

**INVESTITIONEN ZUR VERMINDERUNG VON UMWELTBELASTUNGEN
PROGRAMM DES BUNDESMINISTERS FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ
UND REAKTORSICHERHEIT**

Umweltbereich

Luftreinhaltung/Schadstoffwirkungen

Abschlussbericht

Az.: K II e 1 – 001283

Vorhaben Nr. 20091

Titel

**Trockenbeimung als umweltschonendes Verfahren für die Herstellung von
Holzfaserplatten – Kurztitel „Trockenleim“**

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Klaus Kirchhoff

Antragsteller

EGGER Holzwerkstoffe Brilon
GmbH & Co. KG
Im Kissen 19
59929 Brilon

Geschäftsführer:

Dipl. Oec. Martin Ansorge, Dipl.-Ing. Rüdiger Börnke, Dipl. Kfm. Karl-Detlef Kubitz

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES
(und der KfW)

Datum der Erstellung

16.11.2009

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen: K II e 1 – 001283	Vorhaben-Nr.: 20091
Titel des Berichts: Trockenbeleimung als umweltschonendes Verfahren für die Herstellung von Holzfaserplatten	
Autor(en); Name(n), Vorname(n) Dipl.-Ing. (FH) Kirchhoff, Klaus	Vorhabenbeginn: 11.05.2004
	Vorhabenende (Abschlussdatum): 31.08.2005
Durchführende Institution (Name, Anschrift) EGGER Holzwerkstoffe Brilon GmbH & Co. KG Im Kissen 19 59929 Brilon	Veröffentlichungsdatum: 16.11.2009
	Seitenzahl: 45
Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau	
Zusätzliche Angaben	
Kurzfassung Das Verfahren zur Trockenbeleimung wurde erstmals in großtechnischem Maßstab umgesetzt. Die erreichten Werte belegen das große Potential zur Reduzierung von Formaldehydemissionen und zur Reduzierung des Bindemittleinsatzes sowie zur Energie- und Abwassereinsparung im Vergleich zu den am Markt verfügbaren Systemen zur Beleimung von Holzfasern in Verbindung mit Abluftreinigungssystemen für die Faserplattenproduktion.	
Schlagwörter Trockenbeleimung, Beleimung, Faserplatte, MDF, HDF, Blow-Line, Trocknung, Formaldehyd	
Anzahl der gelieferten Berichte (Papierform): 10 (Diskette):	Sonstige Medien:

Report-Specifications

File number: K II e 1 – 001283	Report No.: 20091
Report Title: Dry gluing as an environmentally friendly procedure for the production of wood fibre-boards	
Author; Family Name, First Name Dipl.-Ing. (FH) Kirchhoff, Klaus	Report Date: 11.05.2004
	Report end: 31.08.2005
Performing Organisation (Name, Address) EGGER Holzwerkstoffe Brilon GmbH & Co. KG Im Kissen 19 59929 Brilon	Publication Date: 16.11.2009
	No. Of Pages: 45
Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau	
Supplementary Notes	
Abstract The dry gluing process has been implemented on a large scale for the first time. The achieved values verify the potential for the reduction of formaldehyde emission, the saving of resources due to a reduced application of binders as well as the saving of energy and the incurred wastewater as opposed to exhaust gas purification plants currently on the market with which comparable emission values are achieved.	
Keywords Dry gluing, Gluing, Fibreboard, MDF, HDF, Blow-Line, Drying, Formaldehyde	
No. of Documents (Paper): 10 (Disk):	Other:

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung
2. Einleitung
 - 2.1 Ausgangssituation
 - 2.2 Ziel und Aufgabenstellung
3. Konventionelles Verfahren/ Anlage/ Produkt
 - 3.1 Verfahrensablauf/ Anlagentechnik
 - 3.2 Einsatzstoffe
 - 3.3 Umweltauswirkungen
4. Innovatives Verfahren/Anlage/ Produkt
 - 4.1 Planung
 - 4.2 Behördliche Anforderungen
 - 4.3 Verfahrensablauf Trockenbeleimung
 - 4.4 Technische Lösung
 - 4.5 Zu erwartendes Ergebnis
5. Durchgeführte Untersuchungen und erzielte Ergebnisse
 - 5.1 Arbeitsplan und –schritte
 - 5.2 Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage/ Verfahren
 - 5.3 Erfassung und Dokumentation der Betriebsdaten
 - 5.4 Messprogramm
6. Auswertung und Evaluierung des Vorhabens
 - 6.1 Umweltentlastung durch den innovativen Prozess
 - 6.2 Wirtschaftliche Betrachtung
7. Empfehlungen
 - 7.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung
 - 7.2 Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/ Anlage/ Produkt
8. Zusammenfassung
9. Literatur
10. Anhang

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen, Abkürzungen

1. Kurzfassung

Bei der konventionellen Herstellung von MDF- und HDF- Platten werden große Mengen Bindemittel eingesetzt, die zu erhöhten Formaldehyd-Emissionen sowohl bei der Herstellung als auch – allerdings in wesentlich geringerem Umfang - bei der Nutzung des Produkts führen.

Bei der bisherigen konventionellen Nassbeimung (Blow-Line-Beimung) werden nasse Holzfasern mit einem deutlichen Leimüberschuss beimt. Während des Trocknungsprozesses härtet ein Teil des Leims aufgrund hoher Temperaturen im Fasertrockner (ca. 200°C) bereits in diesem aus. Diese nicht erwünschte Voraushärtung ist Ursache für einen erhöhten Leimverbrauch und unerwünschte Formaldehydfreisetzung. Typische Faserplatten-Produkte sind Massenprodukte wie Laminatfußböden, Möbelteile, Dekorationsplatten, Holzbauteile etc... Mit der Einführung und Verbreitung der pneumatischen Trockenbeimung sinken der Leimverbrauch und die Formaldehyd-Emissionen.

Ziel des Vorhabens war somit die Verringerung negativer Umweltauswirkungen bei der Herstellung von Mitteldichten und Hochdichten Holzfaserverplatten (MDF bzw. HDF) unter Beibehaltung oder sogar Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Holzwerkstoffindustrie am Wirtschaftsstandort Deutschland. Dieses sollte in erster Linie durch eine deutliche Reduktion der Formaldehydemissionen und durch eine Einsparung an Bindemitteln (Leim) erreicht werden. Zusätzliche Nebeneffekte sollten sich durch eine Verringerung des Abwassers aus der Abluftreinigung des Fasertrockners und einem geringeren Wärmeenergiebedarf bei der Fasertrocknung einstellen, da der Leimeintrag bei der Trockenbeimung erst im Anschluss an die Fasertrocknung erfolgt.

Dazu musste der Herstellungsprozess von MDF- und HDF- Platten durch die Integration der sog. pneumatischen Trockenbeimung in eine bestehende Faserplatten-Produktionsanlage grundlegend verändert werden.

Bei der in diesem Projekt versuchsweise erfolgten großtechnischen Umsetzung ist eine Reduzierung der absoluten Formaldehydemissionen bis zu 78 % und des Bindemittelsatzes um 10 % erreicht worden. In Versuchschargen mit hochreaktiven Leimen wurde ein Einsparpotential von ca. 30 % nachgewiesen.

Neben diesen ökologischen und ökonomischen Vorteilen ist in diesem Projekt erstmals die grundsätzliche Machbarkeit des Verfahrens für die betriebliche Produktion im großtechnischen Maßstab erfolgreich demonstriert worden. Damit sind grundlegende Voraussetzungen erfüllt, um das Verfahren der pneumatischen Trockenbeimung in der Holzwerkstoffindustrie weiter entwickeln und verbreiten zu können. Weiterer Entwicklungsbedarf besteht insbesondere dann, wenn die Beimung der Fasern störungsfrei zu 100% mit der Trockenbeimung durchgeführt werden soll.

Aktuell erfolgt die Beimung der Holzfasern überwiegend im Mischbetrieb, d. h. ein Teil des Leims wird über die Blow-Line (Nassbeimung), und der andere über die Trockenbeimung zugegeben.

1. Abstract

Large quantities of binders are employed in the conventional blow-line manufacturing of MDF and HDF wood fibreboards, which leads to the emission of formaldehyde both during production and – admittedly to a considerably lesser extent – during the utilisation of the product.

In the Blow-Line process the wet wooden fibres that are waiting to be dried must be glued using a considerable surplus of resin because the glue particles tend to pre-harden during the fibre drying process due to the high temperatures prevailing in the fibre dryer (ca. 200°C). This pre-hardening process is the cause of the undesirable release of formaldehyde. Typical fibreboard products include, for example, laminate flooring, furniture parts, decorative panels, wooden components etc. and consequently mass products. The favourable impact on the environment as a result of the introduction and diffusion of the dry gluing procedure in the timber processing branch is accordingly high.

The target of this project is a considerable reduction or prevention of environmental pollution of the manufacturing of MDF or HDF wood fibre-boards, whilst retaining or even improving the competitive position of the timber processing industry in the business location, Germany. This is to be attained by means of a considerable reduction of the formaldehyde emission and a saving of binders (glue). Additional beneficial impacts will be a reduction of the incurred wastewater from the purification of the exhaust air from the fibre dryer and a lower heat energy requirement for the drying of the fibres because the glue, which absorbs additional heat and hence releases formaldehyde during the conventional process, will be omitted.

To achieve this purpose, the manufacturing process for MDF and HDF fibreboards has been radically modified in an existing fibreboard production plant by means of integration of a so-called pneumatic dry gluing process.

In this innovative procedure the hitherto conventional gluing of the wet fibres prior to drying is replaced by a gluing of fibres that have been previously dried. In this way a significant reduction of formaldehyde emission and application of binders will be achieved in comparison with the conventional procedure.

In the large technical plant erected in the course of this project, a reduction of the absolute formaldehyde emission by 78 % and a reduction of the binder employed by 10 % have been safely achieved. The saving potential of ca. 30 % was verified during pilot batches using highly reactive glues.

Besides these ecological and economical benefits of pneumatic dry gluing, the basic feasibility of this process for large scale operational manufacturing has been demonstrated successfully for the first time by this project. Hence the basic prerequisites have been met to permit the process of pneumatic dry gluing to expand further within the timber processing industry. However, further development is still needed before it can be claimed that the gluing of the fibres can be carried entirely by means of dry gluing.

2. Einleitung

2.1 Ausgangssituation

Faserplatten bestehen aus Holzfasern, die durch thermomechanische Zerfaserung von Holzhackschnitzeln erzeugt werden. Die erzeugten Fasern werden im feuchten Zustand beleimt und dann erst getrocknet. Anschließend werden die beleimten und getrockneten Fasern über Formmaschinen zu einem Vlies gestreut und unter Hitzeeinwirkung zu plattenförmigen Werkstoffen verpresst.

Das allgemein in der Holzwerkstoffindustrie eingesetzte Verfahren zur Beleimung von Fasern ist verbesserungswürdig, da durch den sich der Beleimung anschließenden Trocknungsprozess Leimanteile angetrocknet und unbrauchbar werden. Die verfahrenstechnisch notwendige Überdosierung mit Leim führt zu einer Steigerung der Emissionen an Formaldehyd und verursacht zusätzlich unerwünschte Mehrkosten. Die Höhe der Formaldehydemissionen hängt in erster Linie von der Menge und der Beschaffenheit der eingesetzten Leime ab.

Der Grenzwert und weitere umweltrechtliche Rahmenbedingungen der Faserplattenproduktion werden durch die TA Luft vorgegeben. In der TA Luft 2002 ist unter Ziffer 5.2.5 der Grenzwert für Organische Stoffe der Klasse I mit 20 mg/m^3 angegeben. Unter den speziellen Anlagenregelungen, Ziffer 5.4.6.3, sind im Gegensatz zur Vorgängerversion TA Luft 1986 jedoch die unter Ziffer 5.2.5 genannten organischen Stoffe der Klasse I nicht mehr ausgenommen, so dass dieser Grenzwert direkt zum Tragen kommt. Sofern die unter Ziffer 5.4.6.3 genannten Trockner im Umluftbetrieb betrieben werden, dürfen die Emissionen die als Grenzwert festgelegte Massenkonzentration überschreiten, wenn dabei der genehmigte stündliche Massenstrom unterschritten wird, der bei Einhaltung der Massenkonzentration ohne Umluftbetrieb erreicht würde.

Der in Brilon installierte Fasertrockner hat einen zugeführten Luftvolumenstrom von $492.000 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einem 50 %-igen Umluftvolumenstrom von $246.000 \text{ m}^3/\text{h}$, so dass der genehmigte Abluftvolumenstrom $246.000 \text{ m}^3/\text{h}$ beträgt. Der genehmigte Massenstrom für Formaldehyd beträgt $492.000 \text{ m}^3/\text{h} \times 20 \text{ mg/m}^3 = 9,84 \text{ kg/h}$. Bei Ausschöpfung dieses genehmigten Massenstroms ergibt sich die Massenkonzentration und damit der korrigierte Grenzwert bei $246.000 \text{ m}^3/\text{h}$ Abluftvolumenstrom zu: $9,84 \text{ kg/h} / 246.000 \text{ m}^3/\text{h} = 40 \text{ mg/m}^3$.

Bis zum Projektbeginn wurde am Standort Brilon ausschließlich die "Blow-Line"-Beleimung angewendet. Dabei findet die Beleimung der feuchten Holzfasern durch Eindüsen eines Melamin-

Formaldehyd-Harzes ("Leim") in die so genannte Blow-Line statt. Die Blow-Line ist eine Rohrleitung, über die das Faser-Leim-Gemisch in den Fasertrockner gelangt, in dem die Trocknung erfolgt.

Zur Trocknung des nassen Faser-Leim-Gemisches beträgt die Trocknereintrittstemperatur bis zu 200°C. Bei dieser Temperatur tritt eine teilweise Voraushärtung des Leims auf, was mit einer erheblichen Freisetzung von Formaldehyd über die Trocknerabluft einhergeht. Um die zur Plattenherstellung notwendige wirksame Leimmenge auch nach der Trocknung zur Verfügung zu haben, wird mit einem um bis zu ca. 40 % überhöhten Bindemittelanteil gearbeitet. Je nach Produkt werden insgesamt etwa 130-140 kg Leim als Festharz (200-215 kg Flüssigleim) pro Kubikmeter Produkt Faserplatte, deren spezifisches Gewicht zwischen 800 und 950 kg/m³ liegt, eingesetzt. Die sich aus dieser Überdosierung ergebende Formaldehydbelastung in der Abluft lag während der ersten Jahre nach der Inbetriebnahme der Faserplattenanlage nach dem Nasswäscher im Mittel bei ca. 50-60 mg/m³ – und damit deutlich über dem Grenzwert der TA Luft von 40 mg/m³ (bei 50 % Umluftanteil).

Somit war eine gesicherte Einhaltung des (korrigierten) Emissionsgrenzwertes ohne Abluftreinigungstechnik nicht möglich. Nach unserer Kenntnis sind auch alle übrigen Faserplattenanlagen, die mit Blow-Line-Beleimung und ähnlichen Leimflotten sowie ohne Abluftreinigungstechnik betrieben werden, nicht in der Lage, den Emissionsgrenzwert gem. Ziffer 5.2.5 Kl. I bzw. gem. Ziffer 5.4.6.3 TA Luft gesichert einzuhalten. Mit verbesserter Anlagentechnik, wie z. B. einer optimierten Stopfschnecke kann in erster Linie die Trocknerleistung erhöht werden. Die gesicherte Einhaltung des Formaldehyd-Emissionsgrenzwertes war allein mit anlagentechnischen Optimierungsmaßnahmen nicht möglich.



Abb. 1: EGGER Holzwerkstoffe am Standort Brilon vor Beginn der Maßnahme

Die Faserplattenanlage in Brilon wurde mit einem zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme neuartigen Abluftwäscher ausgerüstet. Mit diesem Waschverfahren wurde das Ziel verfolgt, Formaldehydemissionen möglichst weitgehend zu vermeiden. Die Praxis zeigte jedoch, dass die tatsächliche Abscheideleistung des damals neu eingeführten Waschverfahrens in Bezug auf die Komponente Formaldehyd viel geringer war als erwartet. Die grundsätzlich hohe Löslichkeit von Formaldehyd in Wasser führte in Bezug auf den Wäscher nicht zu der erwarteten hohen Formaldehyd-Abscheidung.

Aus diesem Grunde wurde vom StUA Lippstadt, der damaligen Genehmigungsbehörde, mit Änderungsbescheid vom 06. Mai 1999 eine befristete Änderung der Beschaffenheit und Betriebsweise der Faserplattenanlage genehmigt. Danach durften die Formaldehyd-Emissionen des direkt beheizten Fasertrockners bis zur Inbetriebnahme eines damals geplanten Biofilters 50 mg/m³ nicht überschreiten.

Das StUA Lippstadt hatte damit dem Wunsch der Firma Egger entsprochen, den Emissionsgrenzwert während der Versuche zur Optimierung der Abscheideleistung des Wäschers und bis zur erfolgten Nachrüstung einer biologischen Nachreinigungsstufe auf 50 mg Formaldehyd / m³ festzusetzen.

In der Folgezeit hatte sich die Fa. Egger bemüht, die Abscheideleistung des Wäschers in Bezug auf Formaldehyd durch Zugabe von Formaldehydfängern zu verbessern. Tatsächlich sind die

Formaldehyd-Emissionen produktabhängig und Schwankungen unterworfen. Diskontinuierlich durchgeführte Emissionsmessungen belegen jedoch, dass die Formaldehyd-Emissionen bei bestimmten Produkten trotz optimierter Abscheideleistung im Bereich des Grenzwertes lagen.

Deshalb führte die Fa. Egger im Jahr 2000 Verhandlungen mit Anbietern von Biofilter-Anlagen und war grundsätzlich bereit, derartige Anlagentechnik in Auftrag zu geben. Die Nachrüstung der Biofilter-Anlage hätte zur Außerbetriebnahme des Abluftwäschers und zu einer deutlichen Erhöhung des Abluftvolumenstroms geführt, weil bei derartigen Anlagenkonzeptionen üblicherweise kein Umluftbetrieb praktiziert wird.

Die Nachrüstung eines Biofilters erschien seinerzeit wegen der vergleichsweise geringen positiven Auswirkungen auf die Immissionssituation und der hohen Investitionskosten nicht angemessen. Außerdem lag keine ausreichende Betriebserfahrung mit dieser neuartigen Technologie vor. Der zur damaligen Zeit im Egger-Werk Wismar installierte Biofilter lief zudem nicht störungsfrei.

Um den TA Luft-Grenzwert bei kontinuierlicher Emissionsüberwachung sicher einzuhalten, sind zwar Installationen wie z. B. Bio-Abluftwäscher, chemische Filter und dgl. zur Reinigung der Faserrocknerabluft denkbar bzw. sind bei jüngeren Anlagen von den jeweiligen Genehmigungsbehörden vorgeschrieben worden. Nachteil dieser Abluftreinigungstechnik ist jedoch der große Energieverbrauch, resultierend aus den benötigten Antriebsleistungen für Ventilatoren. Außerdem muss erzeugtes Abwasser zum Teil aufwendig gereinigt werden. Zu hohe Anschaffungs- und Betriebskosten werfen zudem die Frage der Verhältnismäßigkeit einer nachträglichen behördlichen Anordnung zur Installation von aufwendigen Reinigungstechniken auf.

Alternativ war vorstellbar, dass die Trockenbeimung von Holzfasern im Anschluss an den Trocknungsvorgang möglich wird. Dazu waren im Jahr 2000 entsprechende Versuche zur Beimung von getrockneten Holzfasern für die Faserplattenproduktion im Egger-Werk Bevern geplant. Mit der Trockenbeimung war die Erwartung verbunden, den Leimverbrauch drastisch senken zu können und die Formaldehyd-Problematik zu lösen.

Bis zur Nachrüstung eines geeigneten Emissionsminderungsverfahrens zur Einhaltung der Grenzwerte wurde der Fa. EGGER eine behördliche Ausnahmegenehmigung erteilt, den Grenzwert der TA Luft überschreiten zu dürfen. Der zeitlich befristete Emissionsgrenzwert, der wiederholt verlängert wurde, betrug 50 mg/m³.

Umfangreiche Literatur- und Patentrecherchen sowie Gespräche mit Anlagenbauern und Betreibern zeigten, dass weltweit seit vielen Jahren an der Entwicklung von Verfahren zur Trockenbeimung und damit zur Reduktion der Formaldehydbelastung bei der Faser Trocknung bei gleichzeitiger Leimersparnis gearbeitet wird oder wurde. Alle Recherchen ließen erkennen, dass im Hinblick auf das geforderte Qualitätsniveau großtechnisch anwendbare und technologisch machbare Ansätze zur vollständigen Trockenbeimung von Fasern bisher fehlten.

Neben dem Blow-Line Verfahren werden in wenigen Fällen (in Deutschland durch Fa. Kronospan, Standort Lampertswalde) auch diskontinuierliche mechanische Trockenbeimungsverfahren angewendet, die jedoch nur in Verbindung mit dem Blow-Line Verfahren betrieben werden können. Diese sind nicht in der Lage, eine gleichmäßige Beimung ohne Agglomeratbildung zu gewährleisten. Deshalb wird dort nur ein Teilstrom innerhalb einer geschlossenen Kammer beimt, der anschließend wieder mit den zu ca. 60% im Blow-Line Verfahren beimten Fasern zusammengeführt wird. Nur so wird insgesamt eine für die Weiterverarbeitung ausreichende Beimungsqualität erreicht und die Bildung von Leimflecken, Leimklumpen etc., die typische Erscheinungsformen einer teilmechanischen Faserbeimung sind, im Produkt weitgehend vermieden. Der erzielbare Effekt der Emissionsverminderung und Bindemiteleinparung ist somit deutlich geringer als der, der von einer reinen pneumatischen Trockenbeimung zu erwarten ist. Der Anteil dieser teilmechanischen Faserbeimung an der Produktion von Faserplatten beträgt nach Auskunft des Anlagenherstellers, Fa. Imal, Italien, ca. 0,4 Mio. Kubikmeter, entsprechend 13 % an der deutschen Gesamtproduktion in 2003 (3,36 Mio. m³/anno, Quelle: EPF-Report 2003).

Das Verfahren der pneumatischen Trockenbeimung verfolgt hier einen völlig neuen, viel versprechenden Ansatz, der gegenüber dem bisher bekannten Stand der Technik einen deutlichen technologischen Vorsprung hat.

2.2 Ziel und Aufgabenstellung

Ziel des Vorhabens war die deutliche Verringerung negativer Umweltauswirkungen bei der Herstellung von Mitteldichten und Hochdichten Holzfaserplatten (MDF bzw. HDF). Die Produktqualität der Faserplatten durfte sich dabei keinesfalls verschlechtern. Vielmehr war eine Qualitätsverbesserung angestrebt. Außerdem war beabsichtigt, die Produktionskosten deutlich zu senken, um die Wettbewerbsfähigkeit der Holzwerkstoffindustrie am Standort Deutschland nachhaltig zu stärken.

Im Vordergrund des Projektes standen die beiden Ziele *Senkung der Formaldehydemission* und *Einsparung von Bindemittel (Leim)*. Im Vergleich zur konventionellen Beleimungstechnik wurde angestrebt, die Formaldehydemission um mindestens zwei Drittel zu senken und die gleiche Faserplattenqualität mit dem Einsatz von etwa einem Drittel weniger Leim zu erreichen. Zusätzliche begleitende Umweltentlastungseffekte wurden zum einen erwartet durch einen verminderten Bedarf an Wärmeenergie bei der Fasertrocknung. Zum anderen wurde mit weniger Abwasser aus dem Abluftwäscher gerechnet, da während der Fasertrocknung der unbeleimten Fasern deutlich weniger Formaldehyd freigesetzt wird und die Ausschleusungsrate von Wasser aus dem Wäscher verringert werden kann.

Die oben genannten Ziele sollten durch eine grundlegende Veränderung des Herstellungsverfahrens von Mitteldichten und Hochdichten Holzfaserplatten erreicht werden. Insbesondere betraf dies den Prozessschritt der Beleimung der Holzfasern. Hauptaufgabe dieses Projektes sollte daher sein, eine neuartige Holzfaser-Beleimungsanlage im großtechnischen Maßstab in eine bestehende Faserplatten-Produktionsanlage zu integrieren und in Betrieb zu nehmen. Die grundlegenden FuE- Arbeiten zu diesem Verfahren sind bereits in einem Vorgängerprojekt abgeschlossen worden. Dabei handelte es sich um die Entwicklung einer deutlich kleineren Pilotanlage der Firma EGGGER am Standort Bevern, die bereits nach dem neuartigen Prinzip der Beleimungstechnik "pneumatische Trockenbeleimung" arbeitet und im Rahmen eines FuE-Projektes durch das BMBF gefördert wurde (Titel: *Beleimung von getrockneten Holzfasern zur Herstellung von Mitteldichten Faserplatten (MDF) und Faserformteilen*; Förderkennzeichen: 01 RV9814).

Bei dem neuartigen Verfahren wird die bisher übliche Beleimung von noch feuchten Fasern durch eine Beleimung von bereits getrockneten und pneumatisch transportierten Fasern ersetzt (daher der Begriff „pneumatische Trockenbeleimung“). Dabei soll die Beleimung der Fasern im Vergleich zur konventionellen „Blow-Line-Beleimung“ wesentlich kontrollierter und gezielter

erfolgen, so dass nur noch in Ausnahmefällen bei bestimmten Produktchargen (Mitteldichte Faserplatten ab 25 mm Stärke) mit einem Leimüberschuss gearbeitet werden muss, um alle Fasern mit ausreichend aktivem Leim zu versehen.

Weitere Vorteile sollten sich im Vergleich zu alternativen Umweltschutzmaßnahmen wie Abluftwäscher oder Filter ergeben, die einen höheren Energiebedarf haben und zu einem höheren Abwasseranfall führen. Mit der innovativen Trockenbeimischung sollten auch die Herstellungskosten signifikant gesenkt werden, was vor allem durch den angestrebten verringerten Bindemittelbedarf erreicht werden sollte.

Neben diesen ökologischen und ökonomischen Vorteilen sollte mit dem Projekt erstmals die Tauglichkeit des Verfahrens für die betriebliche Produktion in einer komplexen Großanlage demonstriert werden. Das beinhaltet z.B.

- den zuverlässigen Betrieb der neuen Komponenten,
- einen problemlosen Einsatz von verschiedenen Bindemitteln,
- die Möglichkeit, Produktwechsel mit unterschiedlichen Rezepturen (und damit unterschiedlichen Bindemitteln) innerhalb akzeptabler Rüstzeiten durchführen zu können, sowie
- eine ausreichend hohe und variabel regelbare Produktionsleistung darstellen zu können.

3. Konventionelles Verfahren/ Anlage/ Produkt

Die nachfolgenden Ausführungen beschreiben die Situation am Standort Brilon.

3.1 Verfahrensablauf/ Anlagentechnik

Das Prinzip der konventionellen Blow-Line-Beleimung ist in Abbildung 2 dargestellt:

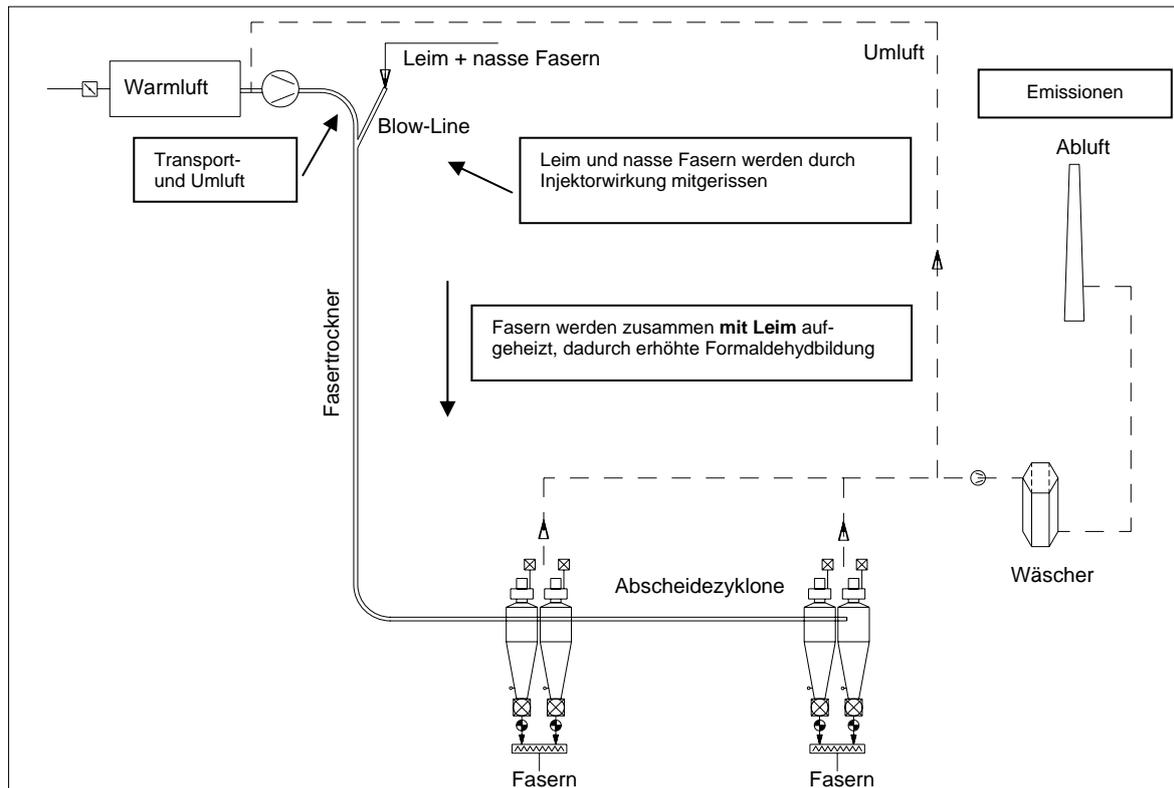


Abb. 2: Prinzip der Blow-Line-Beleimung

Die Hackschnitzel zur Faserplattenherstellung werden, um sie besser im Refiner (Mahlwerk) aufschließen zu können, in einem Faserkocher "weichgekocht". Die nassen Fasern aus dem Refiner sowie der Leim aus der Leimdosieranlage werden in der Blow-Line zusammen gemischt und dem Faserrockner zugeführt. Dieser erhält seine Transportluft aus einer vorgeschalteten Warmluftquelle, i. d. R. einer Feuerungseinrichtung (Kesselanlage o.ä.).

Aufgrund des Druckunterschiedes zwischen Faserkocher (Dampfdruck) und Faserrockner (atmosphärischer Druck) gelangen die noch feuchten Fasern aus der Blow-Line mit hoher Geschwindigkeit in den Faserrockner. Durch die entstehenden Entspannungs-Turbulenzen bei

Eintritt in den Fasertrockner findet die Vermischung des in der Blow-Line zugegebenen Leims mit den Fasern und dadurch die Beleimung der Fasern statt.

Bei dem im Trockner stattfindenden Trocknungsprozess der Fasern kommt es zu einer erheblichen Freisetzung von Formaldehyd über die Trocknerabluft, da das Melamin-Formaldehyd-Harz ("Leim") bei den herrschenden hohen Trocknungstemperaturen von bis zu 200°C am Beginn des Trocknungsvorganges überhitzt und zersetzt wird. Des Weiteren kommt es während der Trocknung zu einer teilweisen Voraushärtung des Leims, so dass planmäßig mit überhöhten Bindemittelanteilen gearbeitet werden muss (insgesamt ca. 130-140 kg Leim pro m³ Faserplatte). Diese technisch notwendige Überdosierung führt zu höheren Formaldehydemissionen.

Am Ende des Fasertrockners sind zur Trennung der Fasern von der Trocknungs- und Transportluft die Abscheidezyklone angeordnet. Während die beleimten und auf eine definierte Restfeuchte getrockneten Fasern dem weiteren Produktionsprozess zugeführt werden, wird die Abluft mit dem Wasserdampf in die Atmosphäre abgeleitet.

Zur Verminderung der Formaldehydemissionen aus der Fasertrocknung wurde bei Errichtung der Anlage ein Nasswäscher eingebaut. Die Betriebserfahrungen haben gezeigt, dass dieser keine hochwirksame Formaldehyd-Abgasreinigungstechnologie darstellt, so dass trotz des Einsatzes von Formaldehydfängern Formaldehyd im Bereich des befristet genehmigten Emissionsgrenzwertes in Höhe von 50 mg/m³ emittiert wurde.

Ein wesentlicher Teil des in diesem Nasswäscher anfallenden Wassers wird in die Produktionsanlage zurückgeführt und für das Waschen des Rohholzes bzw. zum Einsatz in dem Faserkocher benutzt. Für die überschüssige Wassermenge verfügt EGGER über eine Abwasserbehandlungsanlage (Flotation), in der das Wasser vor dem Ableiten in den Schmutzwasserkanal von abscheidbaren Schwebstoffen gereinigt wird.

Zur regelkonformen Begrenzung der in der Abluft enthaltenen Emissionen (spez. Formaldehyd) konnten bisher großtechnisch nur aufwendige Installationen wie z. B. Bio-Abluftwäscher, chemische Filter und dgl. zur Reinigung der Trocknerabluft eingesetzt werden. Neben dem Vorteil der sicheren Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte verbrauchen diese für den Antrieb der zusätzlichen Abluftventilatoren jedoch erhebliche Mengen an Energie und erzeugen Abwasser, welches vor einer Ableitung aufbereitet werden muss.

Ein weiterer Nachteil besteht in den hohen Anschaffungskosten und dem kostenintensiven Betrieb von Abluftreinigungsanlagen. Diese Nachteile stehen auch der Durchsetzung strengerer Emissionsgrenzwerte in Deutschland entgegen, da sie zu Wettbewerbsnachteilen gegenüber ausländischen Marktteilnehmern führen würden.

	Bio-Abluftfilter	Chemische Filter	Katalytische Oxidation
Hohe Anschaffungskosten	X	X	X
Hoher Platzbedarf	X		X
Komplexe Verfahrenstechnik	X	X	
Hohe Störanfälligkeit		X	X
Hoher Abwasseranfall	X	X	
Hoher Energieverbrauch	X		X
Hoher Druckverlust	X		X
Hohe Betriebskosten	X	X	X

Tab. 1: Übersicht der zu erwartenden Nachteile von Abgasreinigungseinrichtungen im Vergleich zum projektgegenständlichen Verfahren

3.2 Einsatzstoffe

Die relevanten Einsatzstoffe der Faserplattenanlage sind Holz und Leim.

Die zum Einsatz gelangenden Holzsortimente (in diesem Fall Fichte) weisen von Natur aus einen gewissen Gehalt an Formaldehyd auf, welcher im Prozess der Zerkleinerung und Trocknung freigesetzt wird. Die Belastung ist jedoch nicht so groß, als dass der durch die TA Luft vorgegebene Grenzwert für organische Stoffe der Klasse I in Höhe von 20 mg/m³ erreicht oder überschritten würde.

Verantwortlich für die Formaldehyd-Emissionen ist der Einsatz von Bindemitteln auf Basis von Melamin-Formaldehyd bzw. Harnstoff-Formaldehyd-Harzen. Diese Bindemittel sind für die Herstellung von Faserplatten Stand der Technik, zu der es keine konkurrenzfähigen Alternativen gibt.

Charakteristisch für formaldehydhaltige Bindemittel ist deren Molverhältnis (MV). Das Molverhältnis stellt eine Maßzahl für die chemische Reaktivität des Bindemittels dar. Zu Beginn

des Projektes entsprachen Bindemittel mit einem MV von 1,05, bei melaminhaltigen Bindemitteln eventuell auch leicht darunter (1,03), dem Stand der Technik. Molverhältnisse größer 1 charakterisieren einen Formaldehydüberschuss, welcher auch zu höheren Formaldehydemissionen führt. Zu den nachfolgenden Entwicklungen in diesem Bereich wird in Kapitel 5.4, Abschnitt "Bewertung der Messergebnisse", eingegangen.

3.3 Umweltauswirkungen

Durch die mangelnde Abscheidemöglichkeit von Formaldehyd aus der Abluft von Fasetrocknern durch übliche Filtermedien bzw. durch Nasswäscher emittieren vorhandene Faserplattenanlagen den Grenzwert überschreitende Konzentrationen an Formaldehyd in die Umwelt.

Am Standort Brilon war es mit wirtschaftlich vertretbaren Mitteln nicht möglich, den Grenzwert nach TA Luft im Regelbetrieb gesichert einzuhalten.

Diese aus einer technologisch notwendigen Überschussbeleimung resultierenden Emissionen bedeuten zugleich auch eine größere Einsatzmenge an Bindemitteln, welche bedingt durch die Herstellung aus fossilen Stoffen einen weiteren Ansatz zur Ressourcenschonung bieten.

Bei der Blow-Line-Beleimung und der Abluftreinigung entstanden am Standort Brilon im Jahr 2004 bei einer Jahresproduktion von ca. 200.000 m³ Faserplatten folgende Ressourcenverbräuche und Umweltauswirkungen:

Bindemittelseinsatz:	ca. 25.600 t Festharz
Abluftmenge:	ca. 1.050 Mio. Nm ³ _{feucht} (mittlerer Volumenstrom 130.000 Nm ³ bei 8000 h)
Formaldehyd-Fracht:	max. 52 t (berechnet mit zul. Emissionsgrenzwert von 50 mg/m ³)
benötigte Wärme:	ca. 190 GWh
Abwassermenge:	ca. 7.700 m ³

Vergleichbare Emissionen wie am Standort Brilon sind auch für andere Faserplattenanlagen der Holzwerkstoffindustrie, die mit der konventionellen Blow-Line Beleimung arbeiten, anzunehmen. Die Installation von aufwendigen Abgas-Reinigungstechnologien ist erst bei sehr jungen, neuen Anlageninstallationen realisiert worden.

4. Innovatives Verfahren/ Anlage/ Produkt

4.1 Planung

Für den Standort Brilon war geplant, die gesamte Fasermenge ab 2005 durch das umweltschonende und kostengünstige pneumatische Trockenbeleimungsverfahren zu 100% zu beleimen. Damit sollte an die Erfahrungen aus einem FuE-Projekt am Standort Bevern (Titel: *Beleimung von getrockneten Holzfasern zur Herstellung von Mitteldichten Faserplatten (MDF) und Faserformteilen*; Förderkennzeichen: 01 RV9814) angeknüpft werden. Allerdings konnten die Erfahrungen nicht 1:1 für das Vorhaben in Brilon übernommen werden. Abgesehen von den günstigen Platzverhältnissen am Standort Bevern ist zu beachten, dass im Vergleich zur geplanten Trockenbeleimung in Brilon mit 30 t/h Produktionskapazität die Pilotanlage in Bevern mit 8 t/h fast Technikumscharakter aufweist. Auch ist in Bevern die Kapazität nicht regelbar, während in Brilon die Durchsatzleistung zwischen 12 t/h und 30 t/h voll regelbar sein sollte, was die Entwicklung einer entsprechenden Regelungstechnik erforderte. Des Weiteren sollte die Trockenbeleimung in Brilon in der Lage sein, mit verschiedenen Holzarten (Hackschnitzel aus Eigenerzeugung und Fremdbezug, Einsatz von Fichte mit Anteilen von Buche, Zugabe von Rinden) und Bindemitteln (Leime mit unterschiedlichen Melamingehalten von z.B. 4, 8, 14 oder 25 %) zu arbeiten.

4.2 Behördliche Anforderungen

Die Anlagen zur Herstellung von Holzfasern sind im Anhang I der 4. BImSchV aufgeführt, und unterliegen damit der Genehmigungspflicht. Zur Integration der Trockenbeleimung in die bestehende Produktionsanlage war ein Genehmigungsverfahren gem. §§ 6, 16 BImSchG durchzuführen. Der Genehmigungsbescheid ist von der Bezirksregierung Arnsberg mit Akz. 56-04/2300—G82/03-Ni/Tro am 22.06.2004 abschließend erteilt worden.

4.3 Verfahrensablauf Trockenbeleimung

Das Prinzip der pneumatischen Trockenbeleimung ist in Abbildung 3 dargestellt:

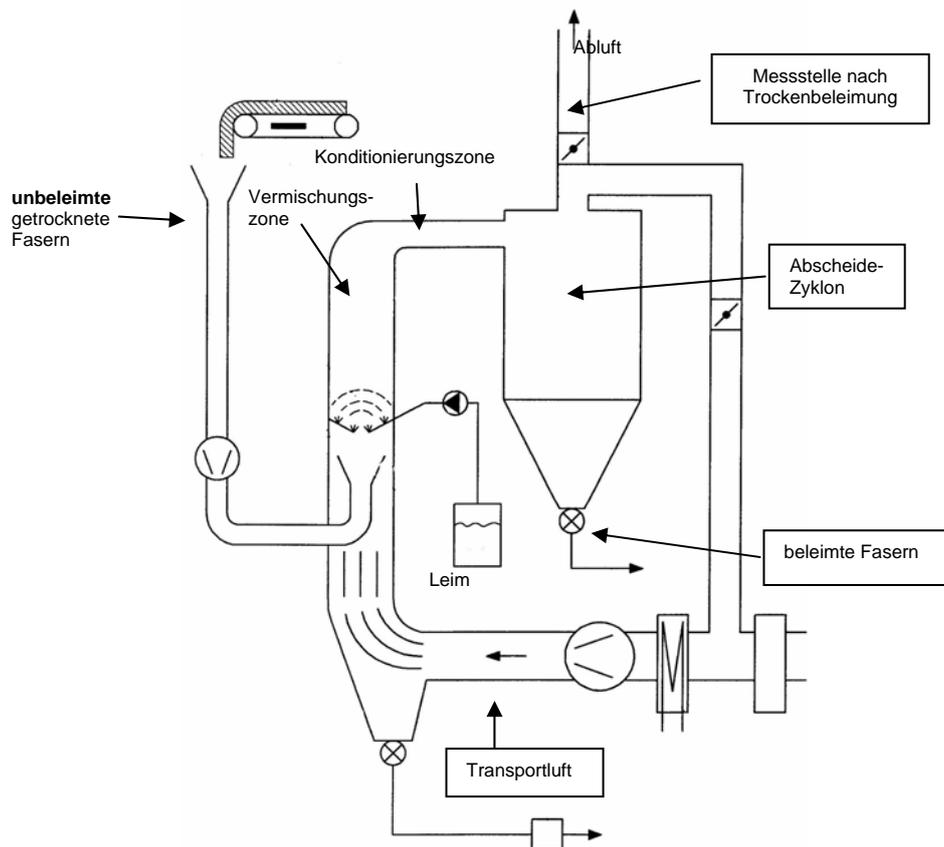


Abb. 3: Prinzip der pneumatischen Trockenbeimung

Bei der pneumatischen Trockenbeimung werden die bereits getrockneten aber noch unbeimten Fasern vom Fasertrockner kommend über ein pneumatisches Fördersystem seitlich in den unteren Bereich eines Beimungsturms eingeführt. Von unten wird über den Boden des Turmes gleichmäßig über den Querschnitt verteilt Transportluft eingeblasen. Die Fasern werden durch den Luftstrom über den Turmquerschnitt verteilt. Sie steigen dann aufgrund der Luftströmung in dem Turm hinauf. In der nachfolgenden Leimbeaufschlagungs- und Vermischungszone werden sie durch das Eindüsen von Leim über an der Mantelfläche des Turms befindliche mikrostrukturierte Düsen im Schweben bzw. im Flug beimt. Dabei kommt es besonders darauf an, die Fasern wirklich zu vereinzeln und eine Flockenbildung durch die richtige Einstellung einer niedrigen Faserkonzentration zu vermeiden.

Die Leimbeaufschlagungs- und Vermischungszone nimmt den größten Teil des Turmes ein. Ihr schließt sich eine Konditionierungszone an. In dieser kann die Lufttemperatur und Luftfeuchte gezielt eingestellt werden. Der Leim kann dort in die Oberfläche der Fasern einziehen. Ein Verkleben der Fasern ist dann nur noch durch hohen Druck und hohe Temperaturen in der Plattenpressanlage möglich.

Anschließend werden die Fasern zu einem Zyklon weitertransportiert, wo sie vom Transportluftstrom abgetrennt und einem Vorratsbunker zugeführt werden. Aus dem Bunker werden die beleimten Fasern dosiert abgezogen und durch ein Förderband in die Plattenpressanlage transportiert.

Abb. 4 zeigt die schematische Darstellung der Faserplattenproduktionsanlage nach Abschluss des Projekts mit integrierter Trockenbeleimung:

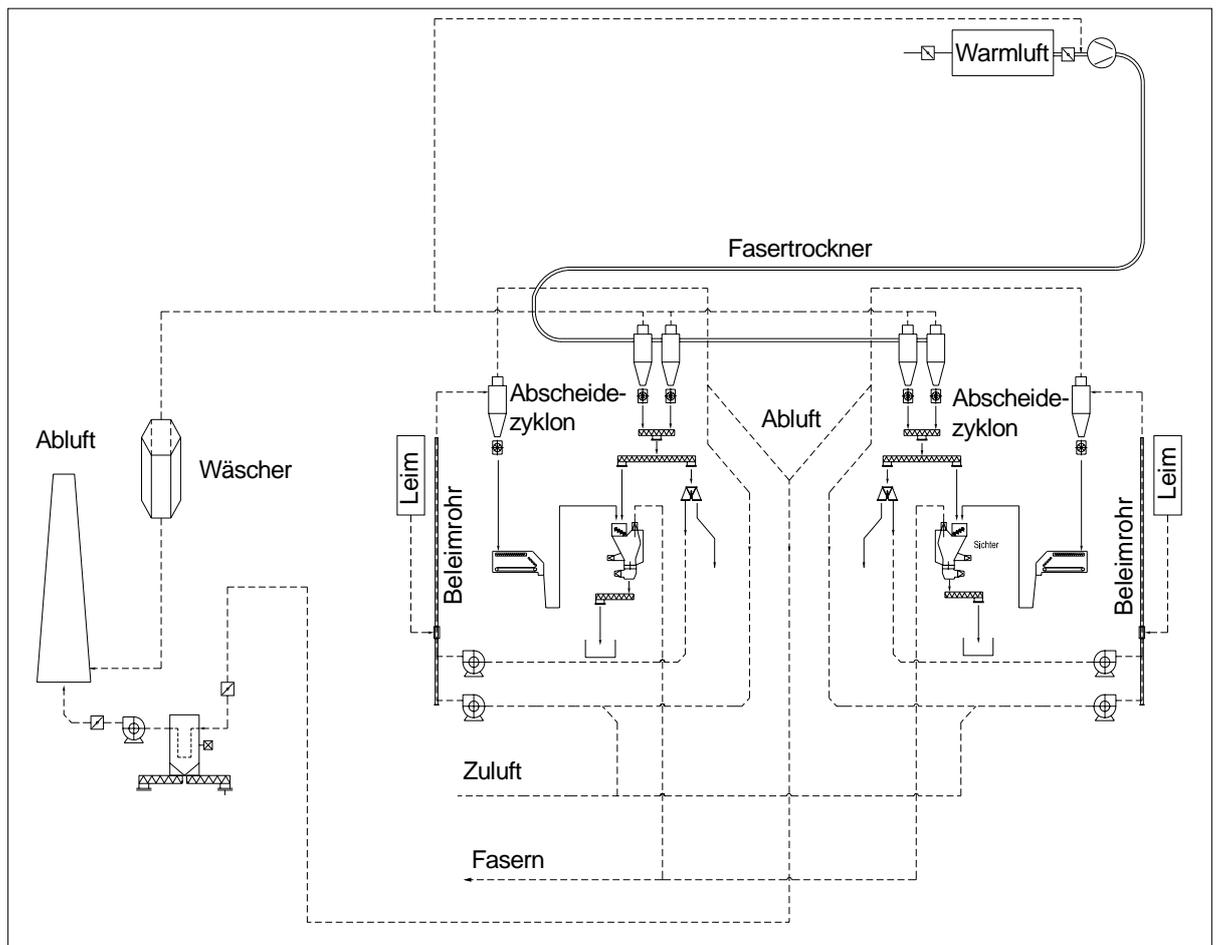


Abb. 4: Schematische Darstellung der Faserplattenproduktionsanlage nach Projektabschluss mit integrierter Trockenbeleimung

Die Trocknereintrittstemperatur im Faserrockner liegt auch beim Betrieb der Trockenbeleimung unverändert bei Temperaturen von bis zu 200°C. Allerdings sind hier die Fasern noch unbeleimt, so dass diese wesentliche Entstehungsquelle für Formaldehyd entfällt. Generell nicht beeinflussen lässt sich der natürliche Formaldehydanteil im Holz.

4.4 Technische Lösung

Bei der neuartigen Trockenbeimung werden die bereits getrockneten Fasern in einem Luftstrom mit einem fein zerstäubten Bindemittelnebel in intensiven Kontakt gebracht. Dabei wird die Oberfläche der Fasern optimal und sehr sparsam mit Bindemittel benetzt. Aufgrund der niedrigen Fasertemperatur muss nicht mit einer erhöhten Bindemitteldosierung gearbeitet werden. Dieses wird durch eine Schlüsseltechnologie ermöglicht, die von einem auch im Bereich der Medizintechnik tätigen Unternehmen entwickelt wurde. Es handelt sich um mikrostrukturierte Düsen der Firma Böhlinger Ingelheim microParts GmbH, die unter Nr.: DE10343672A1 zum Patent angemeldet wurden. Dazu wird der Leim mit exakt mikrostrukturierten Düsen in extrem kleine Tröpfchen (feiner Nebel) zerstäubt. Die Tröpfchen weisen alle eine annähernd gleiche Tröpfchengröße auf und sind sehr gleichmäßig in der Beimungszone verteilt.

Die Anlagenauslegung erfolgte derart, dass die Fasern nach dem Faserrockner auf eine zweisträngige Beimungstrecke aufgeteilt und anschließend über Abscheidezyklone der vorhandenen Produktionsanlage wieder zugeführt werden. Dadurch wird die Leistung des vorhandenen Faserrockners von 30 t/h nicht berührt. Da zudem betriebsbedingt eine Regelbarkeit im Bereich von 12-30 t/h erforderlich ist, musste eine entsprechende Regelungstechnik für die Trockenbeimung entwickelt und realisiert werden. Die Regelung erfolgt durch zu- und abschaltbare Ringdüsen, eine Variation des Eindüsungsdruckes von 40-50 bar und durch eine Variation des Wasser/Leim- Verhältnisses.

4.5 Zu erwartendes Ergebnis

Durch den Einsatz der pneumatischen Trockenbeimung sollte sich der Formaldehydgehalt der Trocknerabluft auf ca. 5-15 mg/m³ absenken lassen. Der Abluftwäscher wird weiterhin für die Reinigung der Transportluft von Staubpartikeln benutzt und trägt auf diese Weise natürlich auch weiterhin zur Reduzierung der Formaldehydemissionen bei. Wenn auf die Blow-Line-Beimung vollständig verzichtet werden kann, dann kann auch auf den Einsatz der Formaldehydfänger (Wasserstoffperoxyd und Natronlauge) im Abluftwäscher verzichtet werden.

Durch den geänderten Verfahrensablauf ist eine vorzeitige Aushärtung des Leimes durch eine Antrocknung im Faserrockner nicht mehr zu befürchten. Da der Verfahrensschritt der Faserbeimung erst nach der Faserrocknung erfolgt, entfallen auch die thermische Zersetzung

von Leim und die damit verbundenen Formaldehydemission. Hochrechnungen der Versuchsergebnisse der Pilotanlage in Bevern lassen einen verminderten Bindemittelverbrauch um ca. ein Drittel erwarten. Dadurch werden natürliche Ressourcen durch Einsparung von Bindemitteln geschont und die Formaldehyd-Emissionen reduziert.

Der Anlagenbau umfasste im Wesentlichen die Gründungs- und Fundamentarbeiten, die Errichtung des Stahl- und Rohrleitungsbaus und die Montage und Installation der lufttechnischen Anlagenteile sowie der elektrischen Anschlüsse.

Nach Fertigstellung der Anlage erfolgte im Rahmen der Inbetriebnahme die Funktionsprüfung der mechanischen und elektrischen Komponenten, die steuerungstechnische Einbindung der Anlage in die vorhandene Faserplattenproduktionsanlage und die technologische Funktionsprüfung bei Einbringung des Produktmaterials.

Im Testbetrieb wurde die Funktionsfähigkeit der Beleimungsanlage unter stationären Standardbedingungen getestet (Regelung der Leimmenge im Verhältnis des Durchsatzes und der Faserfeuchtigkeit, sowie Zu- und Abschaltvermögen im laufenden Betrieb). Anschließend kam es darauf an, die Flexibilität der Anlage nachzuweisen, die Regelung für Teillastbetrieb und die An- und Abfahrvorgänge zu optimieren, und in Langzeitversuchen die erforderliche Zuverlässigkeit (z.B. durch Minimierung von Leimanhaftungen an der Mantelfläche des Sprühturmes) zu erreichen.

Bei der Optimierung wurden u.a. Betriebszustände ermittelt, die ein maximales Leimeinsparpotenzial unter Berücksichtigung der erforderlichen Qualität des Endprodukts ermöglichen. Ebenso sollte im Rahmen der "Optimierung" ein Mess- und Untersuchungsprogramm durchgeführt werden, um die Wirksamkeit des neuen Verfahrens hinsichtlich der Formaldehyd- und der Bindemittelreduktion nachzuweisen.

Mit der Planung und Bauausführung der großtechnischen Demonstrationsanlage wurde der Generalunternehmer EGGGER / St. Johann beauftragt. Dieser hat die komplette Anlagenplanung ausgeführt und dazu die entsprechenden Lieferanten ausgewählt und beauftragt. Des Weiteren wurde die Projektleitung durch den Generalunternehmer gestellt. Dazu wurde neben dem eigentlichen Projektleiter ein Bauleiter während der Bauphase vor Ort eingesetzt.

Die Kosten des Vorhabens beliefen sich auf 10,9 Mio. €, wobei durch die Förderung aus dem Investitionsprogramm zur Verminderung von Umweltbelastungen des BMU ein Zuschuss in Höhe von 2,9 Mio. € gewährt wurde.

5.2 Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage/ Verfahren

In der Projektumsetzung hat sich gezeigt, dass der Scale-Up von der Pilotanlage auf eine Produktionsanlage im industriellen Maßstab weitgehend erfolgreich war. Jedoch wurde in der Inbetriebnahme- und Optimierungsphase deutlich, dass gegenüber dem bisherigen Anlagenlayout ein erhöhter Informationsbedarf über den jeweiligen Produktzustand – im wesentlichen Temperatur- und Feuchtezustände - in den einzelnen Anlageteilen besteht, um den nun gesplitteten Prozess der Trocknung und Beleimung unter Qualitätsgesichtspunkten optimal steuern zu können. Diesem Erfordernis wurde durch Einbau mehrerer Temperatur- und Feuchtemessgeräte Rechnung getragen.

Des Weiteren war der Einbau von Regelklappen zur Trennung der Luftströme des bestehenden Faserrockners und der neuen Trockenbeleimung notwendig. Hier haben die ersten Betriebserfahrungen gezeigt, dass über die bestehende offene Verbindung in den Fasersichtern eine negative, wechselseitige Luftdruckbeeinflussung zwischen Faserrockner und Trockenbeleimung gegeben war, die das Strömungsverhalten der Fasern innerhalb der Rohrwege beeinflusst hat.

Durch die Installation großer Anlagenteile wie Transportrohrleitungen und Abscheidezyklone im Freien wurde eine sehr große Oberfläche geschaffen, an deren Wandungen die Fasern stärker auskühlen als im Inneren des Transportstromes. Dies führte durch Kondensationsvorgänge zur Inhomogenität der Fasern und damit zu minderwertigen technologischen Produkteigenschaften der Faserplatten. Entgegen der geplanten Anlagenauslegung wurde somit ein erhöhter Aufwand an Leitungsisolierung notwendig, um Qualitätsschwankungen im Produkt durch sich abkühlende Randpartien entgegenzuwirken.

Der störungsfreie Betrieb der Trockenbeleimungsanlage war anfangs im Produktionsalltag nicht möglich, da Anbackungen nach der Beleimzone den Faserstromtransport innerhalb kurzer Zeit durch Störung der aerodynamischen Eigenschaften zum Erliegen brachten. Infolge dessen musste der Produktionsprozess gestoppt und die Rohrleitungen von Hand freigesetzt und gereinigt werden. Zur Vermeidung dieser Ausfallzeiten wurde dann als Eigenentwicklung eine automatisierte Reinigungseinrichtung nachträglich installiert. Diese wurde unter Nr. EP1398127A1 zum Patent angemeldet.

Auch musste erkannt werden, dass der Betrieb der Anlage ohne eine automatisierte Umschaltung der Beleimungsarten Blow-Line/ Trockenbeleimung nicht zufrieden stellend

verlief. Die Beleimung bei manueller Zuschaltung der Trockenbeleimung erfolgte nicht in gleichem Maße wie die gleichzeitige Abschaltung der Zudosierung über die Blow-Line. Dieses hat wiederholt zu Ausfällen im Produktstrom und zu Verstopfungen innerhalb der Leimdosierung geführt. Zur Lösung dieses Problems wurde eine in die Produktionssteuerung integrierte Umschaltautomatik programmiert.

5.3 Erfassung und Dokumentation der Betriebsdaten

Der Erfolg der Faserbeleimung ist direkt abhängig von der Qualität des Endproduktes Faserplatte. Bedingt durch die Einbindung der Trockenbeleimung in eine Produktionsanlage mit realen Kundenaufträgen im Hintergrund bestand das Hauptaugenmerk nach der Inbetriebnahme darin, mit der Trockenbeleimung eine qualitativ gleichwertige Faserplatte wie mit der Blow-Line-Beleimung zu produzieren. Die dazu benötigten Parameter Faserfeuchtigkeit und Dichteverteilung der Faserplatten werden an der Pressenanlage kontinuierlich aufgezeichnet. Dazu ist an dem Formband vor der Pressenanlage ein optisches Messgerät mit einem Lichtstrahl im NIR-Bereich zur Erfassung der Faserfeuchte, und am Pressenaustritt ein auf Röntgentechnologie basierendes Messgerät zur Erfassung der Dichteverteilung in der Faserplatte installiert. Diese Parameter sowie die Querzüge werden regelmäßig durch Labortests zur Qualitätskontrolle nochmals überprüft.

Die weiteren Produktionsparameter wie z. B. Ein- und Austrittstemperaturen, sowie Leim- und Faserdurchsätze werden neben der Erfassung im Prozessleitsystem regelmäßig in die Schichtberichte übernommen und durch die Produktionsverantwortlichen überprüft.

5.4 Messprogramm

Messergebnisse:

Vor Realisierung der Maßnahme wurden die Betriebsweise des Fasertrockners und die Formaldehydemissionen durch den TÜV Bayern im Wege von Einzelmessungen untersucht. Aus dem Bericht des TÜV Bayern vom 07.02.2000 gehen folgende Messergebnisse hervor:

Formaldehydkonzentration (Mittelwert):	43,3 mg/m ³
Stoffstrom Formaldehyd (Mittelwert):	7,14 kg/h
Wasserverdunstung im Fasertrockner:	21,7 t/h

Um die Auswirkungen der Umbaumaßnahme mit Zielstellung Formaldehydverringerung im Abluftvolumenstrom sowie die Bindemittelleinsparung messtechnisch zu belegen, wurde ein Messprogramm mit dem Umweltbundesamt vereinbart. Dazu sollten Emissionsmessungen in der Abluft des Fasertrockners durchgeführt werden, um die Maximalemission zu bestimmen.

Zunächst sollten vier Emissionsmessungen bei herkömmlichem Blow-Line-Betrieb, und anschließend vier Messungen im Trockenbeleimungsbetrieb durchgeführt werden. Die Messstelle befindet sich in der Abgasleitung des Fasertrockners nach dem Nasswäscher zwischen Abgasventilator und Schornstein.

Mit den Messungen wurde die TÜV Nord Umweltschutz GmbH & Co. KG, 33609 Bielefeld, als ein nach § 26 BImSchG zugelassenes Messinstitut beauftragt. Die Messung wurde gem. VDI-Richtlinie 3862 Blatt 2 nach dem DNPH-Verfahren (Gaswaschflaschen-Methode) durchgeführt. Die Messergebnisse waren sowohl vom Ergebnis als auch der Streuung der ermittelten Werte her nicht für einen Nachweis des Projekterfolges belastbar.

Die Ursache ist in der Besonderheit der übersättigten Wasserdampf-Abgase zu finden. Das vom TÜV Nord verwendete und mit dem BMU abgestimmte Messverfahren gestattet zwar eine Einzelbestimmung von Formaldehyd, ist aber nicht für stark wasserdampfhaltige Abgase geeignet und führt zu Fehl- oder Minderbefunden. Dieses kommt hier besonders zum Tragen, da an einem Wäscher gemessen wird, der in Taupunktnähe arbeitet. Aus diesem Grund wurde die Messung mit einem neuen DNPH-Verfahren gemäß VDI-Richtlinie 3862 Blatt 7 wiederholt.

Die Messungen wurden in der Zeit vom 11.-12.09.2007 durch den TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH, 51105 Köln als ebenfalls zugelassene Messstelle gem. § 26 BImSchG wiederholt. Durch mehrere Arbeiten an Verfahren zur Eignungsprüfung von Messgeräten in Verbindung mit vergleichbaren feuchten Abgasen konnten die Mitarbeiter des TÜV auf Erfahrungen im Umgang mit messtechnisch kritischer Abluftkonstellation zurückgreifen.

Dabei wurde am 11.09.2007 zuerst das Produkt HDF mit Trockenbeleimung beprobt. Anschließend wurde von der Trockenbeleimung auf Blow-Line-Beleimung umgestellt. Danach fand der Produktwechsel auf MDF statt. Nach der Beprobung im Blow-Line-Verfahren wurde die Beleimung auf Trockenbeleimungsbetrieb umgestellt.

11.09.2007

Nr.	Uhrzeit	Produkt	Festharz	Durchsatz Fasern	Anteil Trockenbeimung	Einsparung Leim	Festharz kg/m ³	Verdunstungsleistung t/h
I	9.34 -11.22	HDF 6,5mm	16%	23,4 t	67%	8%	112,19	20,5
II	11.45-13.25	HDF 6,5mm	16%	23,5 t	0%	0%	121,87	24,1
III	14.50-16.30	MDF-MB19mm	14%	16,9 t	0%	0%	99,79	21,0
IV	17.05-18.51	MDF-MB19mm	14%	17,2 t	70%	8%	91,55	14,7

Faserdurchsatz in t atro/h

Tab. 2: Produktreihenfolge Messtag 1

Um Leimsysteme aus dem Herstellprozess vergleichbar machen zu können, wird die Trockensubstanz als Festharz angegeben.

Am 12.09.2007 wurde dieses Messprogramm wiederholt. Allerdings wurde bei dem Produkt MDF aus produktionstechnischen Gründen zuerst die Trockenbeimung, und dann anschließend die Blow-Line-Beprobung durchgeführt.

12.09.2007

Nr.	Uhrzeit	Produkt	Festharz	Durchsatz Fasern	Anteil Trockenbeimung	Einsparung Leim	Festharz kg/m ³	Verdunstungsleistung t/h
V	9.00 -10.40	HDF 6,5mm	16%	23,8 t	70%	12%	107,14	20,5
VI	10.50-12.35	HDF 6,5mm	16%	23,7 t	0%	0%	121,87	25,5
VII	13.30-15.10	MDF-MB19mm	14%	16,9 t	66%	13%	87,29	14,7
VIII	17.05-18.51	MDF-MB19mm	14%	16,4 t	0%	0%	99,79	19,4

Faserdurchsatz in t atro/h

Tab. 3: Produktreihenfolge Messtag 2

Messung-Nr.	Betriebszustand	Formaldehyd kg/h	Formaldehyd mg/Nm ³ ,f
1	HDF mit TB	1,50	4,7
2	HDF mit TB	1,86	5,8
3	HDF mit TB	1,55	4,8
13	HDF mit TB	1,22	3,8
14	HDF mit TB	1,49	4,7
15	HDF mit TB	1,50	4,7
Mittelwert		1,52	4,8

Tab. 4: Messergebnisse HDF Trockenbeimung

Bei der Produktion von HDF mit Trockenbeimung wurden an beiden Tagen an der Messstelle nach dem Nasswäscher Emissionen in Höhe 3,8 mg/m³ bis 5,8 mg/m³ in der Abluft des Faserrockners ermittelt, wobei der Mittelwert bei 4,8 mg/m³ lag.

Messung-Nr.	Betriebszustand	Formaldehyd kg/h	Formaldehyd mg/Nm ³ ,f
4	HDF mit BL	3,86	12,0
5	HDF mit BL	4,10	12,8
6	HDF mit BL	3,90	12,2
16	HDF mit BL	3,57	11,1
17	HDF mit BL	3,61	11,3
18	HDF mit BL	3,93	12,2
Mittelwert		3,83	11,9

Tab. 5: Messergebnisse HDF Blow-Line-Beimung

Mit Blow-Line-Beimung wurden Emissionen in Höhe von 11,1 mg/m³ bis 12,8 mg/m³ bei einem Mittelwert von 11,9 mg/m³ in der Abluft des Faserrockners gemessen.

Damit betragen die Emissionen bei Trockenbeimungsbetrieb im Mittel 24 % des Emissionsgrenzwertes von 20 mg/m³ und 40 % der Emissionen des Blow-Line-Betriebes. Auch wenn bei dieser Messkampagne keine Grenzwertüberschreitungen festgestellt wurden bleibt festzuhalten, dass die Formaldehyd-Emissionen im Falle der Trockenbeimung deutlich niedriger sind als im Falle der Blow-Line-Beimung.

Messung-Nr.	Betriebszustand-	Formaldehyd kg/h	Formaldehyd mg/Nm ³ ,f
10	MDF mit TB	1,03	3,7
11	MDF mit TB	0,99	3,6
12	MDF mit TB	0,87	3,1
19	MDF mit TB	0,88	3,2
20	MDF mit TB	0,95	3,4
21	MDF mit TB	0,95	3,4
Mittelwert		0,94	3,4

Tab. 6: Messergebnisse MDF Trockenbeimung

Die Emissionsmessung bei MDF mit Trockenbeimung ergab an beiden Tagen Emissionen in der Abluft des Faserrockners in Höhe 3,1 mg/m³ bis 3,7 mg/m³, der Mittelwert lag bei 3,4 mg/m³.

Messung-Nr.	Betriebszustand	Formaldehyd kg/h	Formaldehyd mg/Nm ³ ,f
7	MDF mit BL	2,69	10,4
8	MDF mit BL	2,54	9,8
9	MDF mit BL	2,58	9,9
22	MDF mit BL	2,67	10,4
23	MDF mit BL	2,53	9,8
24	MDF mit BL	2,16	8,4
Mittelwerte		2,53	9,8

Tab. 7: Messergebnisse MDF Blow-Line-Beleimung

Umgeschaltet auf Blow-Line-Beleimung betragen die Emissionen in der Abluft des Faserrockners zwischen 8,4 mg/m³ und 10,4 mg/m³ bei einem Mittelwert von 9,8 mg/m³.

Bewertung der Messergebnisse:

Die Messergebnisse belegen, dass bei Trockenbeleimungsbetrieb die Formaldehydemissionen im Bereich von 3,1 bis 5,8 mg/m³ liegen und nur ca. 1/3 der Emissionen im Blow-Line-Betrieb ausmachen. Somit bestätigen sich die Erwartungen.

Das insgesamt niedrige Formaldehyd-Emissionsniveau bedarf zusätzlicher Erläuterungen, da neben der Anlagentechnik auch die Entwicklung der Leime zu beachten ist.

Die Leimrezepturen sind fortlaufenden Weiterentwicklungen und damit Veränderungen sowohl in der Kochweise als auch in der Zusammensetzung unterworfen. Zur Produktion von Faserplatten (MDF und HDF) werden von allen namhaften Produzenten dieser Produkte üblicherweise Leime, die aus Formaldehyd und Harnstoff, fallweise in geringen Mengen auch aus Melamin bestehen, eingesetzt. Sie werden unter anderem durch das Molverhältnis (MV) charakterisiert. Darunter wird das molare Verhältnis von Formaldehyd zu Harnstoff verstanden. Ein Verhältnis > 1 bedeutet einen Formaldehydüberschuss, der zwar einerseits die gewünschte hohe Reaktivität des Leims gewährleistet, andererseits aber auch zu höheren Formaldehydemissionen führt.

Es wurden vielfältige Anstrengungen unternommen, um die Freisetzung von Formaldehyd durch Verbesserungen an der Anlagentechnik als auch durch eine Weiterentwicklung der Leime durch eine Absenkung des Molverhältnisses zu reduzieren.

Eine einfache Reduzierung des Formaldehydgehaltes in den Leimen bewirkt primär einen Reaktivitätsverlust. Das bedeutet zunächst einmal, dass sich die Produktionskapazität der Faserplattenanlage verringert. Um dennoch die Wettbewerbsfähigkeit der Anlagen nicht zu gefährden, mussten vielfältige Anstrengungen unternommen werden, um die Leimrezepturen zu verbessern.

Eine Weiterentwicklung der Leime durch die Fa. EGGER selbst wurde erst durch die Übernahme der Leimfabrik in Wismar etwa ab 2003 / 2004 möglich. Dort werden überwiegend auch die am Standort Brilon benötigten Bindemittel produziert. Seither wurde gezielt an einer Verbesserung der Bindemittel für den Standort Brilon gearbeitet.

Diese Verbesserungen umfassen Änderungen im Produktionsablauf, insbesondere in der Kochweise der Leime. Gleichzeitig wurde versucht, die Zusammensetzung der Leime zu verbessern, also etwa das Molverhältnis zu verringern und durch zusätzliche Additive (so genannte Formaldehydfänger, wie z.B. freier Harnstoff) Formaldehyd zu binden. Beide Maßnahmen haben im Vergleich zur Ausgangssituation (vergleiche Messungen aus dem Jahr 2000) zu einer deutlichen Reduktion der Formaldehyd-Emissionen geführt.

Derzeit haben die eingesetzten Leime ein MV von 0,95 - 0,97; dies bedeutet also schon einen signifikanten „Formaldehydunterschuss“. In Kombination mit den zusätzlichen Harnstoffdosierungen zur Leimflotte erklärt dies die inzwischen niedrigen Formaldehydgehalte in der Abluft.

Ungeachtet dessen war ursprünglich in erster Linie die Trockenbeleimung für eine Reduktion der Formaldehyd-Emissionen maßgebend. Dennoch tragen inzwischen auch die verbesserten Leime zu einer Reduzierung der Formaldehyd-Emissionen bei, wie ein Vergleich der Messergebnisse des Anlagenbetriebes mit Blow-Line-Beleimung in den Jahren 2000 und 2007 zeigt.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass aufgrund eines auf Einzelmessungen basierenden Messprogramms nicht zwangsläufig der Betriebszustand mit den höchsten auftretenden Emissionen vermessen wird. Die Formaldehydemissionen sind zum einen abhängig von der Bindemittelmenge (mitteldichte Faserplatten enthalten einen geringeren Bindemittelanteil als hochdichte Faserplatten) und zum anderen von der Leimrezeptur. Somit geben die Messergebnisse lediglich Aufschluss über die Höhe der Formaldehyd-Emissionen bei der

Trockenbeimung verglichen mit denen bei der Blow-Line-Beimung, nicht jedoch über die max. Höhe der zu erwartenden Formaldehyd-Emissionen.

Des Weiteren wird die Faserplattenanlage im Mischbetrieb gefahren, d. h. ein Teil des Leims wird über die Blow-Line und ein weiterer in der Trockenbeimungseinrichtung zudosiert. Hier wurde das Ziel einer 100-prozentigen Trockenbeimung nicht erreicht, was mit eine Erklärung dafür ist, dass die Leimersparnis mit im Mittel 10 %, hinter den Erwartungen zurückbleibt. Die durch den TÜV im Betrieb protokollierte Leimeinsatzmenge betrug bei der Produktion von HDF im Trockenbeimungsbetrieb im Mittel 110 kg Harz pro m³ Faserplatte, im Blow-Line-Betrieb dagegen 122 kg/m³. Bei der MDF-Platte lag der Harzanteil im Mittel bei 89 kg/m³, während ohne Trockenbeimung 100 kg/m³ eingesetzt wurden.

Zudem ist die Anlagenkonfiguration Änderungen unterworfen. Im Rahmen der Optimierungsarbeiten an der Faserplattenanlage wurde auch die Stopfschnecke vor dem Hackschnitzelkocher durch eine neue ersetzt. Die erneuerte Stopfschnecke ist technisch verbessert ausgeführt. Mit dieser Maßnahme wird tendenziell eine Reduzierung der Feuchtigkeit in den Hackschnitzeln nach der Stopfschnecke erreicht. Durch eine veränderte Betriebsweise des Fasertrockners kann nun u. a. mit etwas niedrigeren Trocknungstemperaturen gefahren werden, so dass hier eine zusätzliche Senkung des Emissionswertes erreicht werden konnte. Eine Verringerung des Bindemittleinsatzes und eine gesicherte Einhaltung des Formaldehyd-Emissionsgrenzwertes sind jedoch allein durch den Einsatz einer optimierten Stopfschnecke nicht erreichbar.

6. Auswertung und Evaluierung des Verfahrens

6.1 Umweltentlastung durch den innovativen Prozess

Das Ergebnis des Projektes ist eine Produktionsanlage (Abbildung 6) im vollen Betriebsmaßstab, die in der Lage ist, unter kommerziellen Betriebsbedingungen zu produzieren. Aufgrund der zum Projektstart vorliegenden FuE-Ergebnisse wurde erwartet, dass der Formaldehyd-Grenzwert von 20 mg/m^3 deutlich unterschritten wird.

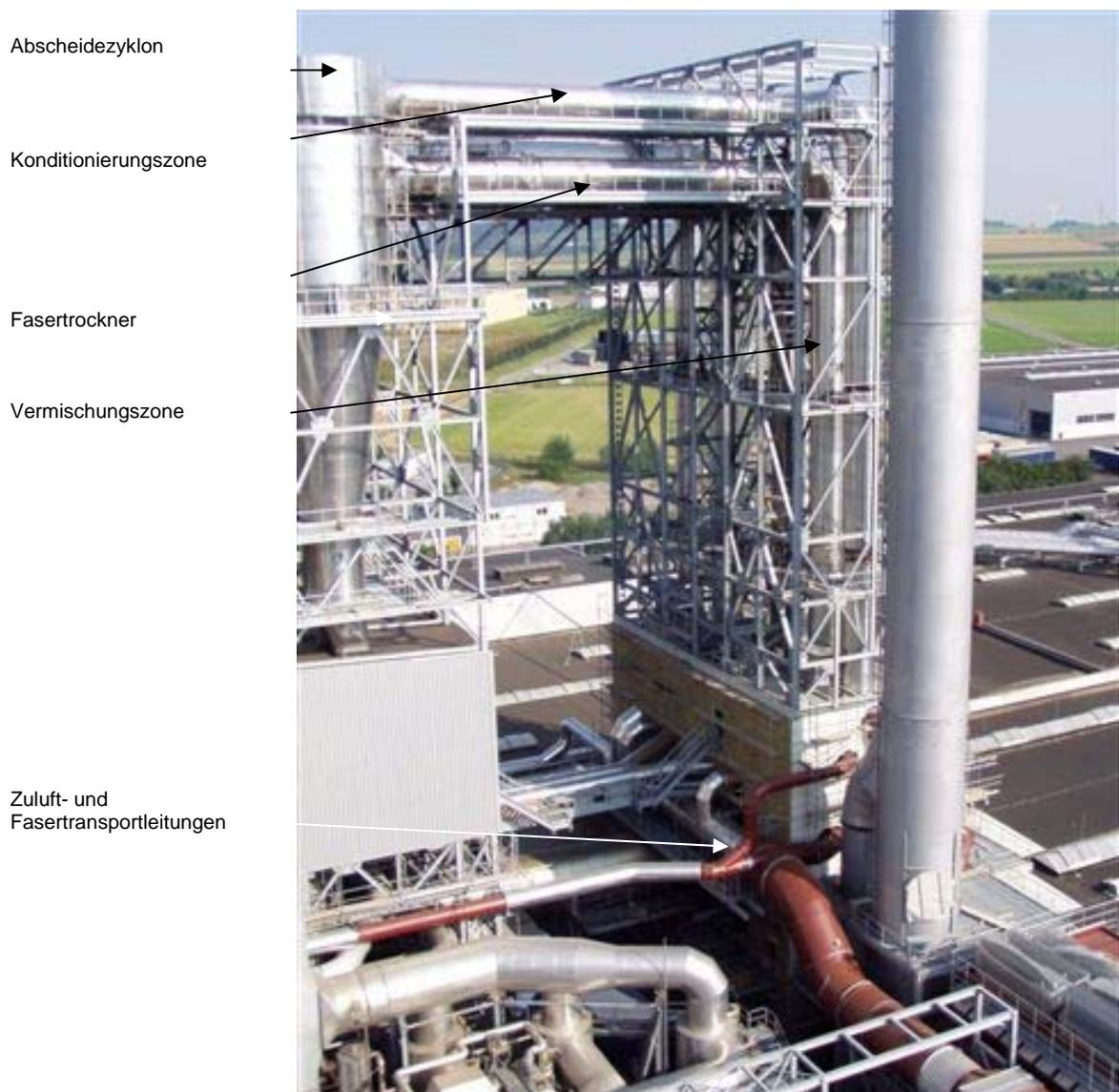


Abbildung 6: Ansicht der pneumatischen Trockenbeleimungsanlage

Die erzielten Verbesserungen wirken sich am stärksten bei den Formaldehydemissionen aus. Hier konnte eine signifikante Verbesserung gegenüber dem Ursprungszustand erreicht werden, was durch die vorliegenden Messungen des TÜV Rheinland bestätigt wird. Betrug die Formaldehydemissionen vor dem Umbau ca. 50 – 60 mg/Nm³, so wurden während der Messung mit Trockenbeimung mittlere Formaldehydemissionen in Höhe von 3,4 mg/Nm³ (Produkt MDF) und 4,8 mg/Nm³ (Produkt HDF) emittiert.

Diese Ergebnisse werden durch die realisierte kontinuierliche Formaldehyd-Emissionsmessung bestätigt. Der Formaldehyd-Grenzwert wird nunmehr eingehalten und bewegt sich bedingt durch einen produktspezifischen unterschiedlichen Blow-Line-Beimungsanteil innerhalb des gesetzlich vorgegebenen Rahmens.

Nicht erreicht wurde das angestrebte Ziel der Bindemittelsparung in Höhe von ca. 30%. Aufgrund einer für das Verfahren der Trockenbeimung zu trägen Reaktivität der herkömmlichen Bindemittel ist es bisher nicht möglich, die Beimung nach dem Verfahren der Trockenbeimung zu 100% durchzuführen. Solange keine angepassten Leime verfügbar sind, muss mit einer Vorbeimung gearbeitet werden.

In nachfolgender Tabelle sind der Ressourcenbedarf und die bei der Produktion entstehenden Emissionen für eine Produktion von 1 Kubikmeter MDF nach beiden Produktionsverfahren beispielhaft gegenübergestellt:

Pos.	Blow-Line-Beimung	Trockenbeimung	Minderung als Differenz	Minderung in Prozent
benötigter Leim [kg] Festharz	99,8	89,4	10,4	10,4
benötigte Wärmemenge Fasertrockner [kWh]	960,0	690,0	270,0	28,1
Abwassermenge [m ³]	Keine Einsparung darstellbar			
Formaldehydemission [kg]	0,213	0,047	0,166	77,9

Tab.8: Gegenüberstellung von Ressourcenbedarf und Emissionen bezogen auf 1 m³ MDF nach Blow-Line-Beimung (gemittelte Produktionsdaten bis 2004 vor dem Anlagenumbau) und Trockenbeimung (Daten der TÜV-Messung im September 2007).

Die Werte berechnen sich aus den gemessenen Emissionen im MDF-Trockenbeleimungsbetrieb sowie dem Abgas-Volumenstrom und der Produktionsleistung. Aus den tabellarisch aufgelisteten Daten ergibt sich:

- Die erzielte Bindemittelreduktion beträgt 10,4 %.
- Die Reduktion der Formaldehydemission beträgt 77,9 %. Dies zeigt das Verminderungspotential der Trockenbeleimung auf.
- Elektrische Energie: Eine Einsparung an elektrischer Energie konnte nicht erreicht werden, da für die Förderung des Faservolumens zusätzliche Ventilatoren zur Erzeugung der Transportluft eingebaut wurden. Die benötigte Menge an Strom hat sich dadurch erhöht.
- Wärmeenergie: Die eingesparte Wärmeenergie am Faser Trockner wurde mit 28,1 % ermittelt. Dies spiegelt die erwartete Tendenz richtig wider. Andererseits muss für den Betrieb der Trockenbeleimung die Luft vorgeheizt werden, wodurch sich in Summe eine ausgeglichene Energiebilanz ergibt.

6.2 Wirtschaftliche Betrachtung

Die Weltmarktpreise für Stahl sind während der Projektrealisierung erheblich gestiegen. Daher sind die Anschaffungskosten der Stahlbaukomponenten und zum Teil auch die der Anlagegüter deutlich höher ausgefallen als geplant. Der Generalunternehmer EGGER St. Johann hat die höheren Einkaufspreise an EGGER Brilon weitergegeben, wodurch die Gesamtkosten am Projektende um ca. 13 % überschritten wurden.

Trotz der Mehrkosten hat EGGER Brilon das Projekt mit unverändert hohem Engagement fortgeführt und erfolgreich zum Abschluss gebracht. Die Mehrkosten wurden zu 100 % durch die EGGER Holzwerkstoffe Brilon GmbH gedeckt, so dass das Projekt für den Zuwendungsgeber kostenneutral geblieben ist.

Die technische Anlage zeichnet sich im Vergleich zum ehemaligen Zustand durch einen erhöhten Steuerungsbedarf aus. Dieses rührt im Wesentlichen aus der Splittung des Prozesses Trocknung/Beleimung her. War im "alten" Anlagenlayout die Einstellung der Produktparameter nur für den Faserstrom am Trocknerausgang notwendig, sind nun die Parameter für die jeweiligen Teilvorgänge unter Berücksichtigung der Gesamtanforderung zu erfassen und regeltechnisch optimal zu halten.

Die Menge der zum Einsatz gelangenden Bindemittel hat sich durch den Umbau der Anlage bislang nicht im gewünschten Umfang verändert. Insbesondere für den Einsatz des Bindemittels besteht noch ein Entwicklungsbedarf, um dem Ziel einer 100 %-igen Beileimung mit Hilfe der Trockenbeileimung näher zu kommen.

Grundsätzlich sind der Anlagenbetrieb und etwaige Einsparpotentiale produktabhängig. Insofern scheint ein Vergleich der Einsatzstoffe für ein spezielles Produkt bei Blow-Line- und bei Trockenbeileimung zielführender als ein Vergleich der Einsatzstoffe über Zeiträume, - auch wenn die Produkte im Laufe der Zeit einem gewissen Wandel unterliegen.

Beschreibt man das Einsparpotential bei der Faserplattenproduktion beispielhaft anhand eines typischen Produktes und vergleicht den Materialeinsatz in der Zeit von Mai 2003 bis April 2004 (Blow-Line-Betrieb) mit dem Materialeinsatz in der Zeit von September 2005 bis August 2006, so stellt sich der Materialverbrauch bezogen auf 1 m³ Fertigware folgendermaßen dar:

	2003/2004 [kg/m ³]	2005/2006 [kg/m ³]	Differenz [%]
Leim (Festharz)	135,99	115,76	- 14,9
Additive	26,01	24,94	- 4,1
Trockenspan/-faser (Holz)	828,57	823,70	- 0,6

Tab.9: Darstellung des Einsparpotentials anhand des Materialverbrauchs bezogen auf 1 m³ Fertigware

Von diesem Produkt wurden im Zeitraum 05.2003 bis 04.2004 rund 23.773 m³ und im Zeitraum 09.2005 bis 04.2006 rund 39.288 m³ gefertigt. Bei diesem Beispiel beträgt die Leimersparnis ca. 15 %. Eine Auswertung und ein Vergleich von Produkten aus diesen weit auseinander liegenden Zeiträumen ist nur bedingt möglich, da die Anlagentechnik ständig optimiert wird und sich die Produkte und ihre Herstellparameter dadurch stetig ändern. Neben den Einflüssen der Trockenbeileimung müssen auch weitere anlagentechnische Veränderungen berücksichtigt werden. Letzteres ist auf Grund der Vielzahl der Einflussmöglichkeiten in der Praxis kaum möglich.

Betrachtet man dennoch überschlägig den einjährigen Produktionszeitraum direkt nach der Implementierung der Trockenbeileimung, so zeigte sich am Beispiel der MDF Produkte ein Vorteil durch einen niedrigeren Leimeinsatz in Höhe von knapp 15 %. Die erzielte Einsparung an Bindemittel lag somit geringfügig höher als während der Messkampagne des TÜV Rheinland am 11. und 12.09.2007 (siehe Kapitel 5.4, Tabellen 2 und 3). Bewertet mit den Leimbezugs-

kosten von ca. 453 €/t Festharz betrug die Einsparung ca. 9,20 Euro pro Kubikmeter produzierter Ware.

Unbereinigt der verschiedenen Herstellungsrezepturen ergab sich im ersten Produktivjahr der Trockenbeileimung, dem Wirtschaftsjahr 2006, ein positiver Effekt im Vergleich zu den Produktionsverhältnissen vor Aktivierung in Höhe von 7% der Gesamtleimkosten in diesem Produktspektrum entspricht.

Durch die Leimeinsparung von 14,9 % ergibt sich bezogen auf die Jahresproduktionsmenge von 200.000 m³ ein Einsparpotential von 4.046 t Leim/a. Unter Einbeziehung der eingesparten Kosten ergibt sich die Amortisationszeit zu 13,59 Jahren.

Einsparpotential Leim [t/a]	Investitionssumme [€]	Interner Zinssatz [%]	Technische Nutzung (Jahre)
4.046	12.046.000	12%	15
Einsparung [EUR/Jahr]	Statische Amortisation [Jahre]	Annuitätsfaktor [1/Jahr]	Dynamische Amortisation [Jahre]
1.840.000,00	6,55	0,1468	13,59

Tab.10: Amortisationsberechnung

Das Verfahren der Trockenbeileimung ist allerdings nicht vorrangig unter diesen den Rohstoffeinsatz senkenden Effekten als Erfolg zu werten. Der wesentlichere Erfolg ist, dass mit Hilfe der Trockenbeileimung die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte, ohne die Installation eines sonst notwendig gewordenen Bio-Abgaswäschers, gewährleistet werden konnte.

Die Installation eines solchen Bio-Abgaswäschers wäre mit erheblichen monatlichen Betriebskosten (ca. 100 Tsd. €) verbunden gewesen, so dass schon allein aus diesem Grund die Wirtschaftlichkeit des Projekts gegeben ist.

In Summe also zeigt sich das Verfahren der Trockenbeileimung durchaus als wettbewerbsfähig. Es lassen sich Faserplatten mit gleichen Qualitätsmerkmalen wie bei der bisherigen Blow-Line Technologie herstellen. Nicht zuletzt stellt diese Investition einen wichtigen Beitrag zur Standortsicherung des Werkes Brilon dar.

7. Empfehlungen

7.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

In dem Projekt konnte gezeigt werden, dass der fachbereichsübergreifende Einsatz einer neuen Technologie einen Innovationsschub erbracht hat. Mit der Feinverdüsung von Bindemittel auf getrocknete Holzfasern konnte eine gleich gute Benetzung der einzelnen Faser im Vergleich zu herkömmlichen Beleimverfahren erreicht werden.

Um eine gegenseitige negative Beeinflussung der Produktionsschritte zu unterbinden, ist entgegen der Ursprungsplanung eine striktere Trennung der Transportluftströme von dem vorhandenen Fasertrockner und der Trockenbeleimung notwendig.

Es hat sich gezeigt, dass mit Installation einer verlängerten und damit komplexeren Produktionsstrecke das Erfordernis weitere Prozessparameter zu kontrollieren ansteigt. Für die Trockenbeleimung musste darüber hinaus Hardware zur Reinigung einhergehend mit einem geänderten Reinigungsprogramm installiert werden, um Anbackungen in der Trockenbeleimung zu minimieren.

Als wesentlich und unabdinglich für einen störungsfreien Betrieb ist die Automatisierung der Umschaltung der Betriebsarten Blow-Line-Beleimung auf Trockenbeleimung. Der manuelle Wechsel hat hier zu größeren Stillstandszeiten und Ausschusschargen geführt.

Die derzeit im Tagesbetrieb sicher erreichte Leimeinsparung im Bereich von im Mittel rund 10 % entspricht nicht dem angestrebten Wert. Im Rahmen von Versuchschargen sind die angestrebten Zielwerte jedoch erreicht worden. Ursächlich dafür ist eine begrenzte Reaktionsfähigkeit der verwendeten Leime für die Faserplatte. Diese reagieren zu langsam, um ein ausreichendes Bindevermögen der Fasern zu gewährleisten. Daher muss die Anlage derzeit noch mit Leimüberschuss in Verbindung mit einer teilweisen Blow-Line-Beleimung betrieben werden.

Die grundsätzliche Machbarkeit der vollständigen Umstellung auf die Trockenbeleimung ließ sich in den bisherigen Versuchen jedoch nachweisen. Eine künftige Schwerpunktaufgabe wird darin bestehen, entsprechend angepassten Leim mit geringem Formaldehydanteil zu entwickeln. Dies wird innerhalb der EGGGER-Gruppe weiter vorangetrieben.

Das Verfahren zur Trockenbeimung wurde von EGGER zum Patent angemeldet und unter dem Titel: "Vorrichtung und Verfahren zum Benetzen von Holzfasern mit einem Bindemittelfluid"; DE 101 53 593 B4 vom 17.11.2005 veröffentlicht.

Ebenfalls von EGGER zum Patent angemeldet und veröffentlicht wurde das Verfahren zur Reinigung der Trockenbeimungsanlage mit dem Titel: "Verfahren zur Reinigung einer Anlage zur Trockenbeimung von Zellulosen Fasern"; EP 1 398 127 B1 vom 17.03.2004.

Für die Mikrostrukturierten Düsen der Fa. Böhlinger Ingelheim microParts GmbH ist die Patenterteilung beantragt worden. Die Offenlegungsschrift ist unter der Bezeichnung "Sprühkopf für einen Aerosolbehälter", DE 103 43 672 A1 am 04.05.2005 ausgelegt worden.

7.2 Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens

Mit der Durchführung des Förderprojekts wurden die Umweltvorteile, die Praxistauglichkeit und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens erstmals im realen Produktionsbetrieb demonstriert. Damit sind die Grundlagen für die Verbreitung einer Technologie geschaffen, mit der eine deutliche Verminderung der Umweltbelastung erreicht werden kann.

Es ist beabsichtigt, das Verfahren auch an anderen Standorten der EGGER-Gruppe zu installieren, wobei aus heutiger Sicht die Nachrüstung bestehender Standorte dafür Priorität hat. Als erster Schritt soll nun geprüft werden, ob dieses Verfahren am Standort Wismar eingesetzt werden kann.

Die Umsetzung ist abhängig von der Verbesserung der Leimeinsparung; neue Ideen werden derzeit in einem Optimierungsprojekt in Brilon umgesetzt. Dabei sollen die Auswirkungen auf die hergestellten Produkte, die technischen Möglichkeiten der Implementierung der Anlage, die wirtschaftlichen Aspekte sowie die Auswirkungen auf die Emissionen Berücksichtigung finden. Erst nach Kenntnis aller möglichen Auswirkungen auf den Status Quo kann über eine Umsetzung entschieden werden.

Am Standort Wismar werden z. Zt. 335.000 m³ Faserplatten per anno hergestellt, im Gegensatz zum Standort Brilon ausschließlich für den Baubereich bzw. für die Anwendung als Trägerplatte für Laminatfußboden.

Darüber hinaus soll diese Technologie künftig bei der Errichtung von Neuanlagen berücksichtigt werden.

Aufgrund der grundsätzlichen Vorteile des Verfahrens im Hinblick auf die Emissionsminderung und die Leimersparnis sollte das Interesse daran in der Holzwerkstoff-Industrie groß sein. Seit vielen Jahren wurde ohne durchschlagenden Erfolg weltweit von vielen Branchenmitgliedern an verfahrenstechnischen Lösungen zur Trockenbeleimung geforscht. Mittels pneumatischer Trockenbeleimung kann der Emissionsgrenzwert nicht nur eingehalten, sondern auch deutlich unterschritten werden. Mittels additiver Emissionsminderungsmaßnahmen in Verbindung mit dem konventionellen Blow-Line Beleimungsverfahren ist eine solche Unterschreitung nicht oder nur zu unverträglich hohen Kosten möglich. Des Weiteren wurden fast alle weltweit existierenden Faserplatten-Anlagen von deutschen Anlagenbauern geliefert. Die Verbreitung des innovativen Verfahrens von Deutschland aus kann somit zusätzlich die Wirtschaftskraft und Wettbewerbsfähigkeit der Anlagenbauer stärken. Hierzu ist jedoch noch erhebliche Entwicklungsarbeit zu leisten.

Die erzielte Emissionsminderung eröffnet einen weiteren Aspekt: Bei einer Verbreitung des Verfahrens könnte somit langfristig die Voraussetzung für eine Fortschreibung der entsprechenden umweltrechtlichen Regelungen, sprich einer Verschärfung der Emissionsgrenzwerte geschaffen werden.

Es ist vorgesehen, Lizenzen für die pneumatische Trockenbeleimung an andere Unternehmen der Branche zu verkaufen. Dazu wird die EGGER-Gruppenleitung entsprechende Gespräche führen.

Nicht zuletzt ist zu erwarten, dass für die Schlüsseltechnologie des Verfahrens, die darin besteht, mittels extrem feiner Zerstäubung die Oberfläche kleiner Partikel optimal und sparsam zu benetzen, auch Anwendungsgebiete in völlig anderen Branchen existieren (z.B. Oberflächenbeschichtung, flüssig-fest Reaktionen in der Chemieindustrie, Kraftstoffeinspritzung bei Verbrennungsmotoren, etc.). Es liegt nahe, dass damit auch dort umwelt- und ressourcenschonende Effekte erreicht werden können.

Durch dieses Projekt wird die Technologie branchenintern und -übergreifend bekannt gemacht und ihr erfolgreicher großtechnischer Einsatz demonstriert. Somit können das Verfahren verbreitet und langfristig neue Anwendungsgebiete identifiziert und erschlossen werden. Daran sind sowohl die Anlagenbauer als auch Entwickler und Hersteller von Technologien, die mit Beleimungsverfahren arbeiten, bei denen eine extrem feine Zerstäubung und z.B. gleichmäßige und sparsame Partikelbenetzung von Bedeutung sind, grundsätzlich interessiert.

8. Zusammenfassung

Mit dem Bau der pneumatischen Trockenbeimung sind wir dem angestrebten Ziel der großtechnischen Umsetzung und der damit einhergehenden Emissions- und Bindemittelreduzierung näher gekommen. Mittlerweile ist die Trockenbeimungsanlage in den alltäglichen Produktionsbetrieb eingebunden, auch wenn immer noch ein Teil der Beimung im Blow-Line-Verfahren erfolgen muss. Zur vollständigen Abkehr von diesem Verfahren bedarf es der Weiterentwicklung der Bindemittelkomponenten.

Es wurde gezeigt, dass die Trockenbeimung das Potenzial hat, in weiteren Anlagen zur Faserplattenherstellung großtechnisch zum Einsatz zu gelangen. Entsprechende Vorüberlegungen zur Nachrüstung des EGGGER-Standortes Wismar mit dieser Technologie laufen.

9. Literatur

- BMBF: Beleimung von getrockneten Holzfasern zur Herstellung von Mitteldichten Faserplatten (MDF) und Faserformteilen, Förderprojekt, Förderkennzeichen 01 RV 9814, 18.09.1998
- Böhler, H.: Verfahren und Vorrichtung zur zweistufigen Trocknung von Fasern aus Biomasse, Offenlegungsschrift DE 196 09 530 A1, DPMA, 02.10.1997
- Brinkmann, E.: Verfahren und Vorrichtung zum kontinuierlichen Beleimen von Mischgut, Patentschrift DE 43 15 922 C1, DPMA, 24.11.1994
- Buchholzer, P.: Leimverlusten auf der Spur, MDF-Magazin 1999 (Supplement von Holz-Zentralblatt und HK), Seite 22-24
- Buchholzer, P.: Trockenbeleimung in der MDF-Herstellung, Holz-Zentralblatt 126, 2000, Nr. 145, S. 2018-2019
- Buchholzer, P.: Trockenbeleimung als Alternative zur Blow-Line-Beleimung in der MDF-Herstellung, Projektarbeit, Fraunhofer WKI, 2001
- Claßen, H.: Anlage und Verfahren zum Beleimen von Fasern für die Herstellung von Faserplatten, insbesondere MDF-Platten und dergleichen Holzwerkstoffplatten, Offenlegungsschrift DE102 47 412 A1, DPMA, 29.04.2004
- Deppe, H-J.: Taschenbuch der Spanplattentechnik, 4. Aufl., DRW-Verlag 2000
- Greten, T.: Binos Trocken-/Mischbeleimung, Broschüre Binos Technologies, Binos GmbH, 31832 Springe, 03/2002
- Greten, T.: Trockenbeleimung der 2. Generation für die MDF-Fertigung, MDF-Magazin 2005 (Supplement von Holz-Zentralblatt und HK), Seite 85-86
- Himmelreich, M.: Verfahren zum Reinigen einer Anlage zur Trockenbeleimung von zellulösen Fasern, Europ. Patentanmeldung EP 1 398 127 A1, Europäisches Patentamt, 13.09.2002
- Maloney, T.M.: Modern Particleboard & Dry-Process, Fiberboard Manufacturing, Miller Freeman Publ.Inc., 1977, San Francisco, USA, S.448-449
- Michanickl, A.: Verfahren zum Beleimen von Fasern, Patentschrift DE 197 40 676 C2, DPMA, 17.07.2003
- Michanickl, A.: Möglichkeiten der Bindemittelsparung bei Holzwerkstoffen, WKI-Berichte, Fraunhofer-Institut für Holzforschung; (2005), Band/Heft Nr. 39, Seiten 7.1 - 7.8
- Leonhartsberger, J.: Vorrichtung zur Trockenbeleimung von Teilchen in Form von Fasern und Spänen, Offenlegungsschrift DE 101 04 047 A1, DPMA,
- Rohrschneider, M.: Sprühkopf für einen Aerosolbehälter, Offenlegungsschrift DE 103 43 672 A1, DPMA, 04.05.2005

- Roll, H.: Verfahren und Vorrichtung zur Benetzung faseriger Rohstoffe mit Bindemittel, Offenlegungsschrift DE 102 24 090 A1, DPMA, 11.12.2003
- Schiegl, W.: Vorrichtung und Verfahren zur Benetzung von Holzfasern mit einem Bindemittelfluid, Patentschrift DE 101 53 593 B4, DPMA, 17.11.2005
- Schoeler, M.: Innovative Siempelkamp-Technik steigert Wirtschaftlichkeit der MDF-Erzeugung, MDF-Magazin 2001 (Supplement von Holz-Zentralblatt und HK), Seite 58-59
- Soiné, H.: Holzwerkstoffe, DRW-Verlag 1995

10. Anhang

Abkürzungsverzeichnis

Blow-Line-Beleimung	Leimeindüsung in Blasleitung zwischen Zerfaserung und Trocknung
BMBF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, 53170 Bonn
DNPH	Messverfahren mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin
DPMA	Deutsches Patent und Markenamt, München
EPF	European Panel Federation
FuE	Forschung und Entwicklung
HDF	Hoch-Dichte-Faserplatte
kWh	Kilowattstunde
MDF	Mittel-Dichte Faserplatte
MDF-MB	MDF-Platte für Membranbeschichtung
mg/m ³	Milligramm pro Kubikmeter
NIR	kurzwellige Infrarotstrahlung – near infrared
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung von Luft 2002 (1. Bundes-Immissionsschutzverordnungsvorschrift)
Trockenbeleimung	Beleimung der nach Trocknung pneumatisch transportierten Holzfasern durch mikrostrukturierte Düsen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	EGGER Holzwerkstoffe am Standort Brilon vor Beginn der Maßnahme
Abbildung 2:	Prinzip der Blow-Line-Beleimung
Abbildung 3:	Prinzip der pneumatischen Trockenbeleimung
Abbildung 4:	Schematische Darstellung der Faserplattenproduktionsanlage nach Projektabschluss mit integrierter Trockenbeleimung
Abbildung 5:	Zeitlicher Ablauf des Vorhabens
Abbildung 6:	Ansicht der pneumatischen Trockenbeleimungsanlage

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der zu erwartenden Nachteile von Abgasreinigungseinrichtungen im Vergleich zum projektgegenständlichen Verfahren
Tabelle 2:	Produktreihenfolge TÜV-Messtag 1
Tabelle 3:	Produktreihenfolge TÜV-Messtag 2
Tabelle 4:	Messergebnisse HDF Trockenbeleimung
Tabelle 5:	Messergebnisse HDF Blow-Line-Beleimung
Tabelle 6:	Messergebnisse MDF Trockenbeleimung
Tabelle 7:	Messergebnisse MDF Blow-Line-Beleimung
Tabelle 8:	Gegenüberstellung von Ressourcenbedarf und Emissionen bezogen auf eine Losgröße von 1 m ³ MDF nach Blow-Line-Beleimung (Daten 2004) und Trockenbeleimung 2007
Tabelle 9:	Darstellung des Einsparpotentials anhand des Materialverbrauchs bezogen auf 1 m ³ Fertigware
Tabelle 10:	Amortisationsberechnung