (VP2.1.1/B2C)' - Teilprojekt-B, Datensatznummer 01039881, Umweltbundesamt UFORDAT, <http://doku.uba.de>
- 16 Jende, T.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG2, BioMass2Chemicals (VP2.1.1/B2C)' - Teilprojekt-C, Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01039882, <http://doku.uba.de>
- 17 Verbundvorhaben: Voruntersuchungen zur Entwicklung eines integrierten Prozesses zur Herstellung von Ethylen aus Lignocellulose-Hydrolysaten (Bioethylen), Förderkennzeichen 22010710
<http://www.fnr.de/index.php?id=911&alles=1&status=Suche&suche=ethylen&suchefkz=Nummer%20eingeben!&sucheadresse=Namen%20eingeben!&von=01.04.2012&bis=23.08.2013&minz=0&maxz=1&anzahl=10&produktlinie=&untertitel=&zurueck=&was=&zeitraum=formular>, abgerufen 20.08.2013
- 18 Nyderle, R.: Sp.-Cluster: BioEconomy: VP-2.3./Bio-Aufschluss, Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01042324, <http://doku.uba.de>, abgerufen 29.08.2013

- 19 Rehak, P.: Sp.-Cluster: BioEconomy: VP2.5/Olefine, Teilprojekt B: 'TG2, Erzeugung von Chemiegrundstoffen aus Biomasse, Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01042326, <http://doku.uba.de>, abgerufen 29.08.2013
- 20 Klemt, A.: Sp.-Cluster: BioEconomy: VP2.5/Olefine, Teilprojekt B: 'TG2, Erzeugung von Chemiegrundstoffen aus Biomasse, Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01042327, <http://doku.uba.de>, abgerufen 29.08.2013
- 21 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Projektsuche: Stichwort „Lignoplast“, <http://www.fnr.de/projekte-foerderung/projekte/suche/>, abgerufen 28.08.2013
- 22 Verbundvorhaben: Funktionalisierte Ligninspaltprodukte als Synthesebausteine für die Herstellung von Klebstoffen, Lacken, Polyurethanen und Epoxyden (Lignoplast) FNR 2013, Förderkennzeichen 22014212
<http://www.fnr.de/index.php?id=911&alles=1&status=Inhalt&fkz=22014212&suche=lignin&suchefkz=Nummer%20eingeben!&sucheadresse=Namen%20eingeben!&von=01.01.2012&bis=27.08.2013&zeitraum=formular&minz=0&maxz=32&anzahl=10&zurueck=1>
- 23 Leschinsky, M.: Spitzencluster BioEconomy: 'TG2, PhytoZell (VP2.8), Teilprojekt A' Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01039884, <http://doku.uba.de> abgerufen 27.08.2013
- 24 Raphtel, A.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG3, Polymere Materialien und Bauteile aus Biomasse, (VP-3.2./BioWPC)' , Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01039890, <http://doku.uba.de> abgerufen 27.08.2013
- 25 Techniker Kaufhold, Y.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG3, Polymere Materialien und Bauteile aus Biomasse (VP-3.2./BioWPC) Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01042328, <http://doku.uba.de> abgerufen 27.08.2013
- 26 Fischer, S.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG3, Polymere Materialien und Bauteile aus Biomasse, (VP-3.2./BioWPC), Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01042330, <http://doku.uba.de> abgerufen 28.08.2013
- 27 Fraunhofer IWM Halle (2013) Spitzencluster BioEconomy. Chemische Grundstoffe, Werkstoffe und Energie aus Holz. *Präsentation zum Spitzencluster Bioeconomy*
- 28 Krombholz, A.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG3, Ligninbasierte Phenolharzsysteme zur Herstellung von Sandwichelementen für das Bauwesen (VP3.3/ LignoSandwich)', Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01039885, <http://doku.uba.de> abgerufen 28.08.2013
- 29 Glowacki, R. und Faber, R.: Spitzencluster-BioEconomy: 'TG4, Energetische Nutzung und Optimierung im Gesamtzusammenhang der Kaskadennutzung (VP4/ EVerBio)', Umweltbundesamt UFORDAT, Datensatznummer 01039892 und 01039893 <http://doku.uba.de> abgerufen 29.08.2013
- 30 Haller, P.; Putzger, R.; Wehsener, J.; Hartig, J. (2013) Formholzrohre – Stand der Forschung und Anwendungen. Bautechnik 90, Heft 1, 34-41
- 31 Bertaud, F. et. al. Recovering wood-wastes from pulp mills for the extraction of high valuable bio-active compounds. Poster, <http://www.vtt.fi/liitetiedostot/muut/Bertaud%20poster.pdf>
- 32 N.N., (Lud. Kuntz GmbH); Rofael, E. Untersuchungen zur Erweiterung der Rohstoffbasis für die Herstellung von Holzspanplatten durch Recycling von Produktionsreststoffen und Gebrauchtholzspanplatten, Schlussbericht FNR, FKZ: 22026007; <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22026007.pdf>
- 33 University of Toronto, Bark Biorefinery. <http://www.barkbiorefinery.com/>, abgerufen 15.09.2013
- 34 Unkelbach, G.; Pindel, E.; Schweppe, R. (2009) Lignin/Tannin Abtrennung aus Lignocellulosen, Chemie Ingenieur Technik 81, 1767-1771

- 35 Weinberger, C.; Hentschke, C.; Neis, U.; Ergünel, A.; Pereira, R. Combined algal and bacterial waste water treatment for high environmental quality effluents (ALBAQUA), PTS Forschungsreport, http://www.ptspaper.de/fileadmin/PTS/Dokumente/Forschung/Forschungsprojekte/EU_ALBAQUA.pdf, abgerufen 16.09.2013
- 36 Fraunhofer Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse: <http://www.cbpf.fraunhofer.de/de/ausstattung.html>, abgerufen 15.09.2013
- 37 Karus, M.; Ortmann, S.; Gahle, C.; Pendarovski, C. Einsatz von Naturfasern in Verbundwerkstoffen für die Automobilproduktion in Deutschland von 1999 bis 2005. Hrsg. nova-Institut GmbH, Nov 2006, <http://www.nova-institut.de/pdf/06-11NF-VerbundAutoD.pdf>
- 38 Carus, M., Müssig, J., Gahle, C. (2008) Naturfaserverstärkte Kunststoffe. Hrsg.: Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR)
- 39 nova-Institut GmbH (2012) Kölner WPC-Kongress mit guter Stimmung: Zweistellig wachsende WPC-Produktion und spannende Innovationspreise für Evonik, Möller und Werzalit, Pressemitteilung 10.01.2012, http://www.nova-institut.de/pdf/12-01-10_PM_WPC.pdf
- 40 Zelm, R. (2012) Entwicklung eines Recyclingverfahrens für Reststoffe aus der Papiererzeugung zur Herstellung von Bioverbundwerkstoffen, Technische Universität Dresden, Professur für Papiertechnik, http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/ihp/pt/forschung/Forschungsprojekte/2012/aif17434_PPC-Werkstoffe
- 41 IFA-Tulln, Department for Agrobiotechnology (2011) Papierfaser-Kunststoff-Compounds. <http://www.ifa-tulln.ac.at/index.php?id=235>
- 42 <http://www.iwm.fraunhofer.de/#c6524>, abgerufen 04.09.2013
- 43 Costard, H.: 2009 Hochfestes Fasermaterial aus Naturfaser, Verfahren zu seiner Herstellung und seine Verwendung zur Herstellung von Verbundwerkstoffen, Patent DE102007030576A1, <http://www.patent-de.com/20090108/DE102007030576A1.html>, abgerufen 22.08.2013
- 44 Costard, H. (2009) Dünnvliesstoff auf Basis von Naturfasern und Verfahren zu seiner Herstellung. German Patent DE102009043428, <http://www.freepatentsonline.com/DE102009043428A1.html>
- 45 Deutsches Biomasseforschungszentrum, Pressemitteilungen 2013, <http://www.dbfz.de/web/presse/pressemitteilungen-2013/startschuss-fuer-gruene-kohle-innovative-htc-demonstrationsanlage-in-halle-eroeffnet.html>, abgerufen 04.09.2013
- 46 Müller, T. Verfahren zur Sorptionstrocknung unter Einsatz von Kaliumsalzen, Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und Weiterverarbeitung der erhaltenden Verfahrenserzeugnisse. European Patent EP 2 407 230 A1, 15.07.2011
- 47 Bioeconomy e.V. (2013) <http://www.bioeconomy.de/bioecocnomy/clusterregion/>, abgerufen 15.09.2013
- 48 N.N. VDP, Papier 2012 - Ein Leistungsbericht
- 49 Schütt, F.; Seidemann, C.; Kappen, J. (2012) Entwicklung eines Verfahrenskonzeptes zur erstmaligen Koppelnutzung von Altpapier zur Verpackungspapier- und Lävulinsäureherstellung. Papiertechnische Stiftung, Abschlussbericht IK-MF 100014
- 50 <http://www.finanzen.net/rohstoffe/zuckerpreis>, abgerufen 14.09.2013
- 51 Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR). <http://biowerkstoffe.fnr.de/verbundwerkstoffe/perspektiven/>, abgerufen 14.09.2013
- 52 Schabel, S., Hirsch, G., Nirschl, H., Feist, M. (2009) Trennung von organischen und anorganischen Feinstoffen aus Altpapiersuspensionen. Schlussbericht IGF-Forschungsvorhaben Nr. 14650 BR, Laufzeit 01.04.2006 – 31.03.2009

- 53 Manoiu, A. Entwicklung eines Verfahrens basierend auf der selektiven Rückgewinnung von Calciumcarbonat aus Papierfabrikabwässern und –schlämmen und Wiederverwertung für die Papierherstellung. PTS Forschungsbericht Eranet Serecarb
- 54 ZhaoJ.; Shi, P.; Li, Z.; Yang, P.; Luo, H.; Bai, Y.; Wang, Y.; Yao, B. (2012) Two neutral thermostable cellulases from *Phialophora* sp. G5 act synergistically in the hydrolysis of filter paper Bioresource Technology, 121, 404-410

Anhang: Beteiligte Forschungseinrichtungen und Unternehmen im Cluster Bioeconomy

Beteiligte

Folgend sind Unternehmen und Forschungseinrichtungen aufgeführt, die derzeit aktiv an Projekten im Cluster oder im Umfeld des Clusters beteiligt sind. Die Beteiligten sind den Themengebieten zugeordnet, in denen sie aktiv sind. In den Tabellen sind zunächst die Unternehmen und anschließend die Forschungseinrichtungen in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

Themengebiet 1: Erzeugung und werkstoffliche Nutzung von non-food Biomasse (Holzerzeugung, -logistik und -verarbeitung; innovativer Holzbau)					
Unternehmen / Forschungseinrichtung	Branche	Tätigkeit / Produkte	Adresse	Webseite	
ante holz GmbH	Massivholz	Schnittholz, Leimholz, Abbund, Energie (Pellets)	Schwendaer Strasse 4 06536 Südharz	www.ante-holz.de/	
Deutsche Holzverarbeitung Schmeing GmbH & Co. KG	Kunstharzpressholz	Halbzeuge, Fertigteile, aus Kunstharzpressholz und verschiedenen technischen Kunststoffen	Würdinghauser Straße 53 57399 Kirchhundem	http://www.dehonorit.de/page/de/startseite.php	
Eickelmann GmbH & Co. KG, Transport und Logistik	Logistik	Transport, Recycling, Weiterverwertung und Entsorgung von Holzroh- und Holzreststoffen	Schwendaer Straße 2 06536 Südharz	http://www.eickelmann-logistik.de/	
Energy Crops GmbH	Kurzumtriebsplantagen	Tochter der Vattenfall Europe New Energy GmbH; Produktion und Bereitstellung von Holzbrennstoff; Konzepte zur Etablierung von Kurzumtriebsplantagen, Beratung und Unterstützung bei der Bewirtschaftung; Kooperationsmodelle.	Überseering 12 22297 Hamburg	http://www.energy-crops.de/%C3%BCber-uns/	

Homatherm GmbH	Faser-Dämmstoffe	Holzfaserdämmplatten (PMDI_Verleimung, Paraffin), Lose Dämmflocken	Ahornweg 1 06536 Berga	http://www.homatherm.com/
Knauf Deutsche Gipswerke KG	Baustoffe	Baustoffe für den Trockenbau, Knauf Platten, Mineralfaser-Akustikplatten, Gipsfaserplatten, Trockenmörtel mit Gips für Innenputz und Außenputz auf Zementbasis sowie Dämmstoffe auf der Basis von Glas- und Steinwolle	Knaufstr. 1 06536 Südharz	http://www.knauf.de/content/de/ueber_knauf/ueber_knauf.html
Timura Holzmanufaktur GmbH	Massivholz	Terrassendielen, Massivholzdielen, Fassaden aus Thermoholz	Am Alten Stolberg 4 OT Rottleberode 06536 Südharz	http://timura.de/
Fachhochschule Rosenheim - Holztechnik und Bau	Forschung	U.a. neue Werkstoffe / Bauteile; energieeffiziente Gebäude und Technologien; Produktion, Automation, Logistik	Hochschulstraße 1 83024 Rosenheim	http://www.fh-rosenheim.de/die-hochschule/fakultaeten-institute/fakultaet-fuer-holztechnik-und-bau/
Otto-von Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Maschinenbau - Institut für Logistik und Materialflusstechnik	Forschung	Gestaltung von logistischen Prozessen, Systemen und globalen Produktions- und Dienstleistungsnetzwerken; Entwicklung logistikspezifischer Produkte in der Materialflusstechnik	Universitätsplatz 2 39016 Magdeburg	http://www.ilm.ovgu.de/
TU Dresden, Institut für Stahl- und Holzbau, Professur für Ingenieurholzbau und baukonstruktives Entwerfen	Forschung	Formholzprodukte aus verdichteter Buche	Eisenstückstr. 33 01062 Dresden	http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_bauingenieurwesen/ish

Themengebiet 2: Erzeugung von Chemiegrundstoffen aus Biomasse					
Unternehmen / Forschungseinrichtung	Branche	Tätigkeit / Produkte	Adresse	Webseite	
CRI Catalyst Leuna GmbH	Chemie / Katalysatoren	Hydrierung von Harzen; Aromaten; Aliphatischen Nitroverbindungen zu korrespondierenden Aminen; Glucose zu Sorbitol; Phenylacetylen zu Styren	Am Haupttor 8322 06237 Leuna	http://www.cricatalyst.com/catalysts/hydrogenation-specialty-catalysts/specialty-catalysts.html	
DOMO/ Caproleuna GmbH	Chemie	Technische Kunststoffe; Garne, Chemikalien, Düngemittel,	Am Haupttor – Bau 3101 06234 Leuna	www.domochemicals.com/de/domor-chemicals/impressum/	
Dr. Otto GmbH	Pflanzeninhaltsstoffe	Gewinnung und Aufbereitung wertgebender Pflanzeninhaltsstoffe	Zum Schöpfwerk 7 19322 Wittenberge	http://www.dr-otto-gmbh.de/	
Jowat AG	Klebstoffe	Anwendungen u.a. im Bereich, Holz- und Möbelindustrie, Papier- und Verpackungsindustrie, Bauindustrie u. tragende Holzkonstruktionen	Ernst-Hilker-Straße 10-14 32758 Detmold	http://www.jowat.de/de/index	
Linde Engineering Dresden GmbH (LEDD)	Anlagenbau	Planung, Lieferung und Bau von Chemie-, Gas-, Biotechnologie- sowie Pharmazieanlagen	Bodenbacher Straße 80 01277 Dresden	http://www.linde-kca.de/international/web/le/kca/li-keleccade.nsf/docbyalias/homepage	
RAMPF Ecosystems GmbH & Co. KG	Polyurethane	Recycling und Aufbereitung von PU-Reststoffen	Im Wiesel 4 66954 Pirmasens	http://www.rampf-ecosystems.de/	
Rampf Giessharze GmbH & Co. KG	Kunststoffe	Dichtungsschäume, Elektrogießharze, Silikone	Albstraße 37 72661 Grafenberg	http://www.rampf-giessharze.de/	
Robert Krämer GmbH & Co. KG	Harze	Lackindustrie, Klebstoffindustrie, Druckfarbenindustrie, Spezialanwendungen	Zum Roten Hahn 9 26180 Rastede	http://www.rokra.com/	

TOTAL Deutschland GmbH	Chemie	Benzin, Diesel, Heizöl, Flüssiggas, Rohbenzin, Flugkraftstoff, Bitumen und Methanol	Maienweg 1 06237 Leuna	http://www.total.de/ueber_total/profil_in_deutschland/raffinerie_mitteldeutschland.html
Zellstoff Stendal Holz GmbH	Zellstoff	Holzeinkaufsorganisation der Mercer International Group mit einem Einkaufs-Volumen von jährlich ca. 5 Mio. Kubikmeter Nadel-Rundholz und Sägenebenprodukten	Goldbecker Straße 38 39596 Arneburg	http://www.zs-holz.de/
Fraunhofer Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse CBP	Forschung	Epoxidierung und Funktionalisierung pflanzlicher Öle; Aufschluss von Lignocellulose und Trennung der Komponenten; Biobasierte Alkohole und Olefine; Entwicklung neuer technischer Enzyme; Funktionale Inhaltsstoffe und Energieträger aus Mikroalgen	Am Haupttor (Tor 12, Bau 1251) 06237 Leuna	http://www.cbp.fraunhofer.de/
Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB	Forschung	Grenzflächentechnologie und Materialwissenschaft; Molekulare Biotechnologie; Physikalische Prozesstechnik; Umweltbiotechnologie und Bioverfahrenstechnik; Zellsysteme	Nobelstraße 12 70569 Stuttgart	http://www.igb.fraunhofer.de/
Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT	Forschung	Automobil und Verkehr; Chemie- und Bioverfahrenstechnik; Energie und Umwelt; Verteidigung, Sicherheit, Luft- und Raumfahrt	Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7 76327 Pfinztal	http://www.ict.fraunhofer.de/
Fraunhofer Institut für Holzforschung - Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI)	Forschung	Verfahrens- und Systemtechnik Holzwerkstoffe; Materialanalytik und Innenluftchemie; Oberflächentechnologie; Bautechnik und Konstruktion; Qualitätsprüfung und -bewertung	Bienroder Weg 54E 38108 Braunschweig	http://www.wki.fraunhofer.de/
Universität Stuttgart - Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie	Forschung	Grenzflächenverfahrenstechnik, Plasmatechnologie, Mikrowellentechnologie, Plasmadynamik und -diagnostik	Nobelstr. 12 70569 Stuttgart	http://www.igvp.uni-stuttgart.de/

Themengebiet 3: Polymere, Materialien und Bauteile aus Biomasse					
Unternehmen / Forschungseinrichtung	Branche	Tätigkeit / Produkte	Adresse	Webseite	
3P GmbH (Präzision Plaste Produkte)	Kunststoffe	Herstellung und Montage von technischen Spritzgießteilen; Herstellung von Prototypen- und Serienwerkzeugen, derzeit vorwiegend Teile für die Automobilindustrie; Ausstattung: 10 Spritzgießmaschinen & Zubehör	Gelände altes Pottaschewerk 39418 Neu Staßfurt	http://www.3p-plastic.de/	
C3 House GmbH	Naturstoff-Komposite	Laminate: Bestehend aus Naturfasern und umweltfreundlichen Harzsystemen Paneele (Sandwichpaneele): Hergestellt aus Naturfaservlies-Deckschicht und Kernmaterial aus Naturstoffen oder anderen Materialien	Blücherstraße 24 06120 Halle	http://c3house.com/de/products/	
Erfurt.Sasse Industry Holding GmbH & Co. KG	Beteiligungsgesellschaft	Führung von Tochtergesellschaften; Festlegung der strategischen Geschäftsfelder, strategische Steuerung, Besetzung von Führungspositionen, Steuerung des Kapitalflusses innerhalb der Gruppe der Tochtergesellschaften; Erbringung von Dienstleistungen gegenüber Tochtergesellschaften	Siemenstr. 29 06449 Aschersleben	Keine Webseite vorhanden	
Faurecia Innenraumsysteme GmbH	Zulieferer Automobilindustrie	Autositze; Technologien zur Emissionskontrolle; Innenraumsysteme, Automotive Extérieurs	Nordseher Str. 38 31655 Stadthagen	http://www.faurecia.com/en/about-us	
FLASIN GmbH	Faserverbundwerkstoffe	Aufschluss von Bestfasern; Einbringung in Faserverbundwerkstoffe	Birkenweg 17 21629 Neu Wulmstorf	Keine Webseite vorhanden	

Herotron E-Beam Service GmbH	Strahlungstechnologie	Modifikation von Polymeren, z.B. Vernetzung und Degradation; Eigenschaftsveränderung von Halbleitern und Edelsteinen; Härten von Hochleistungsverbundwerkstoffen; Keimimminderung und Sterilisation von Medizinprodukten und Verpackungen	Guardianstrasse 6-10 06766 Bitterfeld-Wolfen	http://www.herotron.de/de/index.php
Ö_Konzept	Werbeagentur	B2B-Kommunikation, Imagebildung, Kommunikationsstrategien, Non-Profit-Marketing	Mühlweg 42 06114 Halle	http://www.oe-konzept.de/
Repoly / Global Solutions GmbH	Kunststoffe	Compoundierung und Granulierung von Polyolefinen, Polyamiden sowie Styrolen	Schoßbachstr. 24 07552 Gera	http://www.repoly.de/
SKZ-Top Halle gGmbH	Kunststoff	Schweißen im Behälter- und Apparatebau, Erdverlegter Kunststoffrohrleitungsbau, Fasserverbundkunststoffe, Klebtechnik	Köthener Straße 33a 06118 Halle	http://www.szk.de/de/dasunternehmen/standorte/hallepeineinstuttgart/34..html
Fraunhofer Institut für Angewandte Polymerforschung IAP	Forschung	Material-, Verfahrens- und Produktentwicklungen für den gesamten Bereich der Polymeranwendungen: Biopolymere; Funktionale Polymersysteme; Synthese- und Polymertechnik; Spezialpolymere	Geiselbergstraße 69 14476 Potsdam-Golm	http://www.iap.fraunhofer.de/
Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik IWM	Forschung	Forschung und Bewertung im Bereich der Zuverlässigkeit, Sicherheit, Lebensdauer und Funktionalität von Bauteilen und Systemen	Walter-Hülse-Straße 1 06120 Halle	http://www.iwm.fraunhofer.de/
Institut für Holztechnologie IHD	Forschung	Werkstoff- und Produktentwicklung; Technologieentwicklung für die Holzver- und -bearbeitung; Forschung im Bereich Rohstoffverwendung, Holzschutz, Modifizierung	Zellescher Weg 24 01217 Dresden	http://www.ihd-dresden.de

Themengebiet 4: Energetische Nutzung und Optimierung im Gesamtzusammenhang der Kaskadennutzung				
Unternehmen / Forschungseinrichtung	Branche	Tätigkeit / Produkte	Adresse	Webseite
ImmoPlan plus	Verfahrenstechnik	Technische Gebäudeausrüstung und landwirtschaftliche Verfahrenstechnik	Zur Kotzschbarhöhe 20 04442 Zwenkau	
Vattenfall / New Energy GmbH	Energie	Energetische Nutzung regenerativer und alternativer Energieträger; Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse sowie aus der thermischen Verwertung stofflich nicht nutzbarer Abfälle; intelligente Einbindung dezentraler Anlagen in zentrale Steuerungssysteme	Chausseestraße 23 10115 Berlin	http://corporate.vattenfall.de/de/new-energy.htm
DBFZ - Deutsches Biomasse Forschungszentrum	Forschung	Nutzung von festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern: Potenzialanalysen, Machbarkeitsstudien und praktische Versuche in den Bereichen Bioenergiesysteme, Biochemische Konversion, Thermochemische Konversion, Bioraffinerien	Torgauer Str. 116 04347 Leipzig	www.dbfz.de/

Themengebiet 5: Begleitforschung				
Unternehmen / Forschungseinrichtung	Branche	Tätigkeit / Produkte	Adresse	Webseite
Handelshochschule Leipzig (HHL)	Forschung	Private Hochschule für Betriebswirtschaftslehre	Jahnallee 59 04109 Leipzig	www.hhl.de/
Helmholtz Zentrum für Umweltforschung - UFZ	Forschung	Umweltmodellierung und Monitoring, Wasser- und Bodenforschung, Terrestrische Ökologie, Umwelttechnologie, Ökotoxikologie, Gesundheitsforschung, Sozialwissenschaften	Permoserstr. 15 04318 Leipzig	http://www.ufz.de/