

Entwicklung der Fertigungstechnologie für Rohrkolben-Dämmstoffe

R. Schwemmer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

69/2010

Impressum:

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

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

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

Entwicklung der Fertigungstechnologie für Rohrkolben-Dämmstoffe

DI Robert Schwemmer
NAPORO Klima Dämmstoff GmbH

Univ.-Prof. DI Dr. Alfred Teischinger, Univ. Ass. DI Dr.
Johannes Konnerth, Bakk. techn. Christoph Tipplreither,
Ing. Robert Stingl, Bakk. techn. Sebastian Hochsteiner
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Institut für
Holzforschung, Department für Materialwissenschaften
und Prozesstechnik

Priv. Doz. Dipl.-Ing. Dr. Ulrich Müller, DI Martin Weil,
Christoph Schwarz
Kompetenzzentrum Holz GmbH, Standort BOKU

DI Wolfgang Jutz
Avento Consulting KEG

Moosdorf, August 2010

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

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

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

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

Dipl. Ing. Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Ausgangssituation/Motivation	5
Inhalte und Zielsetzungen	5
Methodische Vorgehensweise	5
Ergebnisse	5
1. Abstract	6
Initial situation / motivation	6
Issues and Goals	6
Methods	6
Results	6
2. Einleitung	7
<i>Allgemeine Einführung in die Thematik</i>	7
<i>Ausgangssituation/Motivation</i>	7
<i>Zielsetzungen des Projektes</i>	8
<i>Vorarbeiten zum Thema</i>	8
3. Hintergrundinformationen zum Projektinhalt	8
<i>Methoden und Daten</i>	8
<i>Stand der Technik</i>	10
<i>Beschreibung der Neuerungen / Vorteile gegenüber dem Ist-Stand</i>	11
4. Ergebnisse des Projektes	12
4.1 <i>Materialbereitstellung</i>	12
4.2 <i>Planung/ Literaturrecherche</i>	13
4.3 <i>Laborversuche Hamburg</i>	13
4.4 <i>Basis-Charakterisierung</i>	14
4.5 <i>Versuchserie Optimierung Wien 1 mit Basis-Charakterisierung</i>	16
4.5.1 <i>Leimverteilung, Beleimung NEU</i>	17
4.5.2 <i>Versuchsserie Wien 2 mit Basis-Charakterisierung</i>	18
4.6 <i>Versuchsserie Wien 3 mit Advanced-Charakterisierung</i>	21
4.7 <i>Technikumsversuche Göttingen</i>	22
4.8 <i>Empfehlungen, Abschluss</i>	23
<i>Detailangaben in Bezug auf die Ziele der Programmlinie</i>	25
<i>Einpassung in die Programmlinie</i>	25
<i>Beitrag zum Gesamtziel der Programmlinie und den sieben Leitprinzipien nachhaltiger Technologieentwicklung</i>	25
<i>Umsetzungs-Potenziale für die Projektergebnisse</i>	27
<i>Potential für Demonstrationsvorhaben</i>	27
<i>Beschreibung der Ziele, die in dem Projekt verfolgt werden und Darstellung, ob und wie diese erreicht wurden.</i>	27
<i>Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen</i>	28
<i>Erkenntnisse für das Projektteam</i>	28
<i>Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?</i>	29
<i>Weitere Anwendungsmöglichkeiten für das Produkt</i>	29
<i>Ausblick und Empfehlungen</i>	30
<i>Demonstrationsanlage</i>	30
<i>Weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten</i>	30
<i>Resümee hinsichtlich Projekt Ziele</i>	31
<i>Literatur</i>	32
<i>Normen und Zulassungsabläufe</i>	32
<i>Abbildungen</i>	33
5. Anhang	34

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Die Firma NAPORO Klima Dämmstoff GmbH ist ein OÖ-Start-Up-Unternehmen aus dem Bereich Clean-Tech und nachwachsende Rohstoffe. Sie beschäftigt sich mit der Rohrkolben-Pflanze (*Typha sp.*) und stellt daraus unter anderem ökologische klimaaktive Dämmstoffe her.

Die neuartigen Rohrkolben-Dämmstoffe wurden als Aufdachdämmung und als Vollwärmeschutz von Fassaden (WDVS) entwickelt. Das Material bietet viele raumklimatische Vorteile. Es ist diffusionsoffen, feuchtigkeitsregulierend und hat sehr gute Schallschutzeigenschaften.

Dabei kann der Rohrkolben nicht nur eine Isolierung gegen Kälte sondern auch einen sehr guten sommerlichen Wärmeschutz gegen die Hitze bieten. Das ist besonders interessant für Wohnräume unter Dächern. Die Art der Zerkleinerung, Mischungsverhältnisse, Zusatzstoffe und technische Verarbeitung schaffen verschiedene Produkte für unterschiedliche Einsatzzwecke.

Inhalte und Zielsetzungen

Das Projekt untersuchte zunächst die Veränderungen die der Rohstoff in großtechnischen Anlagen erfährt um dann zu einer Optimierung der einzelnen Parameter in der Zusammensetzung der Plattenkörper zu kommen. Verschiedene Zerkleinerungs-Methoden wurden untersucht; danach verschiedene Beileimungs-Methoden und Leimarten. Ein Ziel war eine Optimierung der Plattenkörper zwecks Verarbeitung auf Großanlagen so wie in der Spanplattenindustrie. Ein weiteres Ziel war die Erarbeitung der genauen Anlagen-Spezifikationen für eine Rohrkolben-Dämmstoff-Großproduktion.

Methodische Vorgehensweise

Rohstoffspezifische Verfahrensschritte wurden durch abwechselnde Versuche in Labor und Technikumsanlagen identifiziert.

Es wurden dabei verschiedene Parameter wie Rohstoff-Herkunft, Aufschlussart und –grad, Dichte oder der Feuchte-Gehalt variiert. Diese Versuche wurden in einem getakteten Verfahren durchgeführt. Die physikalischen Eigenschaften der erzeugten Labor-Proben wurden anschließend getestet und verglichen. Die Zwischenergebnisse wurden dann in einem abschließenden Technikumsversuch verifiziert.

Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden dass eine druckfeste Dämmplatte aus Rohrkolben im Industriemaßstab hergestellt werden kann. Ein wichtiges Ergebnis des Forschungsprojektes war die Entwicklung einer vollständig neuen Sprühbeileimungstechnik für den Rohstoff. Die notwendigen technischen Anpassungen an den neuen Rohstoff waren insgesamt jedoch schwieriger als am Anfang gedacht. Insbesondere die Bandbreite an Varianten bei der Zusammensetzung der Platte schränkte sich im Laufe des Projektes ein. Auf die Zugabe von Bindemitteln konnte nicht verzichtet werden, wobei Harnstoff-Formaldehydharze (UF) am besten geeignet waren.

Das Projekt wurde mit dem renommierten Dr. Houska Anerkennungspreis der B&C Privatstiftung ausgezeichnet.

Abstract

Initial situation / motivation

Naporo Klima Dämmstoff GmbH is a Start-Up from upper Austria operating in the fields of clean-tech and renewable raw materials. The company is focused on the cattail-plant (*Typha* sp.) utilising it for the production of ecological climate active insulation materials.

The new insulating materials based on typhus can be used as wall insulation (WDVS) as well as for rooftop insulation. The use of the material offers room-climatic advantages. Attics do not heat up in summer by the high mass of the insulating material. Also the sound absorption of the walls and roofs can be considerably improved. Last but not least, the material is open porous. Consequently water damp is able to diffuse from the room throughout the wall towards the outside. The techniques of defibration, and blending, additives and technical procedures create products for multiple applications.

Issues and Goals

The first step of this project was the examination of alterations of the raw material in large scale production plants. These findings should be used for the optimization of panel properties and the production process. Different defibration methods as well as several gluing types and application methods were examined. One goal was to optimize the panels for large scale processing lines such as in the particleboard industry. Another goal was to describe the specifications for a typha board specific production line.

Methods

Existing technologies were examined based upon laboratory and pilot plant experiments. Specific proceedings for this new raw material were developed. First appropriate operations and raw material compositions have been identified in laboratory scale. Different parameters such as origin of raw material, grinding technology and degree, adhesive type and amount, density, and humidity have been varied. Several experiments were performed demonstrating the impact of such parameter on the product properties and the production process. The physical properties of the produced lab probes have been tested and compared subsequently. Intermediate results were finally verified in a pilot plant scale test series.

Results

The production of compression proof typha based insulation boards in large scale production lines is successfully demonstrated.

An important result was the development of a completely new spray-gluing technique for typha.

However, necessary adoptions to the new raw material were more difficult than assumed in the beginning.

Especially the range of panel processing methods was reduced throughout the project. Omitting glue was not possible, and urea-formaldehyde resins turned out to be the best choice.

1. Einleitung

ALLGEMEINE EINFÜHRUNG IN DIE THEMATIK

Rohrkolben (*Typha* sp.) aus der Familie der Röhrichtgewächse ist eine Wildpflanze die in Feuchtstandorten auf unterschiedlichsten Böden ausdauernde große zusammenhängende Bestände bildet. Unterschiedliche Rohrkolben Spezies sind weltweit in allen Klimazonen verbreitet. Die natürlichen Vorkommen würden ausreichen um etwa das 10fache des europäischen Marktes für Naturdämmstoffe zu befriedigen.

Die Blätter können eine Länge von bis zu 4 Meter erreichen. Sie bestehen aus langen reißfesten Fasern sowie einem zusammendrückbaren Schwammgewebe (Aerenchym), das in anderen Pflanzen die für Dämmstoffe genutzt werden wie z.B. Flachs, Hanf, Stroh, Schilf etc. nicht vorkommt. Dieser natürliche Isolierschaum macht ihn einzigartig und prädestiniert ihn zu einem optimalen Dämmstoff.

Naporo untersucht diesen neuen nachwachsenden Rohstoff seit einigen Jahren, wobei zuerst Grundlagenforschung und Pionierarbeit zu leisten war. In der zweiten Phase geht es nun um die industrielle Entwicklung von marktfähigen Produkten aus Rohrkolben.

AUSGANGSSITUATION/MOTIVATION

Die natürlichen Eigenschaften des Rohrkolbens sind in mehrfacher Hinsicht faszinierend und einzigartig. Die hochwertigen Fasern des Rohrkolbens wurden schon vor knapp 100 Jahren in Berlin von einer eigens gegründeten *Typha*-Verwertungsgesellschaft zur Produktion verschiedenster Textilien genutzt (Graebner, 1919). Die industrielle Nutzbarkeit des natürlichen Schwammgewebes dagegen wurde erst durch Naporo forciert. Die geringe spez. Dichte von 65kg/m^3 des Rohstoffs spart Energie bei der Herstellung von Produkten und verbessert so die Ökobilanz. Ein neuer bisher nicht genutzter nachwachsender Rohstoff ist auch unter dem Gesichtspunkt der steigenden Preise für Holzprodukte interessant.

Die Preissteigerung für Holznebenprodukte in den letzten Jahren spiegelt sich im Energieholzindex wieder. Er setzt sich aus einem „Warenkorb“ relevanter Holzsortimente wie Brennholz, Industrieholz und auch Sägenebenprodukten wie Hackschnitzel zusammen. Es sind hier stark steigende Preise seit Mitte 2005 zu beobachten. Nach dem Orkan Kyrill Anfang 2007 sind die Preise zurück gegangen, mittlerweile steigen sie jedoch wieder. In dieser Situation sollte ein verstärktes Augenmerk auf die Suche nach alternativen Rohstoffen gelegt werden (siehe auch Teischinger 2007).

Trotz seiner augenscheinlich guten Eignung als Rohstoff für Dämmstoffe, wird Rohrkolben als solcher bisher nicht verwendet. Versuche bei Naporo, an der FH Wels und beim Kompetenzzentrum Holz GmbH der letzten Jahre haben ausschließlich im Labormaßstab stattgefunden, konnten dabei aber das dem Material innewohnende Potential aufzeigen.

Rohrkolben ist eine sehr schnell wachsende Pflanze die sehr viel Biomasse bildet. Etwa vier mal so viel wie Holz. Damit kann sie auch einen überdurchschnittlichen Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasen leisten wenn man sie erntet und verwertet.

ZIELSETZUNGEN DES PROJEKTES

Ziel des Projektes war die Erarbeitung grundlegender Technologien eines Produktionsverfahrens für druckfeste Wärmedämmstoffe aus Rohrkolben. Dabei sollten aus den Laborversuchen heraus Erfahrungen für eine Skalierung der Dämmstofffertigung gesammelt werden.

Die Verifizierung des Produktionsverfahrens sollte Erkenntnisse für Großserienfertigung liefern.

Die mechanischen und thermischen Eigenschaften des Dämmstoffs sollten im Rahmen der Versuche ebenfalls verbessert werden

VORARBEITEN ZUM THEMA

In der Feasibility-Studie „Schneide und Beleimtechnologie für Rohrkolben“ wurden in Zusammenarbeit mit der FFG und der FH Wels grundsätzliche Zerkleinerungs- und Beleimungsmethoden untersucht. Es wurden mehrere Zerkleinerungsverfahren verglichen (Kreismesser, Wasserstrahlschneiden, Längszerfasern, Mahlen). Als ein Ergebnis der Studie konnte das Mahlen des Rohrkolben in sog. Hammermühlen als wirtschaftliches Verfahren identifiziert werden. Diese sehr einfache Technologie produziert jedoch einen hohen Anteil an Staub. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde im vorliegenden Projekt der Staubanteil bei der Zerkleinerung in Hammermühlen reduziert. Die Benetzung der Partikel wurde untersucht und optimiert.

In einem Versuch der damaligen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (Projektleitung Dr. Münzer) sowie in einem Verbundvorhaben unter Leitung der TU München (Projektleitung Dr. Wild) wurden im Donaumoos von 1995 – 2000 Rohrkolben-Versuchsflächen etabliert. Es wurden dabei der Anbau, die Ernte, der Nährstoffhaushalt und auch die Erträge der Kulturen erforscht. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Rohrkolben-Kulturen eine sehr hohe Nährstoffaufnahme (aus dem versorgenden Wasser) haben und dadurch auch äußerst ertragreich sind (15 – 20t Trockenmasse/ha). Des Weiteren konnte durch den Anbau der Sumpfpflanze auf einer ehemals trockengelegten Moorfläche der Austrag von klimarelevanten Spurengasen erheblich reduziert werden (8-20t CO₂/ha).

2. Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

METHODEN UND DATEN

Im vorliegenden Projekt wurde zunächst die Ausgangssituation recherchiert und analysiert. Im Labormaßstab erfolgte eine erste Plattenherstellung, um die Ist-Situation auch anhand von Datenmaterial einschätzen zu können, und eine Eingrenzung der möglichen Varianten vorzunehmen.

Der Prozesskette folgend wurde neben anderen Faktoren die Zerkleinerung, die Partikelbenetzung, verwendeten Klebstoffsysteme, die Dichte und die Pressenparameter variiert.

Die hergestellten Dämmstoffplatten wurden anhand ihrer mechanisch-technologischen Eigenschaften charakterisiert. Zur Anwendung kamen unter anderem mechanische Prüfungen der Längs- und Quertzugfestigkeit, wobei diese Standardprüfverfahren auf die speziellen Eigenschaften von Typha angepasst werden mussten. Auch das Quellverhalten des Werkstoffes bei Wasserkontakt wurde aufgrund

seiner technologischen Relevanz untersucht.

Auf Basis des so erhaltenen Datenmaterials und unter Bezugnahme von Referenzwerten von mitbewerbenden Werkstoffen wurden Benchmarks definiert, die es für ein potentiell erfolgreiches Produkt zu erreichen galt.

Weitere Variationen von Prozesseingangsparametern folgten, um eine Optimierung der mechanisch-technologischen Eigenschaften zu erreichen.

Unterschiede im Produktionsfluss von Typha-Partikeln zu konventionellen Partikeln im Labormaßstab folgten und führten zur Notwendigkeit einer Neuentwicklung des Beleimungssystems.

Durch einen weiteren Optimierungsschritt im Labormaßstab konnten schlussendlich die prozessrelevanten Parameter identifiziert werden, die zur angestrebten Produktperformance führten und die Basis für weitere Versuche im Technikumsmaßstab stellten.

Zur Hochskalierung des Prozesses in die nächste Größenordnung wurden mit den gewonnenen Erkenntnissen aus dem Labormaßstab Technikumsversuche durchgeführt, um die Verarbeitbarkeit von Typha im größeren Maßstab zu untersuchen. Diese Untersuchungen zielten vor allem auf das Verhalten der Partikel in den Fördereinrichtungen, bei der Beleimung und in den Streuanlagen ab.

Die Erkenntnisse aus den Labor- und Technikumsversuchen stellen die Grundlage für die folgende Anlagenauslegung dar.

STAND DER TECHNIK

Aus der Literatur sind die Wärmedämmeigenschaften des Rohstoffes bekannt. Patente um 1900 beschäftigen sich bereits mit der Herstellung von Wärmedämmschichten aus Typha unter anderem durch Mischen mit Kieselerde. Zur technischen Verarbeitung, wie im vorliegenden Projekt angestrebt, gibt es kaum wissenschaftliche Literatur. Ausgehend von den durchgeführten Vorstudien gibt es allerdings bereits wesentliche Erkenntnisse zu den in Betracht kommenden Zerkleinerungs- und Weiterverarbeitungsmöglichkeiten des Rohstoffes. In Machbarkeitsstudien wurden bereits Dämmstoffplatten aus Typha mit und ohne Bindemittel hergestellt und belegen die grundsätzliche Eignung des Rohstoffes zur Herstellung von Plattenmaterialien. Die technischen Eigenschaften von Platten, die Grundlage zur Produktoptimierung und Verfahrensentwicklung sein sollen, sind allerdings größtenteils noch unbeschrieben. Aufgrund der Ähnlichkeit der zu verarbeitenden Partikel mit bekannten Rohstoffen aus der Holzwerkstoffindustrie und wesentlichen Parallelen in den notwendigen Verarbeitungsschritten derer, wurden umfassend bekannte Prozesse für die angedachte großindustrielle Herstellung als Richtschnur verwendet. Das Verhalten von Typha in einem solchen Prozess ist weiterer Gegenstand des vorliegenden Projektes.

BESCHREIBUNG DER NEUERUNGEN / VORTEILE GEGENÜBER DEM IST-STAND

Bei der aktuellen Ressourcendiskussion kommt der Ressourceneffizienz aber auch dem Auffinden von alternativen Ressourcen eine besondere Rolle zu, wie sie auch in den Thesen und Gedanken zur Ressourcenverknappung von Holz in Europa diskutiert werden (Teischinger 2007).

Die Nutzung erneuerbarer Rohstoffe, die bereits hervorragende Eigenschaften in der gewachsenen Pflanze aufweisen, sind energieintensiv hergestellten Rohstoffen grundsätzlich zu bevorzugen. Nur unter Einbeziehung der Wirtschaftlichkeit und Gebrauchstauglichkeit kann jedoch der Sprung von einem „Bio-Nischen-Produkt“ hin zu einem erfolgreichen Produkt für den breiten Markt gelingen. Die hier vorgestellte Herangehensweise einen seit Jahrzehnten erfolgreich funktionierenden industriellen Massenprozesses an ein neues Produkt anzupassen könnte ein Schlüssel zu diesem Durchbruch sein.

Dass dabei der verwendete Rohstoff im Laufe seines Wachstums auch eine enorme Menge an CO₂ bindet, das durch die Nutzung anstelle des Abbrandes nicht zeitgleich wieder an die Atmosphäre zurückgegeben wird, stellt gerade im Hinblick auf die ebenfalls aktuellen Emissions-Diskussionen einen positiven Beitrag dar. Fragen der verbesserten Wärmedämmung (im vorliegenden Projekt durch Entwicklung eines völlig neuen und umweltfreundlichen Dämmmaterials) sind derzeit zentrale Fragen des Bauwesens und des Klimaschutzes (Altbausanierung und Neubau) im Hinblick auf Energieeinsparung und die Reduktion von CO₂-Emissionen).

Die Feuchtgebietspflanze Typha wurde bisher kaum einer Nutzung als industrieller Rohstoff zugeführt, eignet sich aber aufgrund seines hohen Anteils an natürlichem Schwammgewebe besonders gut zur Dämmstoffherstellung, ohne eine derartige Struktur in einem aufwendigen und energieintensiven Verfahren herstellen zu müssen. Die Herausforderung besteht nun darin, die im Rohmaterial vorhandenen hervorragenden Eigenschaften in das fertige, plattenförmige Produkt überzuleiten.

3. Ergebnisse des Projektes

3.1 MATERIALBEREITSTELLUNG

Der Rohstoff für die Versuche wurde aus Naturbeständen in Ungarn und Rumänien beschafft.

Die Vorzerkleinerung des Materials erfolgte mit Hilfe einer vorhandenen Querschneideanlage. Basierend auf Vorversuchen zur Feinerfaserung wurden Versuche zur Optimierung der bestehenden Querschneideanlage für die Aufbereitung des Rohstoffes Typha durchgeführt. Somit wurde die Grundlage für die Fertigung einer neuen Querschneideanlage für eine Produktion im Großserien-Maßstab geschaffen, und eine derartige Anlage angefertigt.

Die Feinerfaserung der vorgeschrittenen Rohrkolbenpflanzen erfolgte extern in einem Versuchstechnikum. Es kamen verschiedene Aufschlussverfahren zum Einsatz, welche in der Holzwerkstoffindustrie weit verbreitet sind.



Abbildung 1: Zerkleinerungsanlagen

Die Funktionsprinzipien der Verfahren unterscheiden sich sehr stark. Es finden sowohl Schneidevorgänge, als auch Quetsch- und Bruchvorgänge statt. Auch im Hinblick auf den Materialdurchsatz wiesen die ausgewählten Verfahren wesentliche Unterschiede auf.

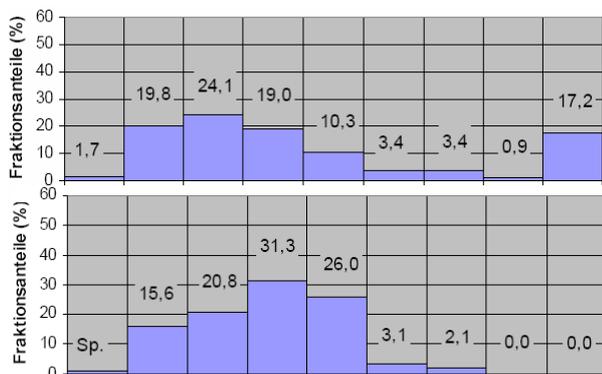


Abbildung 2: Massenanteile der einzelnen Fraktionen zweier unterschiedlicher Zerkleinerungsvarianten eines Maschinentyps desselben Rohmaterials.

Die Maschineneinstellungen wurden so gewählt, dass für alle Zerkleinerungsmethoden vergleichbare Siebgrößenverteilungen vorlagen. Dennoch kam es zu qualitativen Unterschieden. Vor allem der Grad des Aufschlusses des Aerenchyms bewirkte unterschiedliche Schüttgewichte.

3.2 PLANUNG/ LITERATURRECHERCHE

Als Informationsgrundlage zum Projekt wurde eine detaillierte Literaturrecherche durchgeführt. Die Sichtung der Literatur hat ergeben, dass die Wärme dämmenden Eigenschaften von Typha Pflanzenteilen schon sehr früh erkannt wurden. Bereits 1897 wurden US-Patente eingereicht, die beispielsweise die Herstellung von mit Kieselerde gebundenen Dämmstoffplatten beschreiben. Auch die wissenschaftliche Literatur belegt die für Dämmmaterialien geforderten Eigenschaften. Im Wesentlichen wurden bis 1950 Patente und Verfahren zur Herstellung von diversen Dämmstoffplattentypen aus oder mit Typha beschrieben.

Auch wenn die Idee aus Typha Dämmstoffplatten herzustellen schon weit in die Vergangenheit zurückreicht, konnte aktuell keine wesentliche industrielle Nutzung von Typha für Dämmstoffplatten gefunden werden.

3.3 LABORVERSUCHE HAMBURG

Vorversuche im BOKU Labor zur ersten Plattenserie in Hamburg zeigten, dass die Zugabe von Bindemitteln für die industrielle Fertigung von Typha-Dämmstoffplatten aus Partikeln erforderlich sein wird. Die Produktion von bindemittelfreie Platten war möglich, jedoch verhielten sich diese vergleichsweise instabil (konnten nicht manipuliert werden) und erforderten wesentlich höhere Prozesszeiten. Basierend auf den Ergebnissen der Voruntersuchung wurde beschlossen die weiteren Versuche unter Beimengung unterschiedlicher Bindemittel durchzuführen, um möglichst rasch unter Einsatz von bekannten Technologien ein funktionierendes Produkt zu erhalten. Aminoplastische Bindemittel, wie sie herkömmlich zur Fertigung von Holzwerkstoffen wie etwa Spanplatten eingesetzt werden, konnten ebenfalls in den Vorversuchen bereits erprobt werden. Beispiele hierfür sind Harnstoff-Formaldehydharze (UF) bzw. melaminverstärkte UF-Harze (UmF). Aus sicherheitstechnischen Gründen konnten Versuche mit reaktiveren Bindemitteln wie MDI (Diphenylmethandiisocyanat; in seiner ausgehärteten Form als pMDI bezeichnet) an der BOKU nicht durchgeführt werden. Derartige Bindemittel kommen für hochwertige Holzwerkstoffe vielfach zum Einsatz. Folglich wurden Versuche an der Universität Hamburg durchgeführt, da dort die Verarbeitung von MDI möglich war.

Die Versuche wurden basierend auf einem allgemeinen faktoriellen Versuchsdesign geplant. Es wurden vier nominale Faktoren ausgewählt. Diese waren die Rohstoffherkunft (Rumänien und Ungarn), die Zerspanungstechnologie (Messerringzerspaner MR und Hammermühle HM), die Zugabe von Parafin (mit und ohne) und das Bindemittel (UF, UmF und MDI). Diese 24 Merkmalsausprägungen wurden jeweils dreimal produziert. Zusätzlich wurde eine weitere Rohstoffsorte mit erheblichem Feinstoffanteil verarbeitet, um den Einfluss des Feinanteiles auf den Herstellungsprozess und die Produkteigenschaften darzustellen. In Summe ergaben sich somit 84 Laborplatten.

Die Plattenproduktion erfolgte im Labormaßstab in Anlehnung an den Spanplattenprozess. Eine definierte Partikelmenge wurde in einem Pflugscharmischer mit Leim beaufschlagt, zu einer Partikelmatte ausgeformt und zu einer Platte heiß verpresst (Abbildung 3). Die Leimverteilung erfolgt in diesem Mischertyp durch

mechanischen Abrieb der Leimtropfen von Partikel zu Partikel. Dies ist für Laborspanplatten ein weit verbreitetes Verfahren.



Abbildung 3: Laborplattenproduktion an der Universität Hamburg. links: Mischer, Mitte: händisch gestreute und vorverdichtete Partikelmatte, rechts: Heißpresse

Die Durchwärmung der Partikelmatte wurde in Anlehnung an die Spanplattenproduktion mittels Dampfstoß erreicht. Die Platten wurden in einer zufälligen Reihenfolge produziert, um mögliche zeitabhängige Effekte nicht irrtümlich den Faktoren des Versuchsdesign zuzuordnen.

3.4 BASIS-CHARAKTERISIERUNG

Die Charakterisierung der Platten erfolgte in Anlehnung an die in der CUAP (Common Understanding of Assessment Procedure) für Isolationsmaterialien empfohlenen Verfahren und Normen.

Die Platten aus AP 3 wurden im Normklima (20°C, 65% rH) bis zur Gewichtskonstanz konditioniert, und einem fixen Schnittplan folgend aufgetrennt. Je Platte wurden drei Prüfkörper zur Bestimmung der Längszugfestigkeit (in Anlehnung an EN 1608; 300x150mm), und sieben Prüfkörper jeweils zur Bestimmung der Querkzugfestigkeit (EN 319; 50x50mm) und der Dickenquellung (EN 317; 50x50mm) angefertigt. Die mechanischen Prüfungen wurden an Universalprüfmaschinen Zwick/Roell Z100 und Z020 durchgeführt.

Für die Bestimmung der Längszugfestigkeit wurden spezielle Probenhalterungen angefertigt, welche eine Komprimierung des Prüfkörpers ausschließen (Abbildung 4 links). Für die Bestimmung der Querkzugfestigkeit wurden speziell adaptierte Sperrholzjoche angefertigt (Abbildung 4 mitte). Die Verklebung der Querkzug-Prüfkörper auf die Joche erfolgte mit Weißleim. Für die Dickenquellungsversuche wurden den Prüfkörpermaßen entsprechende Drahtkörbe angefertigt, um eine konstante Lagerung unter Wasser zu gewährleisten (Abbildung 4 rechts). Weiters wurde eine Methode für die Beschriftung der einzelnen Prüfkörper etabliert. Bereits während des Zuschnitts der Prüfkörper konnten eindeutige Festigkeitsunterschiede der unterschiedlichen Plattentypen festgestellt werden.



Abbildung 4: Prüfung von Typha-Dämmstoffplatten unter dafür adaptierten Bedingungen. links: Längszugfestigkeit, Mitte: Querkzugfestigkeit, rechts: Dickenquellung nach 24 Stunden Wasserlagerung

Die Datenanalyse basierte auf einer Varianzanalyse und nachgeschaltetem Scheffé-Test. Die mechanischen Eigenschaften lagen in der Regel weit unter jenen von industriell gefertigten Holzfaser-Leichtplatten, die als stärkster Mitbewerber eingeschätzt werden. Die Dickenquellung der Platten war durchgängig gering.

Im Allgemeinen sind die Eigenschaften der pMDI-gebundenen Platten deutlich besser als jene auf Basis von UF oder UmF. Signifikante Einflüsse wurden für die Rohstoffherkunft und die Zerspanungstechnologie gefunden.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Versuchsserie musste ein Optimierungsschritt erfolgen, da die Platten in diesem Stadium nicht konkurrenzfähig sein würden.

pMDI als Bindemittel wurde trotz der verhältnismäßig positiven Ergebnisse aus Kostengründen (Rohstoffkosten und Verarbeitungsaufwand) für die weiteren Versuche ausgeschlossen. Aufgrund des geringfügig positiveren Abschneidens des rumänischen Rohstoffes wurde dieser für die weiteren Versuche ausgewählt. Da keine massiven Unterschiede zwischen den aminoplastischen Klebstoffen identifiziert werden konnten, wurde das UF System ausgewählt. Gleichzeitig wurden Grenzwerte definiert (Tabelle 1), welche im Zuge weiterer Untersuchungen in den anderen Arbeitspaketen Ziel einer erfolgreichen Werkstoffoptimierung sein sollten. Gleichzeitig sollte jedoch die spezifische Wärmeleitfähigkeit den definierten Grenzwert nicht überschreiten.

Tabelle 1: Benchmarks für die Optimierung von Typha-Dämmstoffplatten

Längszugfestigkeit	>70mN/mm ²
Querkzugfestigkeit	>4mN/mm ²
Dickenquellung	<15%
Spezifische Wärmeleitfähigkeit	<0.04W/mK

3.5 VERSUCHSERIE OPTIMIERUNG WIEN 1 MIT BASIS-CHARAKTERISIERUNG

Basierend auf den früheren Arbeitspaketen wurde ein vollfaktorieller Versuchsplan als Grundlage für die spätere Werkstoffoptimierung geplant. In diesem Versuch wurden die Parameter Zieldichte, Beleimgrad und Presstemperatur variiert, die über in der Holzwerkstoffindustrie bekannte Zusammenhänge mit den technologischen Eigenschaften von Holzwerkstoffen verfügen. Demnach ergeben sich 27 Plattenvarianten. Von jeder Variante wurden je 4 Platten angefertigt. Somit wurden 108 Laborplatten hergestellt.

Die Platten wurden einem fixen Schnittplan folgend aufgetrennt. An jeder Platte wurden jeweils 2-mal die Längszugfestigkeit, die Querszugfestigkeit und die Dickenquellung nach 24h Wasserlagerung ermittelt. Die Bestimmung der mittleren Plattendichte erfolgte an den Querszug-Prüfkörpern, deren Abmessungen auf Plattendickex150x150mm im Vergleich zu AP4 erhöht wurden.

Die gemessenen Eigenschaften der hergestellten Platten erwiesen sich als nahezu resistent gegen die variierten, in der Holzwerkstoffindustrie als bekannt geltenden Einflussgrößen, was sich auch in der unerwartet schlechten Qualität der in diesem AP generierten statistischen Modelle widerspiegelte. Es konnten kaum signifikante Einflüsse der Versuchsparameter gefunden werden. Nach umfangreichen Prozess-Fehleranalysen wurde diese Tatsache einer unregelmäßigen Leimverteilung zugeschrieben. Es wurde davon ausgegangen, dass einzelne Zonen der Platte sehr stark beleimt waren, während andere Zonen gänzlich unbeleimt blieben. Somit kam es in allen drei Prüfverfahren zu einem Versagen entlang der unbeleimten Zonen, und der Einfluss der Faktoren (z.B. Beleimgrad) konnte in weiterer Folge nicht gezeigt werden. Die gemessenen Eigenschaften sollten somit praktisch dem Potenzial einer leimfreien Wärmedämmplatte entsprechen.

Die Hypothese der unzureichenden Klebstoffverteilung wurde im neu zu generierenden AP 5.1 geprüft, da bis zu diesem Zeitpunkt noch immer keine konkurrenzfähige Platte zur Verfügung stand. Somit mussten geplante Untersuchungen von anderen Werkstoffeigenschaften (z.B. spezifische Wärmeleitfähigkeit) und auch die Technikumsversuche für ein mögliches Upscaling auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden.

3.5.1 Leimverteilung, Beleimung NEU

Nachuntersuchungen zu AP 5.0 zeigten eindeutig, dass die Ursache für die mangelhaften Platteneigenschaften die ungleichmäßige Leimverteilung war. Abbildung 5 zeigt, dass es sich bei dem aufgetretenen Problem um ein Rohstoffcharakteristikum handelte.



Abbildung 5: Verteilung von Leim (grün eingefärbt) in den Laborplatten, nach dem zu diesem Zeitpunkt etablierten Verfahren. Links: Laborspäne aus Holz mit nahezu gleichmäßiger Leimverteilung; Rechts: Typha-Partikel beleimt nach demselben Verfahren mit deutlich ersichtlichen Leimagglomerationen (Pfeile).

Um diese Erkenntnis im Laborbetrieb reproduzierbar anwenden zu können, mussten wesentliche Elemente des Laborplatten-Herstellungsprozess neu adaptiert werden. Als Kernstück dieser Anpassung wurden eine neu Beleimtrommel mit automatisiertem Antrieb, einseitig transparenter Seitenverkleidung zur Beobachtung des Partikelverhaltens, neuer Einsprühung (Abbildung 6) und ein neuer Presseneinlauf hergestellt.



Abbildung 6: Neu konstruiertes Beleimsystem bestehend aus einer sechseckigen Trommel mit Sichtfenster, regelbarem Antrieb (nicht sichtbar) und fein justierbarer Leimapplikation (im Vordergrund).

Die wesentlichen Unterschiede zum früheren Beleimsystem waren die regelbare Umwälzung, die Möglichkeit zur visuellen Kontrolle der Umwälzung, des Partikelverhaltens und des Beleimungsfortschritts, sowie einer Beleimung an herab fallenden Partikel durch feine, gleichmäßig verteilte Leimtröpfchen, dadurch verbunden ein geringes Wegschlagen der eingebrachten Flüssigkeiten und ein reduzierter operativer Aufwand. Bei der Lieferung der maßangefertigten Beleimdüse entstanden allerdings erhebliche Wartezeiten, wodurch sich die restliche Projektförderung weiter verzögerte.

3.5.2 Versuchsserie Wien 2 mit Basis-Charakterisierung

Basierend auf AP 5.1 wurden optimierte, reproduzierbare Prozessbedingungen für die neu etablierte Laborplattentechnologie definiert. Für die Versuchsserie „Wien 2“ wurde ein Central-Composite Design mit vier Quadratpunkten (rot), vier Sternpunkten (grün) und einem Zentralpunkt (blau) ausgewählt (Abbildung 7).

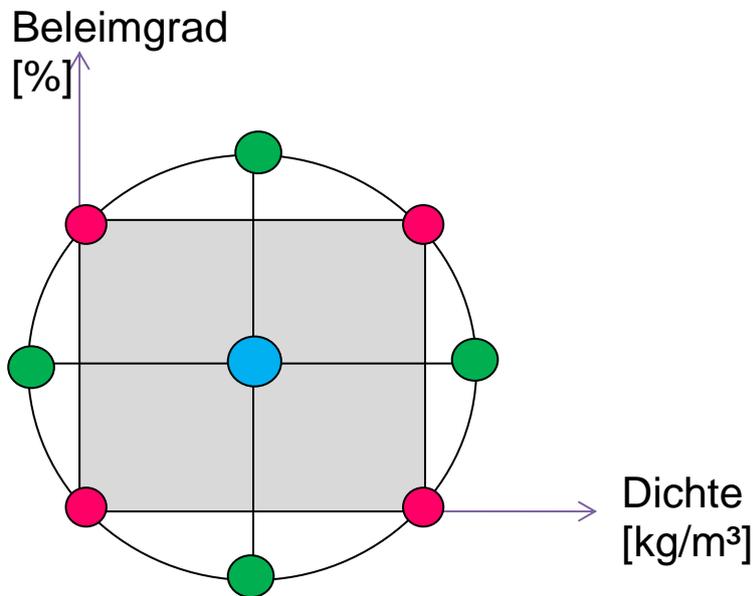


Abbildung 7: Versuchsdesign zur Erfassung signifikanter Einflüsse der Dichte und des Beleimgrads auf mechanisch-technologische Werkstoffeigenschaften. Die in rot, grün und blau gekennzeichneten Versuchspunkte stellen die angestrebten Versuchsbedingungen dar. Die graue Fläche repräsentiert den durch das statistische Modell abgesichert beschriebenen Versuchsraum.

Der Zentralpunkt war fünfmal so stark vertreten wie die anderen Punkte. Variiert wurden Beleimgrad, Dichte und Partikelsorte. Es ergab sich somit ein Versuchsumfang von 104 Platten. Die Plattenproduktion wurde einheitlich bei konstanter Presstemperatur durchgeführt.

Die mit dem neuen Beleimsystem hergestellten Platten wiesen in der Regel höhere Plattendichten auf, als angestrebt wurde. Dies kann im Wesentlichen auf zwei Faktoren zurückgeführt werden. Zum einen neigte die verwendete Presse zum Übersteuern, wodurch sich teilweise Verdichtungen auf 37mm anstelle der angestrebten 40mm Plattenstärke ergaben. Darüber hinaus zeigte sich, dass perfekt beleimte Partikel während des Pressvorgangs ein völlig anderes Fließverhalten haben, als bislang beobachtet. Aufgrund der guten Leimverteilung und der Kaltklebrigkeit von UF-Harz wich die Partikelmatte seitlich deutlich weniger aus, als bislang beobachtet.

Das neu entwickelte Beleimsystem hatte sich bewährt. Es konnte über den gesamten Versuch hinweg eine gleichmäßige Leimverteilung erzielt werden. Visualisiert wurde dies durch die Zugabe von Farbstoff zur Leimflotte für die gesamte Versuchsserie. Insgesamt hatten jedoch auch im Fall dieser Versuchsserie die im Labormaßstab hergestellten Platten eine sehr variable Struktur und damit verbunden auch unterschiedliche Oberflächenqualitäten. Aus Sicht vom Projektpartner Avento konnten aus der Versuchsserie wesentliche Informationen in Hinblick auf die industrielle Umsetzung des Verfahrens abgeleitet werden. Durch die neu entwickelte Beleimtrommel, welche wesentlich von üblicherweise in industriellen Plattenproduktionen verwendeten Systemen abweicht, konnte ein weitgehend störungsfreier Beleimvorgang erzielt werden, ohne

dass gleichzeitig die zusammenhängende Materialstruktur zerstört wird. Die Erkenntnis, dass dieser Beileimprozess für das gegenständliche Material wesentlich besser geeignet ist, als herkömmliche industrielle Beileimtrommeln, wurde auch nachträglich im Zug der Versuchsreihe an der Universität Göttingen bestätigt.

Die Platten wurden einem fixen Schnittplan folgend aufgetrennt und alle Prüfkörper im Normklima bis zur Gewichtskonstanz konditioniert. Je Platte wurden zwei Prüfkörper zur Bestimmung der Querkzugfestigkeit, der Längszugfestigkeit und der Dickenquellung gewonnen (insgesamt 624 Prüfkörper). Für die Bestimmung der Querkzugfestigkeit wurden die Joche vergrößert. Es wurde die Prüfkörpergröße von Plattendicke x 50 x 50mm auf Plattendicke x 150 x 150mm erhöht, um das Verhältnis der teilweise ausgefranzten Seitenflächen zu Volumen zu verbessern. Die Dichte wurde von allen Quer- und Längszugprüfkörpern bestimmt.

Es konnten sehr robuste statistische Modelle zur Vorhersage der mechanischen Eigenschaften in Abhängigkeit von Zerkleinerungstechnologie, Dichte und Beileimgrad aufgebaut werden. Für die Querkzugfestigkeit ergab sich ein robustes lineares Regressionsmodell in welchem alle drei Faktoren signifikant waren. Die erklärte Varianz betrug 58%. Die Zerkleinerungstechnologie hatte in dieser Versuchsserie nur auf die Querkzugfestigkeit einen signifikanten Einfluss. Die Benchmark von 4mN/mm² Querkzugfestigkeit konnte bereits bei relativ geringer Dichte und Beileimgrad überschritten werden.

Für die Längszugfestigkeit ließ sich ein robustes lineares Regressionsmodell mit 67% erklärter Varianz erstellen. Der Beileimgrad und die Dichte waren darin signifikant. Die Längszugfestigkeit stieg mit steigender Dichte und Beileimgrad. Die Benchmark von 70mN/mm² konnte im angestrebten Dichtebereich realisiert werden.

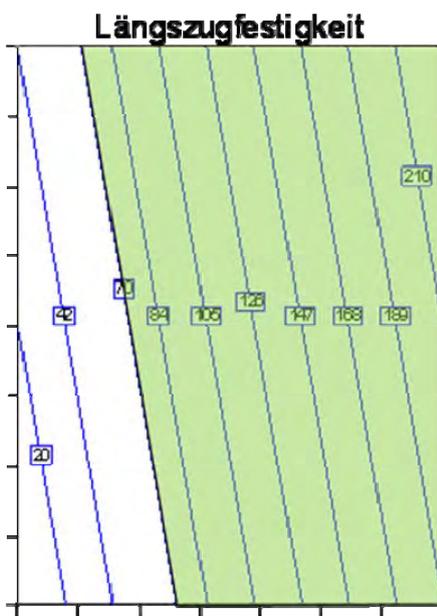


Abbildung 8: Abhängigkeit der Längszugfestigkeit von der Plattendichte und dem Beileimgrad.

Im Vergleich zu den beiden Modellen für die mechanischen Parameter war jenes für die Vorhersage der Dickenquellung nach 24 Stunden Wasserlagerung wesentlich schlechter. Auch hier handelte es sich um ein lineares Regressionsmodell in welchem Beileimgrad und Dichte signifikant waren, die

Zerspanungstechnologie jedoch nicht (Abbildung 9). Die erklärte Varianz betrug jedoch nur 34%. Die Benchmark von 15% Dickenquellung oder geringer konnte bei geringer Dichte und hohem Beieimgrad erreicht werden.

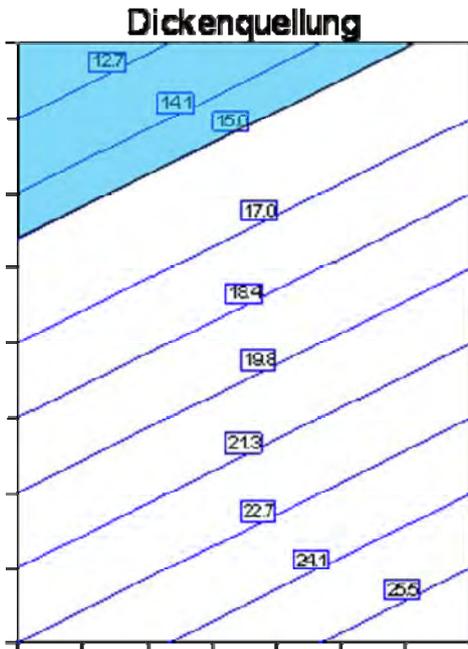


Abbildung 9: Abhängigkeit der Dickenquellung nach 24h Wasserlagerung von der Plattendichte [kg/m³] und dem Beieimgrad [%]. Die blaue Fläche stellt die Bedingungen dar, unter welchen die maximale Dickenquellung von 15% unterschritten werden kann.

Wird allen drei Messgrößen dieselbe Bedeutung zugemessen, so können die Graphiken überlagert werden. Die in den vorangegangenen Abbildungen gekennzeichneten Flächen überschneiden sich teilweise. In Abbildung 10 wurden diese Flächen übereinander gelegt. Die gemeinsame Schnittfläche wird als Resultierende in schwarz dargestellt. Innerhalb dieses Bereiches können alle mechanisch-technologisch gesetzten Zielwerte erreicht werden.



Abbildung 10: Darstellung der optimalen Rohstoff- und Produktparameter zur Erlangung aller definierten Grenzwerte.

Durch den erfolgreichen Abschluss des AP 5.2 konnte nun wie ursprünglich geplant die Werkstoffoptimierung in Hinsicht auf andere Messgrößen (via. spezifischen Wärmeleitfähigkeit, AP 6) durchgeführt und der Technikumsversuch für ein Upscaling (AP 7) geplant werden.

3.6 VERSUCHSSERIE WIEN 3 MIT ADVANCED-CHARAKTERISIERUNG

Für die nachfolgenden beschriebenen Versuche (Schimmel- und Brandbeständigkeit) wurden 14 Laborplatten entsprechend des in AP5.2 ermittelten Optimums angefertigt. Die Untersuchungen zur Resistenz gegenüber Schimmelfall nach ÖNORM B 6010 zeigten, dass Typha durchwegs bessere Ergebnisse (geringerer Befall) als industriell gefertigte Dämmstoffe auf Basis von Holzfasern erzielten. Im Fall der Typhaplaten konnte lediglich an einer Seite der Platten ein beginnender Befall festgestellt werden, während dieser im Fall der Referenzplatten an allen Oberflächen in einem höheren Ausmaß zu beobachten war.



Abbildung 11: Mikroskopische Aufnahmen (25-fache Vergrößerung zur besseren Visualisierung) des aufgetretenen Schimmel-Befalls nach Prüfung gemäß ÖNORM B 6010. (links = industriell gefertigte Holzfaser-Leichtplatte als Referenz, Mitte und rechts = unterschiedliche Laborplatte aus Typha-Partikel)

Im Fall der Branduntersuchungen mittels Kleinbrennertest nach EN ISO 11925-2 und Bewertung nach EN 13501-1 (durchgeführt durch die MA 39) wurde für Typha-Dämmstoffplatten die Klasse E erreicht. Das bedeutet, dass die Brennbarkeit für eine Zulassung derartiger Dämmstoffe als Baustoff voraussichtlich nicht limitierend wirkt.

Für die Bestimmung der spezifischen Wärmeleitfähigkeit (Lambdawert) als Maß für die Dämmleistung des Werkstoffes nach EN 12667 wurden weitere 6 Laborplatten angefertigt. Variiert wurden die Dichte und der Typ des Rohstoffaufschlusses. Die Messungen erfolgten mittels Einplatten-Wärmeleitfähigkeitsmessgerät (Lambdameter EP 500) durch das Kompetenzzentrum Holz GmbH (Linz). Jede Platte wurde nach Norm zunächst trocken (nach min. 3-tägiger Lagerung bei 70°C) und danach feucht (konditioniert bei 23°C und 50% rH) vermessen. Es zeigte sich ein strenger linearer Zusammenhang zwischen dem Lambda-Wert und der Dichte für beide Messserien ($r^2 > 0.96$). Die Zerspanungstechnologie spielte hier eine untergeordnete Rolle.

Die Ergebnisse sind eine wesentliche Grundlage für die Weiterentwicklung eines derartigen Werkstoffs, und bestätigen das Potential des Rohstoffs zur Nutzung als Dämmstoff.

3.7 TECHNIKUMSVERSUCHE GÖTTINGEN

Ziel der Untersuchungen im Technikum der Georg-August Universität Göttingen war in einem größeren, industrienäheren Maßstab die Verarbeitbarkeit von Typha-Partikeln zu aminoplastisch gebundenen Dämmstoffplatten in Anlehnung an die Spanplattentechnologie zu untersuchen, was ein wesentlicher Bestandteil für eine spätere Anlagenplanung darstellen soll. Die erzielten mechanisch-technologischen Eigenschaften sind in diesem AP insgesamt weniger aussagekräftig als in den Vorversuchen, da das Hauptaugenmerk auf den Verarbeitungseigenschaften des Rohstoffes und nicht auf der Endperformance des Produktes lag. Teilweise konnten zur sinnvollen Beobachtung der Rohstoffeigenschaften während des Prozesses technologisch relevante Randbedingung (z.B. maximal mögliche offene Zeit des Leimes) nicht eingehalten werden, was sich in den Platteneigenschaften unmittelbar bemerkbar machte. Auch in diesem Technikumsmaßstab konnten wesentliche Unterschiede in der Verarbeitung zu konventioneller Holzspänen festgestellt werden.

Die Streuung von Platten unter Anwendung eines Spanplatten-Deckschicht-Aggregats war nicht möglich. Die Arbeiten konzentrierten sich demnach auf die optimale Nutzung des Mittelschicht-Aggregats der Spanplattenanlage. Durch Einstellung der Rotationsrichtung und Geschwindigkeit einzelner Anlagenkomponenten konnte die erzielte Plattenstruktur nachhaltig beeinflusst werden. Es gelang Partikelmatten zu streuen, welche eine durchwegs einheitliche Struktur aufwiesen. Es konnte festgestellt werden, dass eine Beleimtrommel mit üblicher Fördertechnik im Dauerbetrieb problematisch sein wird.

Insgesamt wurden 20 verschiedene Platten produziert. An den Platten konnte beobachtet werden, dass es zu einer erheblichen Verfärbung der Oberflächen nach dem Heißpressvorgang kam. Dies wurde auf die vergleichsweise geringere Beleimfeuchte zurückgeführt.

Für die Querkzugfestigkeit zeigte sich, dass die Messwerte deutlich unter jenen der letzten Prüfsérie lagen. Dies wird sowohl auf die lange Prozesszeit (Wegschlagen des Leimes von der Partikeloberfläche, Überschreiten der offenen Zeit,...) wie auch die hohe mechanische Beanspruchung (ev. Entflechtung der Partikel) zurückgeführt. Der Zusammenhang mit der Dichte war straff und unabhängig vom Partikeltyp ($r^2_{\text{predicted}} = 0,67$). Die Längszugfestigkeit entsprach weitestgehend jener, aus der AP 5.2. Es zeigten sich hier auch keine Unterschiede längs und quer zur Produktionsrichtung. Der Zusammenhang mit der Dichte war straff und wurde durch den Partikeltyp beeinflusst ($r^2_{\text{predicted}} = 0,92$). Die Dickenquellung war deutlich unter jener der letzten Versuchsserien, was insgesamt auf einen homogenen Plattenaufbau im Vergleich zu Laborstreuungen zurückgeführt wurde. Der Zusammenhang mit der Dichte war straff und wurde durch den Partikeltyp beeinflusst ($r^2_{\text{predicted}} = 0,83$).

Aufgrund der spezifischen Prozessbedingungen (z.B. lange offene Zeit) und dem Fokus der Versuche auf die Verarbeitbarkeit und nicht auf die technologischen Eigenschaften der Platte, fielen die gemessenen Eigenschaften teilweise schlechter als in den zuvor beschriebenen Arbeitspaketen aus. Relativ zu einander ergaben sich jedoch Zusammenhänge welche sich mit früheren Untersuchungen in Deckung bringen lassen.

3.8 EMPFEHLUNGEN, ABSCHLUSS

Ausgehend von der Literaturstudie zu Beginn des Projekts, und der bekannten Technologie wurden die Beobachtungen im Zug der einzelnen Versuchsreihen während des Projekts laufend begleitet, aufgezeichnet, und hinsichtlich der Erkenntnisse für eine prozesstechnische Umsetzung untersucht und ausgewertet.

Die gewählte Vorgehensweise war wie folgt:

- Charakterisierung der einzelnen Produktionsschritte aus maschinentechnischer Sicht
- Präzisierung der Anlagenanforderungen hinsichtlich Prozessanforderung, sowie produktionstechnische Eignung (Wartungsaufwand, Verschleiß, Verfügbarkeit, Komplexität in Bedienung und Instandhaltung, etc.)
- Untersuchung bereits verfügbarer Technologien und Komponenten (Angebote und Beratungen mit Maschinenherstellern, Beurteilung dieser Komponenten hinsichtlich Eignung im Hinblick auf die beabsichtigte Produktionsleistung, Betriebs- und Wartungsaufwand, sowie die zu erzielende kontinuierliche Produktqualität)
- Spezifikation und Kalkulation der projektspezifischen Anlagenausrüstung, aufbauend auf den vorgenannten Schritten, Erarbeitung eines Anlagenkonzepts und Layouts für eine definierte Produktionsleistung von 100.000 m³/Jahr, sowie für eine Kleinmengenanlage von 20.000 m³ /Jahr
- Erstellung einer Produktionssimulation, basierend auf dem spezifizierten Prototyplayout

Im Zug der Versuche und Untersuchungen konnten dabei folgende Beobachtungen und Erkenntnisse gewonnen werden:

Zerspanung:

Für die beiden Anforderungen des Materialgrobaufschluss, sowie des Materialfeinaufschluss wurden geeignete Verfahren und verfügbare, bzw. adaptierbare Anlagentechnologien untersucht. Da sich gerade dieser Produktionsschritt unerwartet komplex zeigte, wurden eine Vielzahl verschiedener Anlagen und Maschinenkonzepte mit einer Reihe von Maschinenherstellern auf ihre Eignung begutachtet und auch in Versuchen erprobt.

Weiters wurden in diesem Zusammenhang auch verschiedene Methoden zum Transport des zerkleinerten Materials untersucht, um geeignete Technologien zur Anlagenkonzeption identifizieren zu können.

Beleimung:

Übliche Spänebeleimtrommeln mit Zwangsförderung (Durchlaufmischer) wurden mit getakteten Beleimverfahren verglichen. Im Projekt hat sich gezeigt, dass eine Anpassung der Beleimung an den Rohstoff erforderlich wurde. Diese Anpassung wurde am IFH in Wien durchgeführt.

Streuung:

Hier ist eine Anlagentechnologie erforderlich, welche zum einen der Verstopfungsneigung des Produktmaterials gerecht wird, und zum anderen den faserigen Materialzusammenhalt nicht allzu sehr aufschließt.

Die wesentlichen Schlussfolgerungen und Ergebnisse sind zusammengefasst:

Der Materialtransport von einem Behälter auf ein Förderband wird nicht allein durch die Nutzung der Schwerkraft funktionieren. Ebenso wird eine Dosierung durch eine verstellbare Öffnung nicht funktionieren. Hierfür wird eine mechanische Fördereinrichtung benötigt werden.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde das Konzept einer Produktionsanlage zur Herstellung eines marktreifen Produkts entworfen. Dieses Konzept umfasst die technische Spezifikation einer derartigen Anlage, sowie auch die Ermittlung der im Rahmen der Produktion benötigten Ressourcen für Energie und Personal, als Grundlage für eine betriebswirtschaftliche Kalkulation der Fertigungskosten für ein marktreifes Produkt.

Als konkretes Ergebnis wurden ein Anlagenkonzept, sowie eine Spezifikation für eine Produktionsanlage mit einer Produktionsleistung von 100.000 m³/Jahr, (industrieller Dreischichtbetrieb) sowie eine Kleinmengenanlage für eine Produktionsleistung von 20.000 m³/Jahr erstellt.

Weitere Verbesserungen werden im Zug der Produktionserkenntnisse aus einer industriellen Prototypanlage zu machen sein. Diese Anlage, und das damit gefertigte Produkt werden so Schritt für Schritt zu einem marktreifen Serienprodukt heranzuführen, und weiter zu entwickeln sein.

DETAILANGABEN IN BEZUG AUF DIE ZIELE DER PROGRAMMLINIE

EINPASSUNG IN DIE PROGRAMMLINIE

Das vorliegende Projekt beschäftigt sich mit der Nutzung eines nachwachsenden Rohstoffs und untersucht die Verarbeitung dieses Materials mit Großserientechnologie.

BEITRAG ZUM GESAMTZIEL DER PROGRAMMLINIE UND DEN SIEBEN LEITPRINZIPIEN NACHHALTIGER TECHNOLOGIEENTWICKLUNG

- Prinzip der Dienstleistungs-, Service- und Nutzenorientierung

Der Rohrkolben-Dämmstoff vereint die Verwertung eines bisher ungenutzten Rohstoffs mit der Reinigung von Gewässern und einem energiesparenden Herstellungs-Verfahren. Für den Kunden bieten die Produkte zusätzlich raumklimatische Vorteile, eine einfache Verarbeitung an der Baustelle sowie eine problemlose Entsorgung von Resten und Altmaterial. Das hoch ökologische Gesamtkonzept deckt den gesamten Lebenszyklus des Dämmstoffs ab.

- Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen

Der zu entwickelnde Dämmstoff wird aus dem nachwachsenden Rohstoff Rohrkolben gewonnen. Da dieses Material aus Naturbeständen bisher nicht industriell verwertet wurde, kann so gebundenes CO₂ langfristig aus dem Stoffkreislauf entnommen werden.

Der Rohrkolben als Wildpflanze wächst in großen Naturbeständen weltweit, wird aber bisher nicht verwertet. Durch die Nutzung dieser Ressourcen kann der Verknappung anderer Rohstoffe wie Holz oder Kork sinnvoll entgegengewirkt werden.

Zusätzlich kann Rohrkolben auf überstauten Beeten kultiviert werden. Hierzu eignen sich vor allem Flächen mit nährstoffreichem Wasser. Rohrkolben ist eine Dauerkultur, die einmalig angepflanzt jedes Jahr geschnitten werden kann. Es ist dazu keine Düngung und auch kein Pflanzenschutz nötig.

Vor allen Dingen stehen Rohrkolben-Flächen nicht in Konkurrenz zu anderen nachwachsenden Rohstoffen oder landwirtschaftlichen Produkten. Es findet hier kein Verdrängungswettbewerb statt.

- Effizienzprinzip

Durch die Vorverdichtung des Rohstoffs wurde ein effizienterer Transport ermöglicht. Die einfache Zerkleinerung des Rohstoffs spart Energie und Kosten. Im Produktionsprozess wurden der Ausschussgrad und der Staubanteil minimiert.

Der hergestellte Dämmstoff trägt wesentlich zur Vermeidung von Wärmeverlusten an Gebäuden bei. So kann die Energieeffizienz in einem Schlüsselbereich verbessert werden, da in Österreich ca. 30% der CO₂-Emissionen durch private Haushalte und davon ein wesentlicher Anteil durch die Beheizung von Gebäuden erfolgen.

- Prinzip der Rezyklierungsfähigkeit

Der Rohrkolben-Dämmstoff als reines Naturmaterial kann kompostiert, aber auch thermisch verwertet werden.

Die Rezyklierbarkeit beginnt aber bereits bei der Produktion: Wie bereits angesprochen können Produktionsreste zerkleinert und als neuer Rohstoff eingesetzt werden.

- Prinzip der Einpassung, Flexibilität, Adaptionfähigkeit und Lernfähigkeit

Zusätzlich zum Import des Rohstoffs wird der Anbau in Österreich vorangetrieben. Dadurch sollen zukünftig die Transportwege stark verringert werden. Die gesamte Wertschöpfungskette kann so im Land bleiben. Gleichzeitig bietet der Anbau Vorteile wie Gewässerreinigung und CO₂-Bindung.

- Prinzip der Fehlertoleranz und Risikovorsorge

Die Verfahrensentwicklung basiert auf der Adaption und Neuentwicklung von Prozessen. Dadurch wurde immer eine alternative Technologie verfolgt. Das bestehende Entwicklungsrisiko wurde somit so gering wie möglich gehalten.

- Prinzip der Sicherung von Arbeit, Einkommen und Lebensqualität

Die Entwicklung soll zu einer Produktion in Österreich führen. Dadurch werden qualifizierte Arbeitsplätze geschaffen. Auch soll der Anbau in Österreich die regionale Landwirtschaft stärken und eine alternative Kulturpflanze für feuchte, also schwer zu bewirtschaftende Flächen, anbieten.

Oberflächengewässer sind häufig durch sogenannte „diffuse Einträge“ aus der Landwirtschaft mit Nährstoffen belastet. Der ausgeschwemmte Dünger wird von den Rohrkolben Kulturen aufgenommen und führt zur hohen Produktivität der Bestände. Diese Reinigung der Gewässer entspricht der europäischen Gewässerrahmenrichtlinie, wonach gerade diese hohen Nährstofffrachten reduziert werden sollen.

Beitrag zu den Zielen der 5. Ausschreibung

Im Rahmen der 5. Ausschreibung der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ soll ein Transfer von Projektergebnissen zugunsten der österreichischen Wirtschaft und Wissenschaft erfolgen. Beide Bereiche konnten mit dem vorliegenden Projekt wesentliche Impulse erhalten. Im letzten Jahr wurde eine neue, innovative GmbH gegründet. Die wissenschaftliche Arbeit der BOKU Wien wurde mit dem Dr. Houska Anerkennungspreis ausgezeichnet. Die Dr. Houska Privatstiftung prämiert hier jährlich wirtschaftsnahe wissenschaftliche Projekte, die ein besonderes Umsetzungspotential haben.

Während der Projektphase wurde die Naporo Klima Dämmstoff GmbH in OÖ gegründet. Das Unternehmen beschäftigt sich mit der Entwicklung, Produktion und Vermarktung von Dämmstoffen und industriellen Produkten aus Rohrkolben. Die Ergebnisse des vorliegenden Projektes sind integraler Bestandteil der Geschäftstätigkeit des Start-Ups Naporo. Mit einer Ausweitung der Produktion werden Arbeitsplätze geschaffen und eine Wertschöpfung in Österreich generiert.

Umsetzungs-Potenziale für die Projektergebnisse

Die Energieeffizienz und Wärmedämmung von Gebäuden ist ein sich stark entwickelnder Markt und leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der österreichischen Klimaziele. In diesem dynamischen Umfeld sehen wir ein erhebliches Potenzial für unsere Naturdämmstoffe aus Rohrkolben. Wir rechnen mittelfristig mit einem Absatz von bis zu 50.000m³. Die Marktstrategie von Naporo sieht aber auch eine Einbeziehung der deutschen und europäischen Märkte in die Vertriebsstruktur vor, wobei zunächst einmal Österreich und Deutschland im Vordergrund stehen. Als Resultat der bisherigen Vertriebsaktivitäten kann ganz klar ein Bedürfnis nach einem leistungsstarken Naturdämmstoff konstatiert werden.

Potential für Demonstrationsvorhaben

Aus der im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelten Zerfaserungs- und Produktionstechnologie leiten sich zwei hochinteressante Produktlinien ab: Ein Einblasdämmstoff als Vorstufe zu den druckfesten Wärmedämmplatten, sowie eine flexible Dämmstoffmatte die ähnlich verarbeitet werden kann wie die konventionellen Mineralwoll-Produkte. Zur Umsetzung dieser beiden Produktlinien soll noch eine Demonstrationsanlage erstellt werden, mit der weitere technische Anpassungen des Produktionsprozesses umgesetzt werden sollen. Im Rahmen des vorliegenden Projektes konnte gezeigt werden dass die Rohrkolbenfaser im Produktionsprozess andere technische Lösungen erfordert als gängige Naturprodukte wie z.B. Holz.

Beschreibung der Ziele, die in dem Projekt verfolgt werden und Darstellung, ob und wie diese erreicht wurden.

Folgende Ziele wurden am Anfang für das Projekt gesetzt:

- Staubarme Zerkleinerung
- Nutzung der Eigenbindekräfte
- Verbesserung der mechanischen und thermischen Eigenschaften

- Untersuchung der Großserientauglichkeit

Hinsichtlich der Zerkleinerung wurden verschiedenste Maschinentypen untersucht und mit Hilfe von Siebkennlinien im Labor getestet. Dadurch konnte die Partikelgrößenverteilung sehr genau auf das spätere Produkt abgestimmt werden. Es gelang dadurch auch eine Minimierung des Staubanteils.

Die angestrebte Nutzung der Eigenbindekräfte des Materials konnte in dem Umfang des vorliegenden Projekts nicht realisiert werden. Hier sind noch weitere Forschungstätigkeiten notwendig.

Letztlich musste auf konventionelle Beleimtechniken zurückgegriffen werden um die mechanischen und thermischen Benchmark-Parameter zu erreichen. Dieses Ziel wurde weitgehend erreicht.

SCHLUSSFOLGERUNGEN ZU DEN PROJEKTERGEBNISSEN

Erkenntnisse für das Projektteam

Aus technologischer Sicht konnten wesentliche Erkenntnisse im Hinblick auf die Verarbeitbarkeit des Rohstoffes Typha zu einem Plattenwerkstoff gesammelt werden. Die mechanischen Eigenschaften der Dämmstoffplatten konnten aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse gegenüber der Ausgangssituation vervielfacht werden und mündeten schlussendlich in gegenüber alternativen Produkten (z.B. Holzleichtfaserplatte) konkurrenzfähigen Eigenschaften. Optimale Parameter und Verfahren für die Zerkleinerung, Beleimung, Streuung und Pressung des Rohstoffes konnten identifiziert werden. Insgesamt sind die gewonnenen Erkenntnisse zum Rohstoffverhalten während der Verarbeitung nicht ausschließlich auf Typha reduziert, sondern auch auf andere Rohstoffe mit ähnlich geringer Dichte übertragbar und daher sehr wertvoll. Besonders durch die Problematik der Leimverteilung wird seit den Versuchen mit Typha die Anfärbung des Klebstoffes in Laborversuchen am Institut für Holzforschung standardmäßig im Versuchs- aber auch im Lehrbetrieb der Studienrichtung Holz- und Naturfasertechnologie eingesetzt.

Aus produktionstechnischer Sicht waren die Erfordernisse und Abweichungen der benötigten Prozessanlagen zu bereits am Markt verwendeten Anlagen wesentlich größer als erwartet. Das Material Typha verhält sich um vieles anspruchsvoller in der Plattenherstellung, als es mit vorhandenen konventionellen Maschinen abgedeckt werden kann. Der Entwicklungsaufwand für eine Produktionsanlage zur marktreifen Herstellung von Dämmstoffplatten ist erheblich größer als zu Anfang des Projekt abgeschätzt.

Die Ergebnisse dieses Projektes waren für Naporo insoweit erfreulich weil die Herstellung einer druckfesten Dämmplatte aus Rohrkolben mit Erfolg abgeschlossen werden konnte. Die Parameter dieser Platte wurden optimiert, das Produktionsverfahren konnte verifiziert und beschrieben werden. Die Adaption des Produktionsprozesses und die Kosten einer Großserienanlage die zu einer rentablen Produktion dieses Produktes unerlässlich sind, erfordern allerdings sehr große Investitionen. Diese Erkenntnis hat bei Naporo zu einer Änderung der Geschäftsstrategie geführt.

Für eine schnelle Umsetzung des Rohrkolben-Dämmstoffs hat Naporo einen Produktions-Partner gefunden. Auf der bestehenden Anlage können mit den im vorliegenden Projekt erzeugten Fasern flexible Dämmplatten hergestellt werden. Die ersten Versuche auf dieser Anlage verliefen äußerst vielversprechend. NAPORO entwickelt dieses und weitere Produkte, organisiert die Rohstoffbeschaffung und –Aufbereitung und vertreibt die Dämmstoffe.

Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?

Die gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich Fertigungsprozess sollen in die Errichtung einer Produktionsanlage, gegebenenfalls auch in die Adaption einer bestehenden Anlage eines Produktionspartners einfließen. Für die dafür erforderlichen Entwicklungsarbeiten ist eine weitere Zusammenarbeit des Projekt-Teams geplant.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten für das Produkt

Gleich zwei Verarbeiter von Lehmputzen haben bei Naporo Interesse an einer Putzträgerplatte aus Rohrkolben bekundet. Der Dämmstoff wird dabei als Installationsebene an Innenwänden von Holz-Riegel-Häusern eingesetzt und mit Lehm verputzt.

Die im Rahmen des vorliegenden Projekts erstellten Muster sind von Naporo für eine Reihe von Gesprächen verwendet worden. Die Resonanz darauf war äußerst positiv. Neben dem Lehm-bau gibt es noch weitere Einsatzmöglichkeiten, die noch zusätzlichen Forschungsbedarf haben.

Ausblick und Empfehlungen

Auf die durchgeführte Verfahrensentwicklung kann auch in weiterer Folge für die Herstellung von Typha als Plattenmaterial aufgebaut werden. Die Platten selbst sollten in Hinblick auf ihre Baustellentauglichkeit noch geprüft und gegebenenfalls weiter optimiert werden. Besonders die Eigenschaften der Plattenoberflächen sollten im Hinblick auf möglichen Partikelaustrag während der Handhabung noch verbessert werden. In Frage kämen möglicherweise verschiedene Arten der Oberflächenkaschierung.

Durch die Anlagenintensität und den damit verbundenen enormen Investitionsbedarf für eine Verarbeitung von Typha mittels Spanplattenprozess wird empfohlen, die Herstellung von Wärmedämmplatten gegebenenfalls mit einem geeigneten, erfahrenen Produktionspartner durchzuführen.

In jedem Fall können die gewonnenen Erkenntnisse vor allem im Hinblick auf die Zerkleinerung auch für andere Produktvariationen von Typha, z.B. für die Verwendung als Einblasdämmung, behalten und noch weiter ausgebaut werden. Ein solches Produkt ist bedeutend weniger komplex, verlangt erheblich geringere Anlageninvestitionen und wäre daher aus ökonomischer Sicht ein möglicher erster Schritt für eine Marktetablierung von aus Typha hergestellten Dämmprodukten.

Demonstrationsanlage

Die Untersuchungen zur Zerkleinerung des Rohstoffs haben die Grundlage für eine wirtschaftliche Produktion von Rohrkolben-Dämmstoffen gelegt. Die Planung und Kalkulation der Großserienfertigung hat die Grenzen vor allem hinsichtlich des Finanzbedarfes für eine solche Anlage aufgezeigt.

Naporo wird den Weg beschreiten, den Dämmstoff bei einem Produktions-Partner erstellen zu lassen. Die Aufbereitung der Fasern bleibt in der Hand von Naporo. Dazu soll eine Demonstrationsanlage umgesetzt werden. Technische Herausforderungen liegen dabei vor allem in der Manipulation der neuartigen Fasern, und der Optimierung der thermischen Eigenschaften der Platte. Gängige Maschinen können dazu nicht verwendet werden. Es werden bestehende Technologien in einer neu entwickelten Anlage auf den Rohstoff abgestimmt.

Weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

Zur Umsetzung dieser Demonstrationsanlage ist weitere Forschung hinsichtlich der Eigenschaften der Fasern und der daraus hergestellten, flexiblen Dämmplatten erforderlich. In einem Forschungsprojekt soll so die schnelle Umsetzung der Dämmstoffproduktion im industriellen Maßstab begleitet werden.

Resümee hinsichtlich Projekt Ziele

Im Rahmen des Projektes konnten die technischen Eigenschaften der Rohrkolben-Dämmplatten wesentlich verbessert werden. Auch konnten durch die Labor- und Technikums-Versuche wichtige Erkenntnisse für das Produktions-Verfahren gewonnen werden. Gerade hier hat sich gezeigt, dass das Verhalten der Fasern im Großserien-Maßstab stark von den Laborbedingungen abweicht. Versuche im industriellen Maßstab sind daher dringend erforderlich.

Die gewonnenen Erkenntnisse sind Grundlage für die rasche und wirtschaftliche Umsetzung von Dämmprodukten auf Basis von Rohrkolben. Durch das Projekt ist eine marktfähige Produktion einen großen Schritt näher gekommen. Ein Schlüssel dazu ist eine Zerkleinerungs- und Vorverdichtungsanlage, die im Rahmen eines weiteren Demonstrationsprojekts umgesetzt werden soll.

Literatur-/Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

Literatur

- Graebner, P. (1919). Typha als Nutzpflanze. In P. G. al, Angewandte Botanik (S. 30 - 48). Berlin: Verlag von Gebrüder Borntraeger.
- Kokkonen, E. (2008). The impact of energy prize on selected wood products. Diplomarbeit, Betreuung: Prof. Dr. A. Teischinger. Wien: Universität für Bodenkultur.
- Pfriem, A. (2003). Untersuchungen zum Aufschluss von Holz und Einjahrespflanzen im Extruder zur Herstellung von Faserplatten unterschiedlicher Dichte , Diplomarbeit. Dresden: TU Dresden.
- Schwarzbauer, P. (2005). Long-Term Supply and Demand Projections for Wood Products in Austria until 2020 . LIGNOVISIONEN Band 10.
- Soiné, H. G. (1995). Holzwerkstoffe. Leinfelden : DRW - Verlag.
- Teischinger, A. (2007). Ressourcenverknappung in der Holzwirtschaft als Herausforderung für Technologie und Innovation. LIGNOVISIONEN Band 15.
- Woess, J. (2009). Was ist Typha und was kann es?! Wien: Institut für Holzforschung Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik Universität für Bodenkultur Wien.
- Simmerstatter, B. (2010). Eigenschaften einer Typha- und Holzspanplatte im Vergleich. Wien: Institut für Holzforschung.

Normen und Zulassungsabläufe

- CUAP (Common Understanding of Assessment Procedure), Factory-made thermal insulation material and/or acoustic insulation material made of vegetable or animal fibres. 2005 06 01
- EN 317, Spanplatten und Faserplatten - Bestimmung der Dickenquellung nach Wasserlagerung, 2005 12 01
- EN 319, Spanplatten und Faserplatten - Bestimmung der Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene, 2005 12 01
- EN 1608, Wärmedämmstoffe für das Bauwesen - Bestimmung der Zugfestigkeit in Plattenebene, 1997 02 01
- EN 12667, Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät - Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand, 2001 08 01
- EN ISO 11925-2, Prüfungen zum Brandverhalten von Baustoffen - Entzündbarkeit von Bauprodukten bei direkter Flammeneinwirkung - Teil 2: Einflammentest, 2009 03 01
- ÖNORM B 6010, Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau - Prüfmethode, 1999 01 01

Abbildungen

Abbildung 1: Zerkleinerungsanlagen

Abbildung 2: Massenanteile der einzelnen Fraktionen zweier unterschiedlicher Zerkleinerungsvarianten eines Maschinentyps desselben Rohmaterials.

Abbildung 3: Laborplattenproduktion an der Universität Hamburg. links: Mischer, Mitte: händisch gestreute und vorverdichtete Partikelmatte, rechts: Heißpresse

Abbildung 4: Prüfung von Typha-Dämmstoffplatten unter dafür adaptierten Bedingungen. links: Längszugfestigkeit, Mitte: Querszugfestigkeit, rechts: Dickenquellung nach 24 Stunden Wasserlagerung

Abbildung 5: Verteilung von Leim (grün eingefärbt) in den Laborplatten, nach dem zu diesem Zeitpunkt etablierten Verfahren. Links: Laborspäne aus Holz mit nahezu gleichmäßiger Leimverteilung; Rechts: Typha-Partikel beleimt nach demselben Verfahren mit deutlich ersichtlichen Leimagglomerationen (Pfeile).

Abbildung 6: Neu konstruiertes Beleimsystem bestehend aus einer sechseckigen Trommel mit Sichtfenster, regelbarem Antrieb (nicht sichtbar) und fein justierbarer Leimapplikation (im Vordergrund).

Abbildung 7: Versuchsdesign zur Erfassung signifikanter Einflüsse der Dichte und des Beleimgrads auf mechanisch-technologische Werkstoffeigenschaften. Die in rot, grün und blau gekennzeichneten Versuchspunkte stellen die angestrebten Versuchsbedingungen dar. Die graue Fläche repräsentiert den durch das statistische Modell abgesichert beschriebenen Versuchsraum.

Abbildung 8: Abhängigkeit der Längszugfestigkeit von der Plattendichte und dem Beleimgrad.

Abbildung 9: Abhängigkeit der Dickenquellung nach 24h Wasserlagerung von der Plattendichte [kg/m^3] und dem Beleimgrad [%]. Die blaue Fläche stellt die Bedingungen dar, unter welchen die maximale Dickenquellung von 15% unterschritten werden kann.

Abbildung 10: Darstellung der optimalen Rohstoff- und Produktparameter zur Erlangung aller definierten Grenzwerte.

Abbildung 11: Mikroskopische Aufnahmen (25-fache Vergrößerung zur besseren Visualisierung) des aufgetretenen Schimmel-Befalls nach Prüfung gemäß ÖNORM B 6010. (links = industriell gefertigte Holzfaser-Leichtplatte als Referenz, Mitte und rechts = unterschiedliche Laborplatte aus Typha-Partikel

Abbildung 12: Urkunde der B&C Privatstiftung für den Dr. Houska Anerkennungspreis 2009.

4. Anhang



Abbildung 12: Urkunde der B&C Privatstiftung für den Dr. Houska Anerkennungspreis 2009.