

Vom Batch zur Pilotanlage: Heißluft/Heißdampfverfahren zur Herstellung von Holzfaserdämmstoffen

Vo Dan, K.; Lohrengel, A.

Der Artikel beschreibt die Entwicklung der Pilotanlage für das Heißluft/Heißdampfverfahren zur Herstellung von Holzfaserdämmstoffen. Das Vorhaben wird vom Biotechnikum der Universität Göttingen in Kooperation mit dem Institut für Maschinenwesen (IMW) der TU Clausthal durchgeführt und durch die Initiative „Zukunft Bau“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) gefördert. Ausgangspunkt ist der Bedarf an ökologischen Dämmmaterialien und der Einsatz natürlicher bzw. naturnaher Bindemittel, die höhere Aushärtetemperaturen als herkömmliche synthetische Bindemittel erfordern.



The article describes the development of a prototype for the hot-air/hot-steam process used to manufacture wood-fiber insulation boards. The project is being carried out by the Biotechnikum of the University of Göttingen in cooperation with the Institute of Mechanical Engineering at Clausthal University of Technology and is funded by the “Zukunft Bau” initiative of the Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development. It is driven by the need for ecological insulation materials and the use of natural or bio-based binders, which require higher temperatures than conventional synthetic binders.

Einleitung

Nachhaltigkeit ist im modernen Bauwesen zu einem zentralen Leitmotiv geworden. Die Verwendung regenerativer Ressourcen und ökologischer Baustoffe gewinnt zunehmend an Bedeutung. Im Bereich der Gebäudedämmung rücken Holzfaserdämmstoffe zunehmend in den Fokus als vielversprechende Alternative zu konventionellen Produkten. Obwohl diese Materialien inzwischen am Markt etabliert sind, erfolgt ihre industrielle Herstellung heute noch überwiegend mit synthetischen Isocyanat-Bindemitteln wie pMDI (polymeres Diphenylmethandiisocyanat). Diese synthetischen Bindemittel geraten vermehrt in die Kritik, da sie weder aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen, noch biologisch abbaubar sind. Zudem gelten Isocyanate wie pMDI als gesundheitsschädlich [1].

Um vollständig nachhaltige Holzfaserdämmstoffe zu ermöglichen, sollen künftig natürliche oder naturnahe Bindemittel eingesetzt werden, beispielsweise tierische oder pflanzliche Proteine wie Lignin. Allerdings benötigen diese Bindemittel zur

Aushärtung deutlich höhere Temperaturen als synthetische Varianten. Mit den aktuell eingesetzten industriellen Verfahren, die meist auf Dampf-Luft-Gemischen beruhen, ist dies bislang nicht realisierbar.

Im Rahmen mehrerer aufeinander aufbauender Projekte, gefördert durch die Initiative „Zukunft Bau“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), wird das neue Heißluft/Heißdampfverfahren nach /4/ weitergehend untersucht und in Prototypanlagen erprobt, die höhere Prozesstemperaturen erlauben. Ziel der Projekte ist es, die industrielle Anwendbarkeit des Verfahrens nachzuweisen.

Funktionsweise des Heißluft/Heißdampfverfahrens

In der Industrie wird zur Herstellung der Holzfaserplatten in erster Linie mit einem Dampf-Luft-Gemisch gearbeitet. Die Problematik damit besteht darin, dass gesättigter Dampf bei Normaldruck physikalisch auf 100 °C begrenzt ist. Für synthetische Bindemittel ist dies ausreichend, jedoch erfordern natürliche Bindemittel eine höhere Aushärtungstemperatur. Das patentierte Heißluft/Heißdampfverfahren kombiniert eine Heißluft-Vorwärmphase mit einem Heißdampf-Impuls. Dabei wird zunächst das Faservlies mit heißer Luft aufgeheizt und anschließend mit einem kurzen Dampfstoß beaufschlagt. Der Dampf kondensiert dadurch im kühleren Faserverbund und gibt dort schlagartig Energie in Form von Kondensationswärme ab. Das Ergebnis ist ein sprunghafter Temperaturanstieg in der Faserplatte. Die Abbildung 1 verdeutlicht dieses Phänomen. In Batch-Versuchen an 40 mm dicken Holzfaserplatten aus Fichtenfasern mit einer Abmessung von 50 x 50 cm und einer Rohdichte von ca. 200kg/m³ wurde die Temperatur im Platteninneren mit Temperaturfühlern gemessen.

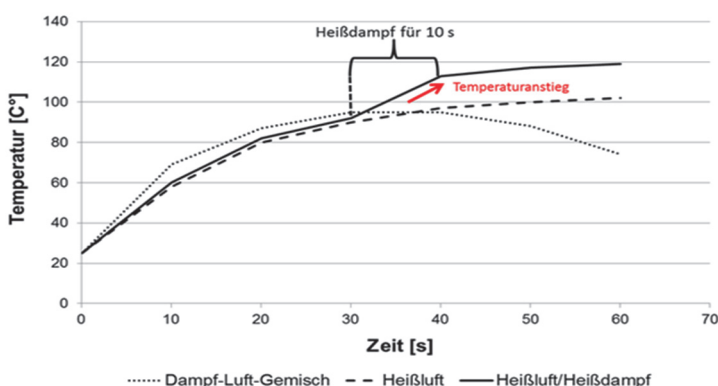


Abbildung 1: Thermische Verläufe verschiedener Herstellungsverfahren für Holzfasern im Batch-Verfahren /5/

Dabei wurden drei Verfahren verglichen: Dampf-Luft-Gemisch, reine Heißluft sowie die Kombination aus Heißluft und Heißdampf. Aus Abbildung 1 ist zu erkennen, dass das Dampf-Luft-Gemisch den Kern innerhalb von etwa 30 s auf 95 °C erwärmt, diese Temperatur jedoch nicht überschreitet. Anschließend sinkt sie durch die zunehmende Feuchte im Inneren wieder ab. Reine Heißluft erreicht unter optimalen Bedingungen etwas über 100 °C und benötigt dafür rund 50 s. Für Heißluft/Heißdampf wurde nach 30 s Heißluft ein Heißdampfstoß zugegeben. Dadurch steigt die Kerntemperatur rapide bis auf etwa 120 °C an. In den Pilotanlagen wird ebenfalls angestrebt, den Plattenkern zunächst mit Heißluft auf etwa 100 °C zu erhitzen bevor der Heißdampf hinzukommt. Eine Temperatur von 120°C ist nach 2/3 für die Aushärtung der natürlichen Bindemittel ausreichend.

Vom Batch zur voll-kontinuierlichen Prototypanlage

Um das Heißluft/Heißdampfverfahren zu erproben wurden die ersten Versuche im Batch-Verfahren durchgeführt: In einer geschlossenen Kammer wurden Holzfasern aufgelegt, mechanisch zusammengepresst und von unten nacheinander mit Heißluft und anschließend Heißdampf behandelt. Oben befindet sich eine Ablufthaube, die die aufsteigende Luft-/Dampfströme absaugt. Die Abbildung 2 zeigt die Prinzipskizze des Batch-Verfahrens. Auf dieser Basis wurde das Konzept auf eine semi-kontinuierliche Anlage überführt. Eine Prinzipskizze der semi-kontinuierlichen Anlage ist in Abbildung 3 zu sehen.

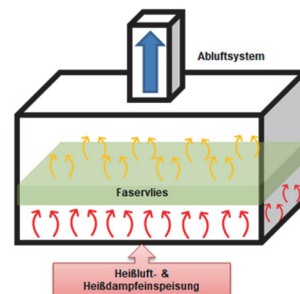


Abbildung 2: Prinzipskizze des Batch-Verfahrens /6/

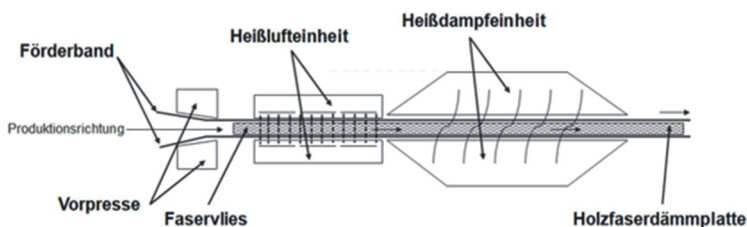


Abbildung 3: Prinzipskizze der semi-kontinuierlichen Anlage /5/

Hier werden die Fasern nach dem Mischen, Beleimen und Vorbereiten gleichmäßig zu einer lockeren Matte auf das Formband gestreut und händisch in die Vorpresse übergeben, die aus zwei zusammenlaufenden Formbändern besteht. Dadurch wird die Fasermatte auf die Zieldicke verdichtet. Anschließend durchläuft die vorgepresste Fasermatte erst die Heißlufteinheit und dann die Heißdampfeinheit. Diese bestehen aus Luft- bzw. Dampfzylindern, die unmittelbar hinter der Vorpresse ober- und unterhalb der Matte an den Förderbändern befestigt sind.

Für den Übergang in den vollkontinuierlichen Prozess wurde vor der Vorpresse ein Faserbunker installiert. Ein Kratzer lockert die Fasern auf, während zwei Streuwalzen das Material dosieren und gleichmäßig auf das Einlaufband verteilen. Eine regelbare Bandgeschwindigkeit im Bunker sorgt für einen konstanten Massenstrom zum Formband der Vorpresse. Bunker und Vorpresse sind dabei aufeinander abgestimmt. Maßgebliche Parameter sind Bandgeschwindigkeiten, Streumenge, Drehzahl der Streuwalzen und Verdichtungsverhältnis, die in Vorversuchen ermittelt wurden. Bei kontinuierlicher Beschickung des Bunkers lässt sich so eine endlose Holzfaserplatte mit 50 cm Breite und einer einstellbaren Dicke zwischen 20 und 60 mm erzeugen. Im Anschluss erfolgt die Behandlung analog zur semi-kontinuierlichen Anlage in der Heißluft- und Heißdampfeinheit. Die Prinzipskizze der voll-kontinuierlichen Anlage ist in Abbildung 4 abgebildet.

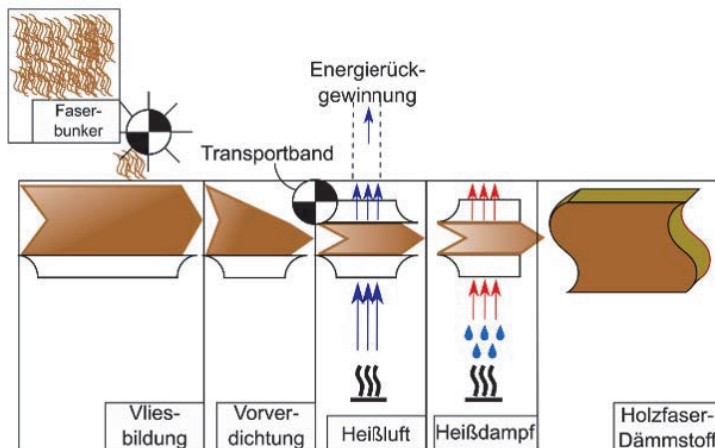


Abbildung 4: Prinzipskizze der voll-kontinuierlichen Anlage /7/

Zusammenfassung und Ausblick

Die erste Hälfte des aktuellen Projekts konzentrierte sich auf die Vorschaltung eines Faserbunkers und dessen Abstimmung mit der Vorpresse. Diese Arbeiten sind weitgehend abgeschlossen und die Anlage produziert nun kontinuierlich auslaufende Platten. Ein aktueller Anlagenaufbau sowie eine hergestellte Platte sind in Abbildung 5 dargestellt.

Im weiteren Projektverlauf stehen neben kleineren Prozessoptimierungen vor allem zwei Punkte im Fokus. Erstens ist die Implementierung einer Inline-/Echtzeitmesstechnik zur Überwachung zentraler Größen wie Kerntemperatur und Dichte über Länge und Breite der Platte. Auf dieser Basis wird eine automatische Regelung der Prozessparameter (z. B. Bandgeschwindigkeit, Zonentemperaturen, Luft-/Dampfvolumenströme) umgesetzt. Zweitens ist der Aufbau einer Versuchsdatenbank der Pilotanlage, in der Prozess- und Ergebnisdaten systematisch erfasst werden. Diese Daten dienen als Grundlage für ein mittlernendes KI-Modell, das Eigenschaften verschiedener Holzfaserplatten vorhersagen und künftig Sollwerte bzw. Optimierungsvorschläge für den Betrieb ableiten soll.



Abbildung 5: Aktueller Anlagenaufbau und damit hergestellte Holzfaserdämmplatte

Danksagung

Die Arbeiten entstanden im Rahmen mehrerer aufeinander aufbauender Projekte der Initiative „Zukunft Bau“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Das aktuell geförderte Projekt trägt die Nummer: 10.08.18.7-24.07. Die Autoren danken für die Förderung und fachliche Begleitung. Ein besonderer Dank gilt zudem unserem Projektpartner an der Universität Göttingen, namentlich Herrn Arne Beulshausen und Herrn Prof. Dr. Markus Euring vom Biotechnikum.

Literatur

- /1/ Yang, X.; Zhang, Y.P.; Chen, D.; Chen, W.G.; Wang, R.: Eye irritation caused by formaldehyde as an indoor air pollutant – A controlled human exposure experiment. *Biomedical and Environmental Sciences (BES)*, 14(3), S. 229–236, 2001.
- /2/ Bouajila, J.; Dole, P.; Joly, C.; Limare, A.: Some laws of a lignin plasticization. *Journal of Applied Polymer Science*, 102(2), S. 1445–1451, 2006.
- /3/ Nada, A.; Abou Yousef, H.; El-Gohary, S.: Thermal degradation of hydrolyzed and oxidized lignins. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 68(1), S. 265–273, 2002.
- /4/ Kharazipour, A.; Euring, M.: Verfahren zur Herstellung von Holz- und/oder Verbundwerkstoffen. Angemeldet durch Georg-August-Universität Stiftung des öffentlichen Rechts am 28.02.2013. Veröffentlichungsnr: WO2013127947A1. Prioritätsdaten: DE102012101716.6 01.03.2012.
- /5/ Euring, M.; Kirsch, A.; Kharazipour, A.: Hot-Air/Hot-Steam process for the production of Laccase-Mediator-System bound wood fiber insulation boards. *BioResources*, 10(2), S. 3541–3552, 2015. DOI: 10.15376/biores.10.2.3541-3552.
- /6/ Beulshausen, A.; Rehmet, R.: Vorstellung des Projektes „Innovatives Heißluft/Heißdampfverfahren zur Herstellung natürlich gebundener Holzfaserdämmstoffe“. Projekttage Zukunft Bau, Präsentation (PowerPoint), 2022.
- /7/ Rehmet, R.; Beulshausen, A.: Übersichtsschema der zu entwickelnden vollkontinuierlichen Fertigungsanlage zur Holzfaserdämmstoffherstellung im Heißluft-/Heißdampfverfahren. Grafik im Projekt „Zukunft Bau“, BBSR (Projekt 1008187-2407), 2023.