

FDBI / Forschungsgemeinschaft Deutsche

Braunkohlen-Industrie e. V.

Name der AiF-Forschungsvereinigung (FV)

Aktenzeichen der FV

Beschreibung zum Forschungsantrag

1. Forschungsthema

Nutzung montanwachshaltiger Additive zur Herstellung von Holzwerkstoffen auf Basis von alternativen Rohstoffen

Kurztitel: Wachshaltige Additive II

2. Wissenschaftliche Relevanz für KMU

2.1. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Ziel des Vorhabens sind (a) die Entwicklung von Montanwachs basierten Hydrophobierungsmitteln und (b) die Entwicklung von lignocellulosen Faserwerkstoffen (MDF; Dämmstoffe) aus bis zu 100 % alternativen Rohstoffen. Unter alternativen Rohstoffen seien Laubhölzer, natürliche Bindemittel und BIKO-Fasern verstanden. Das Vorhaben baut auf den Ergebnissen des IGF-Projekts „Wachshaltige Additive“ (IGF 17040 BR) /Bonigut und Krug 2015/ auf, in dem nachgewiesen wurde, dass:

- bei vollständiger Substituierung klassischer Paraffinwachsdispersionen durch Montanwachse entsprechend additivierte lignocellulose Faserwerkstoffe (MDF, Holzfaserdämmstoffe) aus Nadelholz mit vergleichbaren mechanischen und hygrischen Eigenschaften hergestellt werden können.
- über ein breites Spektrum von Klebstoff- sowie Additivdosierungen montanwachshaltige Dispersionen die Dicken- und Kantenquellung nach Wasserlagerung bei der Verwendung von Kiefernholz als Faserrohstoff gegenüber Paraffinemulsionen herabsetzen.
- im Vergleich zur Verwendung klassischer Paraffinemulsionen die Feststoffanteile sowohl des Bindemittels als auch des Hydrophobierungsmittels reduziert werden können. Damit wird der Einsatz von Montanwachsen als Additiv zur Hydrophobierung wirtschaftlich attraktiv.
- die Eigenschaften Querkzugfestigkeit (Güte der Verklebungsqualität), Ausgleichsfeuchte sowie Rohdichte der mit Montanwachsen additivierten Holzfaserverwerkstoffe mit denen klassischer Holzfaserverwerkstoffe vergleichbar sind.
- die Zugabe von montanwachshaltigen Additiven während der Blowline-Beleimung die Querkzugfestigkeit im Vergleich zu MDF mit gleichem Feststoffanteil von Standard-Hydrophobierungsmitteln erhöht.

Dies spricht für eine Verstärkung der Verklebungsqualität durch die Montanwachse.

Abgeleitet aus IGF 17040 BR /Bonigut und Krug 2015/ und den aktuellen Herausforderungen der Holzwerkstoffindustrie werden im geplanten Vorhaben folgende Fragestellungen verfolgt:

- Untersuchung der Wechselwirkung von montanwachshaltigen Additiven mit alternativen Klebstoffsystemen wie pMDI, emissionsärmeren UF-Harzen (Molverhältnis U:F 1:≤0,8), Biko-Fasern oder natürlichen Bindemitteln (Weizenprotein).

UF-Harz-Klebstoffe stehen immer stärker in der Kritik. Das als Vernetzer verwendete Formaldehyd ist als krebserregend eingestuft; Formaldehydemissionen aus dem Werkstoff und während der Herstellung unterliegen niedrigen Grenzwerten. Um diese Grenzwerte dauerhaft einzuhalten, werden alternative Klebstoffsysteme eingesetzt. Deren Zusammenwirken mit den montanwachshaltigen Dispersionen nicht bekannt ist. Neben pMDI und MUF werden natürliche Klebstoffe auf Proteinbasis untersucht, die sich prinzipiell als Bindemittel für Holzwerkstoffe eignen /Weber und Krug 2005/, jedoch noch unzureichenden Eigenschaften bei Feuchteeinwirkung erreichen. Durch die Kombination mit Montanwachs könnten diese Defizite behoben werden.

- Untersuchungen zum Einsatz von Laubholz und der Verträglichkeit von montanwachshaltigen Dispersionen als Alternative (Substitut) zum klassischen Nadelholz.

Traditionell wird für die Holzwerkstoffherstellung in Europa vor allem Nadelholz, bei MDF speziell Kiefer und Fichte eingesetzt. Aufgrund des ökologischen Waldumbaus hin zu Mischwäldern ist in Zukunft aber mit einem höheren Laubholzaufkommen zu rechnen. Das führt dazu, dass bei der Holzwerkstoffherstellung Nadelholz teilweise oder komplett durch Laubholz ersetzt werden muss. Es ist bekannt, dass die Holzart die Werkstoffeigenschaften sehr stark beeinflussen. So wirkt sich Buchenholz nachteilig auf die Quell- und Schwindeigenschaften von MDF aus /Krug und Mäbert 2007/, während die Querkzugfestigkeit positiv beeinflusst wird. Gründe dafür liegen in den Unterschieden zwischen dem anatomischen und chemischen Aufbau der verschiedenen Holzarten. Ein verminderter pH-Wert beschleunigt die Aushärtung der meisten Kondensationsharzklebstoffe. Das kann zu Voraushärtung und somit zu Klebwirkungsverlust führen. Der hohe pH-Wert der Montanwachs-Dispersionen kann dem entgegen wirken /Bonigut und Krug 2015/.

- Systematische Untersuchung zur Reduktion des Klebstoffeinsatzes durch die Verwendung von montanwachshaltigen Dispersionen mit unterschiedlicher Zusammensetzung.

Ein verringerter Klebstoffeinsatz wirkt sich sowohl auf die Emissionen aus dem Material als auch auf die Produktionskosten bei der Holzwerkstoffherstellung aus. Aufbauend auf den Erkenntnissen zur klebunterstützenden Wirkung von Montanwachs bei Nadelholz wird systematisch untersucht werden, wie stark der Klebstoffanteil reduziert werden kann, ohne eine signifikante Änderung der Eigenschaften der erzeugten Holzwerkstoffe hervorzurufen. Die Produktionskosten können verringert werden, wenn die Verringerung der benötigten Klebstoffmenge die Kosten für das neue Hydrophobierungsmittel übersteigen.

- Untersuchung zum Energieeinsparungspotenzial bei der Holzwerkstoffherstellung durch den Einsatz von Montanwachs-Dispersionen.

Es besteht die Möglichkeit sowohl thermische als auch elektrische Energie bei der Trocknung einzusparen. Durch die Reduktion der eingesetzten Klebstoffmenge aufgrund der klebunterstützenden Wirkung des Montanwachses, wird auch der Wassereintrag vermindert. Dadurch kann Energie bei der späteren Trocknung gespart werden.

Die Erweichungstemperatur von Laubholz ist niedriger als die von Nadelholz /Asplund 1940/. Wird also Laubholz für die Herstellung von Faserplatten verwendet, kann thermische Energie gespart werden, wenn die Temperatur im Kocher der Zerfaserungseinheit verringert wird. Wird die Temperatur im Vergleich zur Zerfaserung von Nadelholz nicht verringert, kann elektrische Energie aufgrund der weiter fortgeschrittenen Erweichung der Holzstruktur, und der daraus resultierend geringeren benötigten Mahlenergie während des Defibrilierungsprozesses, gespart werden.

Im Jahr 2016 wurden in Europa ca. 55 Mio. m³ Holzpartikelwerkstoffe hergestellt /EPF 2016/. Außer Holz und Bindemittel finden zur Herstellung dieser Werkstoffe verschiedene Additive zur Funktionalisierung Anwendung. Eines der wichtigsten ist das Hydrophobierungsmittel. Eine alternative regionale Quelle für Hydrophobierungsmittel zu ermitteln, kann zu einem Wettbewerbsvorteil für die regionalen Holzwerkstoffhersteller führen. In früheren Vorhaben wurden bereits alternative Hydrophobierungsmittel, wie Tallharz, Bitumendispersion und Kugeldistelöl als Hydrophobierungsmittel untersucht /Tobisch et al. 2005/, allerdings konnte mit keinem der genannten Additive eine mit Paraffin-Dispersion vergleichbare Hydrophobierung erzielt werden. Wie die Ergebnisse von IGF 17040 BR /Bonigut und Krug 2015/ gezeigt haben, ist Montanwachs hingegen sehr gut zur Hydrophobierung von UF-Harz gebundenen MDF aus Kiefernholz geeignet. Die Eignung von Montanwachs-Dispersionen zur Hydrophobierung von MDF und Holzfaserdämmstoffen mit alternativen Holzarten und Klebstoffen wird in diesem Projekt untersucht.

2.2. Wirtschaftliche Bedeutung der angestrebten Forschungsergebnisse für KMU

2.2.1. Innovationspotenzial für einen oder mehrere Wirtschaftszweige

Mit den angestrebten Ergebnissen des Vorhabens – (a) neuartigen partikelbasierten lignocellulosen Werkstoffen auf vorwiegend Laubholzbasis mit (b) Montanwachs basierten Additiven zur Funktionalisierung (Hydrophobierung, Emissionsreduzierung bezüglich HCHO und VOC), (c) der Technologie zur Synthese der Additive, (d) der Materialrezeptur und (e) der Technologie zur Applikation der Additive sowie der (f) Adaption des Prozessablaufs – besteht ein hohes Applikationspotential in folgenden Wirtschaftszweigen:

(Braun)Kohlebergbau	Neue Märkte für die Anwendung von Montanwachsen
Chemische Industrie	neuartige multifunktionale Additive für die Holzwerkstoffindustrie (hydrophob,

	emissionsmindernd, klebstoffunterstützend)
Holz verarbeitende Industrie	Know-how (Rezepturen, Technologie) zur Anwendung neuartiger Additive für lignocellulose partikelbasierte Werkstoffe und Produkte auf Laubholzbasis Ressourcenschonende und energieeinsparende Technologie
Baugewerbe	Innovative Verfahren/Produkte (Dämmstoffe, Wärmedämmverbundsysteme) auf Holzbasis, feuchtbeständige Materialien für Bauprodukte aus Holz
Möbelindustrie/ Innenausbau	Neuartige Materialien (feuchtebeständig, emissionsarm) für die Möbelindustrie und den Innenausbau (Feuchtraumgestaltung)
Fahrzeugbau	Know-how und Materialien für neuartige lignocellulose Materialien im hochwertigen Innenverkleidungen
Holz-/Forstwirtschaft	Neue Nutzungsstrategien für Laubholz, Produktdiversifizierung

Die Entwicklung des Know-hows zur Rezeptur, Eigenschaften und Wechselwirkung der wachshaltigen Additive führte zu Erkenntnisfortschritt bezüglich des Einflusses der Materialzusammensetzung der Additive und der holzbasierten Werkstoffe sowie der Struktur-Eigenschaftsbeziehungen für diese neuartigen Materialien. Die Vorhabenergebnisse führen deshalb zum Erkenntnisfortschritt in den Fachgebieten:

Chemie und chemische Verfahren	Formulierung und Synthese neuartiger Additive für die Funktionalisierung von HWS (Hydrophobierung, Emissionsreduzierung, Klebstoffwirkung), Reaktionskinetik
Werkstoffe, Materialien	funktionale Zusammenhänge zwischen den Parametern der der Additivrezepturen, des Materialdesigns (Laubholz), der Presstechnologie beim Fügen und den mechanisch-physikalischen Eigenschaften lignocelluloser Materialien
Verfahrenstechnik	Know-how für Technologien zur Synthese und Applikation der Additive, zur Steuerung des Pressverfahrens

2.2.2. *Potenzieller Nutzerkreis vor dem Hintergrund der adressierten Zielgruppe (KMU)*

Die Nutzung der Projektergebnisse ist in den folgenden Branchen und Märkten relevant:

- **Braunkohlenbergbau:** Vermarktung eines Nebenprodukts der Braunkohlegewinnung (2 mittelständische Unternehmen)
- **Montanwachshersteller:** neuer Märkte für Montanwachse: Holzwerkstoffindustrie (6 mittelständische Unternehmen, 80 Mio. € Umsatz (2015))
- **Sägeindustrie:** neue Märkte für Laubhölzer: Holzwerkstoffindustrie (2.000 mittelständische Unternehmen, 5 Mrd. € Umsatz (2015))
- **Chemische Industrie:** neue Applikationen für Spezialprodukte (40 Bindemittel- und Additivhersteller für die Holzwerkstoffindustrie, 600 Mio. € Umsatz (2014))
- **Holzwerkstoffindustrie:** Neue, funktionalisierte Produkte auf alternativer Rohstoffbasis (Laubholz, Additive) (71 Unternehmen/Betriebe, 5,6 Mrd. € Umsatz (2015))
- **Fertigbau:** Dämmstoffsysteme auf Basis nachwachsender Rohstoffe (100 Unternehmen, 1,7 Mrd. € Umsatz (2014))
- **Möbelindustrie/Innenausbau:** Neue Materialien (feuchtebeständig, emissionsarm, leicht) (ca. 1000 mittelständische Unternehmen, davon ca. 500 handwerkliche, 16 Mrd. € Umsatz (2016))

2.2.3. Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU

Mit den Projektergebnissen werden für die Braunkohlenindustrie und die Hersteller von wachshaltigen Additiven neue Anwendungen erschlossen. Mit der hydrophobierenden und den erwarteten bindemittelunterstützenden und rohstoffreduzierenden Wirkungen können die üblichen Paraffinwaxe substituiert werden.

Für die Forstwirtschaft und die Sägeindustrie /N.N. 2015a/ erschließen sich neue Einsatzbereiche der stofflichen Verwertung von Laubholz in der Holzwerkstoffindustrie /N.N. 2015b, 2014/.

Die Holzwerkstoffindustrie erschließt sich neue Rohstoffe (Laubholz), Additive zur Funktionalisierung und emissionsarme/-freie Bindemittel als Ausgangsmaterialien. Darüber hinaus wird der Herstellungsprozess ressourcen- und energieeffizient gestaltet. Durch Einsparung von Trocknungsenergie bei der Herstellung infolge des geringeren Wassereintrags durch die Reduzierung von Klebstoff- und Additivanteil können Kosten und CO₂-Ausstoß gesenkt werden.

Mit neuen maßgeschneiderten Produkten der Holzwerkstoffindustrie können Anwender neue Produkte am Markt platzieren (Möbel/Innenausbau: neue Werkstoffe mit erhöhter Feuchteresistenz; Chemische Industrie: neue Anwendungen für Spezialprodukte).

2.2.4. Beitrag zur Entstehung neuer bzw. deutlicher Erweiterung bestehender Geschäftsfelder

Die Braunkohlenindustrie und Montanwachshersteller erschließen sich mit der Holzwerkstoffindustrie neue Märkte. Forstwirtschaft und Sägeindustrie stabilisieren ihre Absatzmärkte für Laubhölzer durch die erhöhte Nutzung in der Holzwerkstoffindustrie. Die Holzwerkstoffindustrie erweitert sowohl die Rohstoffpalette als auch die Produktpalette durch den Einsatz von Laubhölzern und preiswerten Additiven. Darüber hinaus wird für die Holzwerkstoffindustrie Know-how zum Design von Holzwerkstoffen mit funktionalisierten, emissionsarmen/-freien Bindemitteln bereitgestellt, mit denen neue Anwendungen erschlossen bzw. bestehende ausgebaut werden (Spezialprodukte: Automotive, Caravan, Schienenfahrzeugbau, Yachtbau).

2.2.5. Beitrag zur Erreichung volkswirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ziele

Das Vorhaben ist ein Beitrag zu der „Nationalen Strategien zur Biologischen Vielfalt“ /2007/, in deren Folge das flächenbezogene Laubholzpotential tendenziell zu nimmt /BWI³ 2014;N.N. 2014a; Jänisch 2016/; es werden Lösungen für die stoffliche Verwertung von Laubholz in der Holzwerkstoffindustrie bereitgestellt. Mit dem Vorhaben wird dem aktuellen Forschungsbedarf nach Gewährleistung einheitlicher Festigkeitseigenschaften und Optimierung von Klebstoffsystemen /Wehrmann und Torno 2015/ entsprochen. Der Einsatz von montanwachsbasierten Additiven kann nach Prüsmann und Meyer /2010/ dazu beitragen, den Vorrat an erdölbasierten Produkten weniger stark auszubeuten.

Eine verbesserte Ökobilanz bei der Faserplattenherstellung durch geringeren Trocknungs- und Transportaufwand ist wirtschaftlich attraktiv für die Holzwerkstoffindustrie; sie führt zur Verringerung des

CO₂-Ausstoßes und trägt zum Erreichen der Klimaziele der Bundesrepublik Deutschland bei. Die stoffliche Verwendung von Holz im Allgemeinen führt zur CO₂-Speicherung in den daraus gefertigten Produkten. Mit den Ergebnissen dieses Projektes wird die effiziente Holzverwendung gefördert. Sie tragen somit zu den in der Charta für Holz 2.0 /Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2017/ erklärten Zielen bei.

Darüber hinaus wird mit der Entwicklung emissionsarmer Holzwerkstoffe und der Verwendung alternativer, gesundheitlich unbedenklicher Additive/Bindemittel zum Arbeits- und Gesundheitsschutz beigetragen (E1, CARB, TA Luft).

3. Wissenschaftlich-technischer Ansatz

3.1. Stand der Forschung und Entwicklung

3.1.1. *Hydrophobierungsmittel in der Holzwerkstoffindustrie*

Das am meisten eingesetzte konventionelle Hydrophobierungsmittel ist Paraffin /Niemz und Wagenführ 2012/. Es verlangsamt die Wasseraufnahme bei kurzfristigem Kontakt /Dunky und Niemz 2002/. Es wird zu einem Anteil von etwa 1 % bezogen auf den Holzanteil dem Werkstoff zugegeben. Eine höhere Dosierung führt nur zu geringen Verbesserungen in der Hydrophobierungswirkung /Dunky und Niemz 2002/ und kann hingegen die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffes verringern. In IGF 17040 BR /Bonigut und Krug 2015/ konnte gezeigt werden, dass Montanwachs bereits bei geringerer Dosierung von 0,2 % die gleiche Hydrophobierungswirkung erzeugt. Außerdem wurde gezeigt, dass mit Montanwachs additivierte MDF eine höhere Querkzugfestigkeit aufweisen als mit Paraffin beaufschlagte MDF und MDF ohne Hydrophobierungsmittel. Auf die Erkenntnisse des Vorläuferprojektes wurde in Abschnitt 2.1 bereit ausführlich eingegangen.

3.1.2. *Klebstoffsysteme in der Holzwerkstoffindustrie*

In der Holzwerkstoffindustrie finden hauptsächlich Kondensationsharze Anwendung /Niemz und Wagenführ 2012/. Es handelt sich dabei um mittels Formaldehyd vernetzende duroplastische Systeme, welche durch physikalische Bindekräfte den Klebverbund zwischen den Holzpartikeln und dem Klebstoff herstellen /Dunky und Niemz 2002/. Die Klebstoffe werden im vorkondensierten Zustand geliefert. Durch Zugabe eines Härter, wie Ammoniumsulfat, wird die Kondensationsreaktion wieder in Gang gebracht. Um den Aushärtvorgang zu beschleunigen, wird Wärme und Druck zugeführt. Der Nachteil dieser Klebstoffe ist die Emission von Formaldehyd bei der Verarbeitung sowie in der Nutzungsphase der Werkstoffe. Formaldehyd ist als krebserregend eingestuft, daher ist man bestrebt den Formaldehydgehalt von Klebstoffen sowie die Formaldehydemission aus den hergestellten Produkten soweit wie möglich zu verringern bzw. komplett zu vermeiden.

Durch die Verringerung des Molverhältnisses zwischen Formaldehyd und Harnstoff im Vorkondensat kann der Formaldehydgehalt im Klebstoff und damit die Emission aus dem Produkt gesenkt werden. Damit geht jedoch eine Verringerung der Reaktivität des Klebstoffes und somit eine Verlängerung der Presszeiten einher.

Ein alternatives formaldehydfreies Bindemittel ist pMDI (Diphenylmethandiisocyanat), das mit dem im Holz und in der Luft befindlichen Wasser und den Hydroxyl-Gruppen des Holzes reagiert und dabei einen Polyharnstoff als Reaktionsprodukt bildet /Zeppenfeld und Grunwald 2005/. Die Verklebung weist eine erhöhte Feuchteresistenz im Vergleich zu UF-Harzklebstoffen auf. Auch kann auf Grund der guten Benetzungseigenschaften mit geringeren Klebstoffmengen gearbeitet werden /Zeppenfeld und Grunwald 2005/. Eine Hydrophobierung wird dennoch benötigt, um die Wasseraufnahme des Werkstoffes niedrig zu halten. Dämmstoffplatten aus Holzfasern werden mit pMDI verklebt. Für flexible Dämmstoffmatten werden Bi-komponenten-Fasern (Biko-Fasern) für das Erzeugen des Verbundes verwendet. Biko-Fasern bestehen aus einem duroplastischen Kern, der von einem Thermoplast ummantelt ist. Diese Fasern werden unter die Holzfasern gemischt und bilden beim Formprozess einen flexiblen Verbund aus. Auch auf diese Weise gebundene Dämmstoffe müssen hydrophobiert werden, um die Wasseraufnahme zu begrenzen /FNR 2016/.

Eine andere Möglichkeit zur Verringerung der Formaldehydemissionen ist die Verringerung des Formaldehydgehaltes in den Klebstoffen. Das Ziel besteht darin das Vorhandensein von freiem Formaldehyd im ausgehärteten Klebstoff zu vermeiden. Dadurch wird allerdings die Reaktionsgeschwindigkeit der entsprechenden Klebstoffe gesenkt, was zu geringeren Prozessgeschwindigkeiten führt.

Alternativen zu Formaldehydhaltigen Bindemitteln sind natürliche Bindemitteln: So zeigen lignocellulose Spanwerkstoffe mit *Zitronensäure* als Bindemittel normgerechte Eigenschaften /Widyorini et al. 2016/.. Die Klebwirkung *pflanzlicher Proteine*, insbesondere *Weizenproteine* als Bindemittel für partikelförmige Holzwerkstoffe ist mit der Klebwirkung herkömmlicher UF-Harze vergleichbar /Sirch und Weber 2002; Krug und Weber 2005; Tobisch 2008/.. Allerdings waren die Eigenschaften bei Feuchteeinwirkung (Wasseraufnahme, Dickenquellung) noch nicht ausreichend im Vergleich zu etablierten Klebstoffsystemen.

3.1.3. Einsatz von Laubholz für die Holzwerkstoff-Herstellung

Holzart und -herkunft üben einen hohen Einfluss auf die Eigenschaften des Holzverbundes aus. Bisher ist Industrienadelholz aus Fichte, Tanne und Kiefer der Hauptrohstoff für die Holzwerkstoffherstellung /Niemz und Wagenführ 2012/. In Zukunft ist jedoch damit zu rechnen, dass deutlich höhere Anteile von alternativen Rohstoffen für die Faser- und Spanplattenproduktion herangezogen werden müssen. Aufgrund des geforderten Waldumbaus /Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und

Reaktorsicherheit (BMUB) 2007/ ist von einem erhöhten Laubholzaufkommen auszugehen. Dieses wird bereits jetzt anteilig eingesetzt, muss in Zukunft jedoch in deutlich höheren Anteilen verarbeitet werden. Denn immer noch wird das verfügbare Laubholzaufkommen nicht adäquat genutzt /Berthold 2011/. Laubholz unterscheidet sich nicht nur in der Anatomie (Faserlängen, Gewebearten) sondern auch in der chemische Zusammensetzung (Anteile Lignin, Zellulose, Hemicellulose, pH-Werte, Extraktstoffe) /Kollmann 1982/ von Nadelholz. Das führt auch zu Unterschieden im erzeugten Faserstoff. Buchenfaserstoff weist bei gleichen Aufschlussbedingungen deutlich mehr Feinanteil auf als Kiefernfasern. Wenderdel et al. /2013/ haben gezeigt, dass Buchenfasern bei gleichem Aufschlussgrad eine niedrigere Rauheit aufweisen als Kiefernfasern. Das kann zu einem niedrigerem Additivverbrauch führen, da die zu benetzende spezifische Oberfläche geringer ist. Zur Verwendung von Laubhölzern für die Partikelwerkstoffherstellung gab es bereits einige Arbeiten. Dabei wurde u. a. gezeigt, dass Buchen-MDF im Vergleich zu Kiefern-MDF eine höhere Querkzugfestigkeit aber eine niedrigere Biegefestigkeit aufweisen /Krug und Mäbert 2007/, was auf die Faserstoff-Zusammensetzung und die Faser-Morphologie /Wenderdel et al. 2013/ zurückzuführen ist. Darüber hinaus beeinflussen Art und Anteil von Holzinhaltstoffen die Eigenschaften der Holzwerkstoffe /Roffael und Kraft 2009/. Vorversuche im IHD haben gezeigt, dass die Dickenquellung von aus Buche-MDF durch Zugabe von Montanwachs der von Kiefer-MDF angeglichen werden kann, während die Kantenquellung der Buchen-MDF durch die Zugabe von Montanwachs keine Verringerung aufweist (siehe Abbildung 1). Es wird vermutet, dass die Morphologie der Buchenfasern das unterschiedliche hygrische Verhalten begründet. Im geplanten Vorhaben werden dieses Phänomen und andere Besonderheiten von Laubholz (Holzinhaltstoffe) in Wechselwirkung mit Montanwachs untersucht.

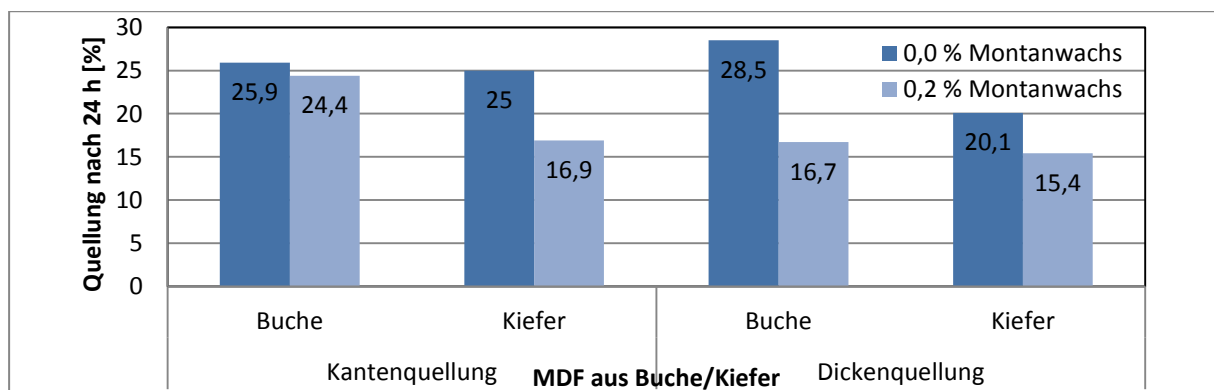


Abbildung 1: Kanten- und Dickenquellung von MDF aus Buche und Kiefer in Abhängigkeit des Montanwachsanteils

3.1.4. Energieverbrauch bei der Holzwerkstoffherstellung

Die Zerkleinerung stellt einen der energieintensivsten Schritte bei der Herstellung von Faserplatten dar /Roll 2010/. Bereits 1940 publizierte Asplund die wesentliche Abhängigkeit des Energiebedarfs bei der Zerkleinerung des Holzes von der Holzart. Dabei stellte er fest, dass der Kraftbedarf für die Defibrierung von Holz mit zunehmender Zerkleinerungstemperatur aufgrund der Plastifizierung der Mittlamelle

zwischen den Zellen sinkt, insbesondere im Bereich von 155 °C bei Laubhölzern und 170 °C bei Nadelhölzern. Im Ergebnis können die Fasern nach thermischer Plastifizierung mit einem stark reduzierten Aufwand an elektrischer Energie aus dem Faserverbund des Holzes herausgelöst werden. Asplund /1940/ hat auch gezeigt, dass die benötigte Zerfaserungsenergie bei Laubholz geringer ist als bei Nadelholz. Ein erhöhter Laubholzanteil kann also zu verringertem Stromverbrauch bei der Zerfaserung führen.

Die Trocknung des Faserstoffes nach der Zerfaserung und Beleimung ist ebenfalls sehr energieintensiv. Rivela et al. /2007/ haben berechnet, dass etwa 50 % des gesamten thermischen Energieverbrauchs bei der MDF-Herstellung für die Trocknung aufgewendet wird. Durch die Zugabe von Wasser als Lösungsmittel bzw. kontinuierliche Phase der Klebstoffe und Additive wird die benötigte Trocknungsenergie erhöht. Im Vorläuferprojekt wurde gezeigt, dass sich mit einer geringen Menge Montanwachsdispersion bereits eine ausreichende Hydrophobierungswirkung einstellt. Außerdem wurde gezeigt, dass der Klebstoffeinsatz bei Zugabe von Montanwachs verringert werden kann. Daraus folgt eine Verringerung des Wassereintrages in den Faserstoff. Zu untersuchen bleibt:

3.2. Forschungsfragen

- Wie verhalten sich Montanwachsdispersionen im Zusammenhang mit pMDI und Biko-Fasern bei der Herstellung von MDF und Holzfaserdämmstoffen?
- Können aufgrund der klebunterstützenden Wirkung der Montanwachse die Presszeiten bei Verwendung von formaldehydreduzierten UF-Harzen bei der MDF-Herstellung gesenkt werden?
- Ermöglicht die klebunterstützende und hydrophobierende Wirkung von Montanwachs im Zusammenwirken mit Weizen-Protein-Klebstoff die Erzeugung von MDF mit normgerechten Eigenschaften?
- Bis zu welchem Anteil kann Laubholz bei Einsatz von Montanwachsen das übliche Nadelholz substituieren, ohne dass die Eigenschaften der Holzfaserwerkstoffe beeinträchtigt werden? Angestrebt wird ein 100 %-er Laubholzanteil
- Wie hoch ist die durch die Verwendung von Laubholz eingesparte elektrische Energie bei der Zerfaserung im Vergleich zur Zerfaserung von Nadelholz?
- Führt eine Verringerung der Additiv- und der Klebstoffzugabe zu einer signifikanten Verringerung des Wassereintrages in das Faserstoffgemisch und somit zur Minderung des Trocknungsaufwandes und damit des Verbrauchs an thermischer Energie?

3.3. Arbeitshypothese

1. Die klebunterstützende Wirkung der Montanwachse erhöht die hygrischen Eigenschaften (Kanten-, Dickenquellung, Wasseraufnahme) und die mechanischen Eigenschaften (Querzugfestigkeit, Biegefestigkeit, Druckfestigkeit) von aus Laubhölzern hergestellten Faserplatten und Dämmstoffen.

2. Durch die Zugabe von montanwachshaltigen Additiven ist es möglich, bei Verwendung von natürlichen Klebstoffen mit guter Klebwirkung, die feuchtespezifischen Eigenschaften der daraus hergestellten Holzwerkstoffen auf das Niveau von Holzwerkstoffen mit konventionellen Klebstoffen anzuheben.
3. Die klebunterstützende Wirkung des Montanwachses ermöglicht eine Verringerung der Presszeiten bei der Verwendung von UF-Harzen mit sehr niedrigem Molverhältnis, da eine Anfangsfestigkeit durch das Montanwachs gewährleistet wird.
4. Montanwachsendadditive können in Zusammenhang mit jedem in der Holzwerkstoffherstellung üblichen Klebstoff angewendet werden. Das Montanwachs trägt dazu bei, die Zugabemenge des Klebstoffes zu verringern. Dabei gilt, je besser die Verteilung des Montanwachses auf der Partikeloberfläche, desto höher ist die Klebstoffeinsparung.
5. Durch die Verwendung von Montanwachs und den damit einhergehenden Effekten, wie Klebstoffeinsparung und erhöhter möglicher Laubholzeinsatz, kann Zerfaserungs- und Trocknungsenergie eingespart werden kann.

4. Lösungsweg

4.1. Bearbeitungsschritte und Personaleinsatz

AP 1 Aufstellen der Rohstoffbasis

Beginn:	01.07.2018	PM:	A	B	C	D	E	F
Ende:	31.10.2018		1,1	0,5	0,5	0	1	1

AP 1.1 *Holzauswahl*

Das für die Herstellung der verschiedenen Holzwerkstoffe benötigte Holz wird ausgewählt, charakterisiert und für die Werkstoffherstellung aufbereitet. Die Charakterisierung beinhaltet die Bestimmung von Feuchte und Rohdichte sowie die Begutachtung hinsichtlich Pilzbefalls. Die Aufbereitung beinhaltet das Entrinden, das Hacken und das Sieben der Hackschnitzel. In der folgenden Tabelle 1 sind die Holzarten gelistet, die in diesem Projekt betrachtet werden.

Tabelle 1: Auswahl der Faserrohstoffe

Rohstoff	Bemerkung
Kiefer	Standard Rohstoff in der Faserplattenherstellung
Fichte	Standard Rohstoff in der Dämmstoffherstellung
Buche	Steigender Bestand in deutschen Wäldern; bereits in MDF eingesetzt; noch kein Einsatz bei Dämmstoffen
Pappel	In Plantagen (KUP) erzeugbar; liefert mit Kiefer vergleichbare Platteneigenschaften /Krug et al. 2008/; in kleinen Mengen in MDF eingesetzt; nicht eingesetzt in Dämmstoffen

AP 1.2 *Auswahl der Hydrophobierungsmittel*

Unter Variation der Zusammensetzung und des Herstellungsprozesses werden verschiedene Dispersionen erzeugt. Als Dispergieraggregate kommen ein Rotationsdispergierer (Ultra-Torrax) und ein

Hochdruckhomogenisator (HD) zum Einsatz, um möglichst niedrige Teilchengrößen zu erzeugen. Als Referenz wird eine in der Holzwerkstoffherstellung übliche Paraffindispersion verwendet (Tabelle 2).

Tabelle 2: Auswahl der Wachsdispersionen Referenz – MW: Montanwachs; UT: Ultra-Turrax; HD: Hochdruckhomogenisator; FSG: Feststoffgehalt

Name	Beschreibung
MW-01	MW mit Paraffin (Standard); UT-Herstellung
MW-02	MW mit Paraffin; HD-Herstellung
MW-03	MW mit Paraffin; erhöhter FSG; HD-Herstellung
Referenz	Dispersion mit synthetischem Paraffin

AP 1.3 **Auswahl der Bindemittel**

Zur Herstellung der Holzwerkstoffe sollen industrieübliche Klebstoffsysteme (UF-Harze, pMDI und Biko-Fasern) sowie natürliche Bindemittel (Weizenprotein) Einsatz finden. Zur Untersuchung der Reduzierung der Formaldehydemissionen soll ein UF-Harz mit sehr niedrigem Formaldehydanteil angewendet werden. Dafür wird ein UF-Harz mit einem Molverhältnis (Harnstoff zu Formaldehyd) von 0,8 speziell hergestellt. In Tabelle 3 sind die bereitzustellenden Bindemittel aufgelistet.

Tabelle 3: Auswahl der Bindemittel

Name	Beschreibung	Verwendung
Standard UF	MV: 1,0; FSG: 60 %;	MDF
UF 0,8	MV: 0,8; FSG: ~60 %	MDF
pMDI	FSG: 100 %	MDF; Dämmstoff
BIKO Fasern	2-komponenten Fasern; thermoplastisches Bindemittel für Dämmstoffe	Dämmstoff
Weizenprotein	Modifiziertes Gluten FSG: 100%	MDF

AP 2 **Herstellung von MDF mit Montanwachs**

Beginn:	01.09.2018	PM:	A	B	C	D	E	F
Ende:	31.08.2019		2,75	0,5	2	0	3,5	2,5

In diesem Arbeitspaket werden MDF im Heißpressverfahren hergestellt. Dabei werden sowohl die Rohstoffe als auch die Technologie variiert. Die Faserplatten werden anschließend charakterisiert (AP 4) um funktionale Zusammenhänge aufstellen zu können. Die generellen Herstellungsparameter sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4: Herstellungsparameter für Labor-MDF

Parameter Zerfaserung	Werte
Kocherdruck/-temperatur	6 – 9 bar/ 160 – 175 °C
Verweilzeit	5 min
Mahlspalt	0,15 mm
Parameter Plattenherstellung	Werte
Plattendicke	12 mm
Plattenformat	440 x 460 mm
Plattenaufbau	einschichtig
Zielrohddichte	700 kg/m ³

AP 2.1 **Zugabestelle im Herstellungsprozess**

Zunächst wird die Zugabestelle der Montanwachsdispersion im Zerfaserungsprozess untersucht. Betrachtet werden die Zugabe im Mahlspalt und die Zugabe in der Blowline. Dabei wird als

Hydrophobierungsmittel die im Vorläuferprojekt am besten bewertete Dispersion verwendet. Bewertungskriterien sind hier eine gleichmäßige Verteilung des Wachses auf den Fasern und die Hydrophobierungswirkung.

AP 2.2 *Variation der Holzartenanteile*

Im Anschluss an AP 2.1 werden Faserplatten unter Variation der Holzart hergestellt. Es werden drei der in AP 1 genannten Holzarten verwendet (Kiefer, Buche, Pappel). Alle Holzarten werden zunächst zu 100 % eingesetzt, anschließend werden Holzartengemische der Laubhölzer mit Kiefer zu verschiedenen Anteilen erzeugt (Tabelle 5). Dabei wird als Hydrophobierungsmittel der im Vorläuferprojekt am besten bewerteten Dispersion verwendet. Die erzeugten Faserplatten werden anschließend hinsichtlich Festigkeitseigenschaften und hygrischen Eigenschaften charakterisiert und bewertet.

Tabelle 5: Versuchsübersicht zur Variation der Holzarten – Anteile der Holzarten in Prozent

Variante	Kiefer	Buche	Pappel
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	75	25	0
5	75	0	25
6	50	50	0
7	50	0	50

AP 2.3 *Variation der Additive und Anteile*

Mit verschiedenen Faserstoffen werden Faserplatten unter Variation sowohl des Bindemitteltyps und –anteils als auch der Additive vorgenommen. Die Auswahl der Faserstoffe findet anhand der Ergebnisse der Versuche aus AP 2.2 statt. Dabei werden maximal drei Faserstoffe für die weiterführenden Untersuchungen ausgewählt. Es werden zunächst Platten mit industrievergleichbaren Bindemittelanteilen hergestellt, um dann systematisch die Anteile zu verringern. In Tabelle 6 sind die Versuche für die Plattenherstellung mit variierten Additiven und Bindemitteln aufgelistet.

Tabelle 6: Versuchsübersicht Variation von Bindemittel und Additiv

Variante	UF (12 %)	UF 0,8 (12 %)	pMDI (5 %)	Protein (15 %)	MW-01	MW-02	MW-03	Referenz
					0,2 %			
1	+	-	-		+	-	-	-
2	-	+	-		+	-	-	-
3	-	-	+		+	-	-	-
4	-	-	-	+	+	-	-	-
5	+	-	-	-	-	+	-	-
6	+	-	-	-	-	-	+	-
7	+	-	-	-	-	-	-	+

Tabelle 7 zeigt die Varianten für die Betrachtung des Bindemittelanteils.

Tabelle 7: Versuchsübersicht Variation Bindemittelanteil

Variante	UF 0,8	pMDI	Protein
8	8 %		
9	6 %		

10		4 %	
11		2 %	
12			12 %
13			8 %

AP 3 Herstellung von Dämmstoffen mit Montanwachs

Beginn:	01.07.2019	PM:	A	B	C	D	E	F
Ende:	30.06.2020		3,75	0	2,5	0	3	2,4

Im Labor werden Holzfaserdämmstoffe nach dem Dampfdurchströmungsverfahren hergestellt. Wie bei den MDF werden Holzart, Additiv und Bindemittel variiert. Die Zugabe der Bindemittel und Additive wird im Blender erfolgen. In Tabelle 8 sind die generellen Herstellungsparameter aufgelistet.

Tabelle 8: Herstellungsparameter für Dämmstoffe im Labor

Parameter Zerkleinerung	Werte
Kocherdruck/-temperatur	6 – 9 bar/ 160 – 175 °C
Verweilzeit	5 min
Mahlspalt	0,6 mm
Parameter Dämmstoffherstellung	Werte
Plattendicke	150 mm
Plattenformat	500 x 500 mm
Plattenaufbau	einschichtig
Zielrohddichte	150 kg/m ³

AP 3.1 Variation der Holzartenanteile

Tabelle 9: Dämmstoffvarianten mit unterschiedlichen Holzanteilen

Variante	Fichte	Buche
1	100 %	0 %
2	0 %	100 %
3	75 %	25 %
4	50 %	50 %

AP 3.2 Variation der Additive und deren Anteile

Tabelle 10: Dämmstoffe mit Variation der Montanwachsdispersion und dessen Anteil

Variante	MW-01	MW-02	MW-03	Referenz
1	0,5 %			
2		0,5 %		
3			0,5 %	
4				0,5 %
5		0,2 %		
6		1 %		

AP 3.3 Variation des Bindemittels und der Anteile

Tabelle 11: Dämmstoffvarianten mit verschiedenen Bindemitteln und Anteilen

Variante	Biko-Faser	pMDI
1	10 %	
2	6 %	
3		5 %
4		3 %

AP 4 Charakterisierung und Ergebnisbewertung

Beginn:	01.10.2018	PM:	A	B	C	D	E	F
Ende:	31.08.2020		4,5	2	5	1,75	3	1

AP 4.1 *Partikelanalyse*

Um möglichst großen Informationsgewinn sicher zu stellen, werden die verwendeten Partikel analysiert. Es werden zum einen morphologische Parameter, wie die Größenverteilung, bestimmt. Zum anderen werden physikalische und chemische Eigenschaften, wie Additivverteilung und pH-Wert ermittelt.

Partikelgrößenverteilung	⇒	Camsizer
Additivverteilung	⇒	Auflicht- und Lasermikroskopie
Oberflächenspannung	⇒	Tensiometer
pH-Wert	⇒	Elektrode

AP 4.2 *Analyse der Dispersionen*

Bevor die Additive verwendet werden können, werden sie analysiert. Das dient zum einen der Einschätzung der Verarbeitbarkeit und zum anderen sollen damit mögliche Einflüsse der Additiveigenschaften, wie Viskosität oder pH-Wert auf die Holzwerkstoffeigenschaften ermittelt werden können.

Rheologie	⇒	Brookfield-Digital-Viskosimeter
Feststoffgehalt	⇒	Moisture-Analyzer MA 30
pH-Wert	⇒	Mikroprozessor pH-Meter
Stabilität	⇒	Teilchengrößenverteilung
Rheologie	⇒	Zentrifugieren / Standversuch
		Brookfield-Digital-Viskosimeter

AP 4.3 *Charakterisierung der MDF*

a) *Physikalisch*

Tabelle 12: Zu Untersuchenden physikalische Eigenschaften an den erzeugten MDF

Eigenschaft	Norm
Rohdichte	EN 323
Querzugfestigkeit	EN 319
Biege-E-Modul und –festigkeit	EN 310
Dickenquellung	EN 317
Wasseraufnahme	i.A. EN 317
Kantenquellung	EN 13329
Dimensionsänderung bei Änderung der rel. LF	EN 318

b) *Chemisch*

Tabelle 13: Zu untersuchende chemische Eigenschaften an der erzeugten MDF

Eigenschaft	Norm
Emissionen	DIN EN ISO 12460-3
VOC	prEN 16516

AP 4.4 *Charakterisierung der Dämmstoffe*

a) *Physikalisch*

Tabelle 14: Zu untersuchende physikalische Dämmstoffeigenschaften

Eigenschaft	Norm
Rohdichte	EN 1602
Querzugfestigkeit	EN 1607
Wasseraufnahme	EN 1609
Wärmedurchlasswiderstand/Wärmeleitfähigkeit	EN 12939 / EN 12667
Verhalten bei Druckbeanspruchung	DIN EN 826

b) *Chemisch*

Tabelle 15: Zu untersuchende chemischen Dämmstoffeigenschaften

Eigenschaft	Norm
Emissionen	DIN EN ISO 12460-3
VOC	prEN 16516

AP 5 Energieeinsparung bei Zerfaserung und Trocknung

Beginn:	01.07.2020	PM:	A	B	C	D	E	F
Ende:	31.10.2020		1,5	0	1	0	0,5	0,5

Durch die Verringerung der Klebstoff- und Additivzugabe wird, vor allem bei der Verwendung von UF- und MUF-Harzen, auch der Eintrag von Wasser in das Stoffgemisch verringert. Ein geringerer Wassereintrag führt zu einem niedrigeren Trocknungsbedarf. Die Verringerung des Energiebedarfs soll in diesem AP abgeschätzt werden. Während der Faserstoff- und Plattenherstellung werden die Maschinen- und Trocknerleistungen aufgezeichnet und ausgewertet. Verglichen werden MDF mit industrieeüblichen Anteilen von Klebstoffen und Additiven mit MDF mit optimierten verringerten Anteilen.

Tabelle 16: Varianten für die Bestimmung des spezifischen Energieverbrauchs

Variante	Beschreibung
1	Hinsichtlich Laubholz- und Klebstoffanteil optimierte Variante
2	Industrieübliche Variante

AP 6 Dokumentation und Ergebnistransfer

Beginn:	01.12.2018	PM:	A	B	C	D	E	F
Ende:	31.12.2020		3,1	1	0,75	0	0	0

Dieses AP dient der Dokumentation der Versuche sowie der Verfassung der Zwischenberichte und des Abschlussberichts. Außerdem werden Veröffentlichungen in Form von Vorträgen und Zeitschriftenartikeln vorbereitet.

5. Umsetzbarkeit und Transfer der Ergebnisse

5.1. Aussagen zur voraussichtlichen industriellen Umsetzung der FuE-Ergebnisse nach Projektende

5.1.1. Wirtschaftliche/technische Erfolgsaussichten für eine zeitnahe industrielle Umsetzung nach Projektende (mit Zeithorizont)

Mit der Formulierung und dem Eignungsnachweis der Montanwachs-Dispersion zur Hydrophobierung mit bindemittelunterstützender und erwarteter emissionsreduzierender Wirkung für neuartige Holzpartikelwerkstoffe auf Laubholzbasis wird Know-how bereitgestellt für die Entwicklung von Rezepturen der Montanwachse, das Werkstoffdesign der Holzwerkstoffe und für Prozessschritte der Herstellung von Holzwerkstoffen (Additivapplikation, Pressregime, Trocknung). Da Montanwachse technisch für andere Produkte genutzt werden, ist die Übertragung der Vorhabensergebnisse in die industrielle Nutzung der Holzwerkstoffindustrie prinzipiell möglich.

Im Einzelnen können die Erfolgsaussichten wie folgt spezifiziert werden:

Branche	Effekte	Maßnahmen	Zeithorizont
Chemische Industrie	Rezepturen für Montanwachs-Dispersionen Rezepturen für alternative Bindemittel	Material-/Technologie- und Produktentwicklung im Rahmen öffentlich geförderten Projekten und Industrieforschung	1 .. 2 Jahre für Produkte 1 .. 3 Jahre für Technologien
Holzwerkstoff-industrie	Entwicklung neuartiger Werkstoffkonzepte auf Laubholzbasis Anpassung der Technologie an neue Additive und Holzarten Erhöhung der Wertschöpfung durch neue Veredelungsverfahren	Material-, Produkt- und Technologieentwicklung im Rahmen öffentlich geförderter Projekte und Industrieforschung	1 ... 5 Jahre in Abhängigkeit von der Anwendung und den Zielmärkten
Holzwirtschaft	Erweiterung der Einsatzbereiche für einheimische Laubhölzer	Erweiterung der Märkte (Holzwerkstoffindustrie) für stoffliche Verwertung von Laubholz	Sofort nach Projektende
Möbelbau	Biobasierte Materialkonzepte für z.B. Kastenmöbel, Möbelfronten, Paneele, Türen, Verkleidungen, Leisten für Feuchträume	Materialentwicklung im Rahmen öffentlich geförderten Projekten Produktentwicklung im Rahmen von Industrieforschung	1 .. 2 Jahre für Produktentwicklung 3 ... 5 Jahre für Markteinstieg
Innenausbau	Materialkonzepte für z.B. Türzargen, Parkettzubehör, Boden-, Decken- und Wandelemente, Feuchtraumausbau	Materialentwicklung im Rahmen öffentlich geförderten Projekten Produktentwicklung im Rahmen von Industrieforschung	1 .. 2 Jahre für Produktentwicklung 3 ... 5 Jahre für Markteinstieg
Fahrzeugbau	Biobasierte und hybride Materialien für Innenverkleidungen (z.B. Türverkleidungen, Armaturenteile)	Erweiterung der Materialkonzepte Materialentwicklung und Auslegung der Produkte	3 ... 5 Jahre
Bauwesen	Neue Dämmstoffkonzepte auf lignocellulöser Basis	Materialentwicklung im Rahmen öffentlich geförderten Projekten Produktentwicklung im Rahmen von Industrieforschung	1 .. 2 Jahre für Produktentwicklung 3 ... 5 Jahre für Markteinstieg

5.1.2. *Einschätzung der Finanzierbarkeit einer anschließenden industriellen Umsetzung*

Die Finanzierbarkeit einer anschließenden industriellen Umsetzung ist von der Wirkung der Montanwachs-Dispersionen, der anknüpfenden Formulierung der Holzpartikelwerkstoffe auf Laubholzbasis und der Herstellung der Holzwerkstoffe abhängig. Prinzipiell wird davon ausgegangen, dass kein zusätzlicher Investitionsbedarf für die Formulierung und Herstellung der Montanwachse und die Holzwerkstoffherstellung notwendig ist. Sowohl die Hersteller der Additive als auch der Holzwerkstoffe können auf bestehende Technologien zurückgreifen.

Für eine industrielle Umsetzung der Vorhabensergebnisse sind folgende Maßnahmen notwendig:

- Adaption der Synthesetechnologien für die Formulierung der Montanwachsdispersionen und
- Adaption der Aufschluss- und der Presstechnologien für Holzpartikelwerkstoffe auf Laubholzbasis mit ggfs. veränderten Pressparametern (Temperatur, Zeit, Druck).

Die wirtschaftliche Attraktivität setzt sich unmittelbar fort im KMU-dominierten Bereich der Anwender (Innenausbau, Möbel, Bauwesen, etc.). Hier kann mit der vorhandenen Anlagentechnik die Verarbeitung der Holzwerkstoffe erfolgen.

5.1.3. *Konkreter Nutzen (unmittelbar oder mittelbar) der Unternehmen, insbesondere der KMU, nach erfolgter Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse*

Der unmittelbare Nutzen ergibt sich aus dem Know-how zur Formulierung von Montanwachs-Dispersionen, zur Applikation von alternativen Bindemitteln, zum Design von partikelbasierten Holzwerkstoffen auf Laubholzbasis und zur Prozesstechnologie (Holzaufschluss, Beileimung und Additivierung, Trocknung, Pressverfahren).

Die Anwendung der Montanwachse, von Laubholz und alternativen Bindemitteln in der industriellen Fertigung von Holzpartikelwerkstoffen sollte prinzipiell mit der vorhandenen Technologie möglich sein. Es wird erwartet, dass entsprechende Adaptionen der technologischen Parameter unmittelbar möglich sind. Der Nachweis der Eignung großtechnisch hergestellter Produkte sollte im Rahmen des Know-how-Transfers und im Rahmen von Produktentwicklungen konkret und in Zusammenarbeit mit potentiellen Produzenten und auch Nutzern erfolgen.

5.2. Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

5.2.1. Geplante spezifische Transfermaßnahmen während der Projektlaufzeit

Maßnahme	Ziel	Ort/Rahme	Datum/ Zeitraum
Beratung des projektbegleitenden Ausschusses	Vorstellung Projekt / Diskussion zu den geplanten Arbeiten /zu Zwischenergebnisse / Bewertung der Endergebnisse / Diskussion zu Transfermaßnahmen	FDBI IHD	4 PbA-Treffen
Fachveranstaltungen	Umfassende Verbreitung der Ergebnisse und Austausch mit Anwendern	Holzwerkstoffkolloquium des IHD, Dresden European Wood Based Panel Symposium, Hannover Holz Innovativ, Rosenheim	12/2019 2019 2018
Veröffentlichungen	Umfassende Verbreitung der Ergebnisse	Veröffentlichung der Ergebnisse in Fachzeitschriften wie beispielsweise: Holztechnologie Holzforschung	In der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit
Demonstration	Demonstratoren für die Formulierung und Synthese von Montanwachs-Dispersionen, Laubholz basierte HWS, Technologien zur Applikation der Montanwachse und Bindemittel	Demonstration der Materialeigenschaften Demonstration der Synthese Demonstration der HWS-Herstellung Anwenderschulungen	Voraussichtlich in der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit
Austausch mit Anwendern	Know-how-Transfer in Unternehmen	Zusammenfassende Darstellung der Forschungsergebnisse Verbreitung durch die Verbände Beratung von Unternehmen	Während der der Projektlaufzeit
Transfer in die Industrie durch Verbände; Einbeziehung von Multiplikatoren	Ergebnisvorstellung und -transfer in branchenübergreifenden Kompetenznetzwerken und Industrieverbänden Sicherung der allgemeinen Zugänglichkeit von Projektinformationen und -ergebnissen	FDBI Verband der Holzwerkstoffindustrie e. V. (VHI) LignoSax Arbeitskreis Holzwerkstoffe	Voraussichtlich in der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit
Messen	Ergebnisvorstellung auf internationalen Messen	ZOW LIGNAPlus	2019 2019
Internet	Bekanntmachung der Forschungsergebnisse durch Kurzberichte Zugang zu Forschungsberichten	Veröffentlichung der Ergebnisse mittels der Internetauftritte von: FDBI IHD	In der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit bzw. nach Projektende
Übernahme der Ergebnisse in die Lehre	Vermittlung der Ergebnisse direkt an Studierende in der theoretischen und praktischen Ausbildung	Vorlesungen / Seminare und Praktika, Bachelor-, Master- und Diplomarbeiten Fachbereich Holztechnik der Berufsakademie Sachsen, Fachhochschule Eberswalde, Technische Universität Dresden.	In der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit bzw. nach Projektende
Berichterstattung	Zusammenstellung d. Forschungsergebnisse	Abschlussbericht FuE-Bericht für TIB Hannover	Zum Projektabschluss

5.2.2. Geplante spezifische Transfermaßnahmen nach Abschluss des Vorhabens

Maßnahme	Ziel	Ort/Rahmen	Datum/ Zeitraum
Präsentationen	Vorstellung d. Projektes	Jahresbericht IHD	2020
Konsultationen mit Anwendern	Vorstellung d. Ergebnisse u. Beratung über weiterführende Entwicklungsarbeiten	Hersteller von Montanwachsen Hersteller von Klebstoffen Hersteller von Holzwerkstoffen	Laufend ab dem ersten Jahr Ende des Projekts
Auftragsforschung und Beratung	Weiternutzung der Versuchseinrichtungen für die industrielle Beratung bei praktischen Problemstellungen	Weitergabe des erworbenen Wissens / weiterführende Untersuchungen mit den Versuchseinrichtungen, Beratung Beratung, Dienstleistung und Prüfung im Bereich Herstellung von Holzwerkstoffen	Laufend ab dem ersten Jahr Ende des Projekts
Aufbau eines Demonstrationszentrums für Holzwerkstoffe	Bereitstellung von Expertise und technischer Infrastruktur für Unternehmen zu begleiten Untersuchungen der Prozess- und Materialentwicklung der Holzwerkstoffindustrie und ihrer Zulieferer	Technikum des IHD: Partikelherstellung, -aufbereitung und -trocknung, Partikelanalysen Bindemitteltestung und -analysen Prozessanalysen, Technologieoptimierung Fremdüberwachung/CE-Kennzeichnung Prüfung normativer Eigenschaften	Laufend ab dem ersten Jahr Ende des Projekts
Normenarbeit	Berücksichtigung der Ergebnisse bei Erstellung und Überarbeitung von Normen und technischen Regelwerken	NA 042-02-15 AA (Holzwerkstoffe) CEN/TC112 und ISO/TC89 (Wood based panels) NA 005-04 FBR und NA 005-04-01 AA (Holzbau) CEN/TC112/WG9 (Solid Wood Panels)	Laufend ab Projektende
Veröffentlichungen	Umfassende Verbreitung der Ergebnisse	Veröffentlichung der Ergebnisse in Fachzeitschriften wie beispielsweise: European Journal of Wood and Wood Products, Intl. Journal of Wood Products	Laufend nach Projektende

6. Durchführende Forschungsstelle

Name und Anschrift der Forschungsstelle IHD - Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH
Zellescher Weg 24
01217 Dresden

Leiter der Forschungsstelle Prof. Dr. rer. nat. Steffen Tobisch

Projektleiter Dr. rer. nat. Detlef Krug

7. Literaturverzeichnis

- Asplund, A. (1940): Die Defibrator-Methode und ihre Anwendungsgebiete. In: *Wochenblatt für Papierfabrikation* 49, S. 590–610.
- Bonigut, J.; Krug, Detlef (2015): Entwicklung multifunktionaler wachshaltiger Additive für Holzwerkstoffe. Abschlussbericht. Hg. v. Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH. Dresden. Projektträger AiF. FKZ 17040 BR.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (Hg.) (2017): Klima schützen. Werte schaffen. Ressourcen effizient nutzen. Charta für Holz 2.0. Bonn, zuletzt geprüft am 08.05.2017.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hg.) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. 4. Aufl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Berlin, zuletzt geprüft am 03.05.2017.
- Dunky, M.; Niemz, P. (2002): Holzwerkstoffe und Leime: Springer.
- EPF (Hg.) (2016): Annual report 2015 - 2016. EPF. Venice, Italy.
- FNR (Hg.) (2016): Marktübersicht. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). Gülzow-Prüzen.
- Kollmann, F. (1982): Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag (1).
- Krug, Detlef; Mäbert, M. (2007): MDF-Basisarbeit. Laubholz als Rohstoffalternative für Faserplatten im IHD-Test. In: *MDF - Magazin*, S. 80–85.
- Krug, Detlef; Mäbert, M.; Tobisch, S. (2008): Verwendung von Laubholz als Rohstoffalternative zur MDF-Herstellung. Abschlussbericht. Hg. v. IHD. Dresden. Projektträger BMWA; EURONORM. FKZ IW 050353.
- Krug, Detlef; Weber, A. (2005): Untersuchungen zum Einsatz von alternativen Bindemitteln, insbesondere auf Basis pflanzlicher Proteine, zur Herstellung ein- und mehrlagiger Massivholzplatten. Abschlussbericht. Hg. v. IHD. Dresden. Projektträger EuroNorm. FKZ 35/02.
- Niemz, Peter; Wagenführ, André (2012): Werkstoffe aus Holz. In: André Wagenführ und Frieder Scholz (Hg.): Taschenbuch der Holztechnik. 2., aktualisierte Auflage. München: Hanser Verlag.
- Prüsmann, M.; Meyer, G. (2010): Small wax particles - The key to efficient Hydrophobizing. In: EPF (Hg.): 7th European Wood-Based Panel Symposium. European Wood-Based Panel Symposium. Hannover, 13.-15. Oktober 2010. EPF; WKI (European Wood-based Panel Symposium).
- Rivela, Beatriz; Moreira, Ma Teresa; Feijoo, Gumersindo (2007): Life cycle inventory of medium density fibreboard. In: *Int J Life Cycle Assess* 12 3, S. 143–150. DOI: 10.1065/lca2006.12.290.
- Roffael, E.; Kraft, R. (2009): Extraktstoffgehalt beeinflusst Holzwerkstoffqualität. Reaktivität der Extrakte gegenüber Formaldehyd für die Formaldehydemission der Platten mitbestimmend. In: *Holz-Zentralblatt*, S. 855.
- Roll, H. (2010): Optimierung des Faseraufschlusses im Refiner - Teil 1. Energierrelevante Aspekte der Refinerscheibentechnologie bei der MDF-Herstellung unter Berücksichtigung der Faserqualität. In: *Holzzentralblatt* 16, S. 423–424.
- Sirch, H. J.; Weber, A. (2002): Entwicklung alternativer Bindemittel auf der Basis nachwachsender Rohstoffe, insbesondere Proteine, für die Verklebung von Holzwerkstoffen und Vollholz. Abschlussbericht. Hg. v. IHD. Dresden. Projektträger BMWi. FKZ 402/00.
- Tobisch, S. (2008): Entwicklung und Applikation alternativer Bindemittel. Abschlussbericht. Hg. v. IHD. Dresden. Projektträger BMWA. FKZ FKZ KF0038603UL5.

Tobisch, S.; Dube, H.; Lilie, B. (2005): Minimierung der Dickenquellung und der Emissionen von OSB. Abschlussbericht. Hg. v. IHD. Dresden. Projektträger BMWi.

Weber, A.; Krug, Detlef (2005): Proteine als Klebstoffalternative für Massivholzplatten. In: Messe Erfurt (Hg.): 5. Internationales Symposium "Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen". naro.tech. Erfurt, 1. - 2. September 2005.

Wenderdel, Christoph; Hesse, E.; Krug, Detlef; Hänsel, A.; Niemz, P. (2013): Influence of surface roughness of wood fibres on properties of medium density fibreboards. In: Universität Brasov (Hg.): Wood Science and Engineering in the third Millennium. Proceedings of ICWSE 2013. Brasov, 07. - 09.11.2013. 2 Bände.

Widyorini, Ragil; Umemura, Kenji; Isnan, Ramadhanu; Putra, Dian Rahma; Awaludin, Ali; Prayitno, Tibertius Agus (2016): Manufacture and properties of citric acid-bonded particleboard made from bamboo materials. In: *Eur. J. Wood Prod* 74 1, S. 57–65. DOI: 10.1007/s00107-015-0967-0.

Zeppenfeld, Günter; Grunwald, Dirk (2005): Klebstoffe in der Holz- und Möbelindustrie. 2., überarb. und erw. Aufl. Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verl.

Dresden, 26.10.2017

Prof. Dr. rer. nat. Steffen Tobisch

Institutsleiter und Geschäftsführer

Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH