

AiF-Projekt | Entwicklung nichtbrennbarer Leichtbau-Verbundsysteme auf der Basis von dünnen Brandschutzplatten mit Faserarmierung und mineralisch hochgefüllten Papieren für die Hohlraumstrukturen

AiF-Forschungsvorhaben Nr.: 16613 N

Forschungsstelle 1:
Technische Universität München
Institut für Holzforschung
Winzererstraße 45
80797 München

Forschungsstelle 2:
Papiertechnische Stiftung
Papiertechnisches Institut PTS-PTI
Heßstraße 134
80797 München

Im mehrgeschossigen Holzbau wird der Bedarf an leichten Brandschutzbaustoffen, etwa für Bekleidungen (z. B. Kabelschächte) und tiefer gehängte Deckenpaneele zunehmen. Mineralisch basierte Verbunde aus dünnen Brandschutzplatten mit Faserarmierung (im Weiteren als düBraFa bezeichnet) sowie mineralisch hochgefüllten Papieren in Wabenstruktur bieten sich aufgrund ihrer hohen Temperaturbeständigkeit und Nichtbrennbarkeit (Baustoffklasse A) zur Herstellung von Leichtbaustrukturen als Baustoff im Brandschutzbereich an und wurden von der Holzforschung München (HFM) und der Papiertechnischen Stiftung (PTS) gemeinsam entwickelt.

Zunächst wurden zur optimalen Rohstoffauswahl des zu entwickelnden Faserverbundwerkstoffes verschiedene mineralische Schüttstoffe (Quarzsand, Perlite, Blähglas) sowie Naturfasern (Hanf, Flachs, Kokos, Sisal, etc.) auf ihre Eignung hin untersucht. Es wurden Laborplatten in verschiedenen Materialzusammensetzungen hergestellt und ihr mechanisches Verhalten (E-Modul, Biegefestigkeit) sowie die Brandeigenschaften (Kalorimetertest) geprüft. Bei der Wahl des Klebstoffes wurden aufgrund der Nichtbrennbarkeit von Wasserglas jeweils verschiedene Klebstofftypen auf der Basis von Natron- bzw. Kaliumwasserglas getestet.

Das verwendete Blähglas wies eine Korngröße von 0,1-0,3 mm und ein Schüttgewicht von 466 kg atro/m^3 auf. Der verwendete Perlit wies eine Korngröße von 0,25-1 mm und ein Schüttgewicht von 56 kg atro/m^3 auf. Die Abmessungen der verwendeten Naturkurzfasern sind in Tabelle 1 aufgeführt. Für die Anteile der jeweils verwendeten Rohstoffkomponenten sowie des Klebstoffes ergab sich als optimales Mischungsverhältnis ein Gewichts-Anteil von jeweils 75 % an mineralischem Schüttstoff.

Es wurde jeweils die Biegefestigkeit und der E-Modul für verschiedene Varianten bestimmt. Bei der Bestimmung des mechanischen Verhaltens ergaben sich für den Fasermatrix-Verbund tendenziell in der Materialzusammensetzung Perlite und Flachfasern sowie Natronwasserglas als Klebstoff, die höchsten Werte bei der Biegefestigkeit und dem E-Modul.

Im Laufe der Versuchsreihen konnte mit einer verbesserten Methodik die Dicke der Laborplatten sukzessive von anfangs 5 mm auf 2 mm verringert werden. Aufgrund der geringen Dicken bei gleichzeitig jeweils hoher Rohdichte ist vor allem der Abtransport der Feuchtigkeit während dem Heißpressen kritisch, da dieser normalerweise nur über die Schmalfläche der Platte erfolgen kann. Um den Abtransport der Feuchte auch über die Plattenoberfläche zu gewährleisten, wurde eine Verpressung mit einer Gitterstruktur auf der Heizplattenfläche entwickelt. Aus den hergestellten Platten mit den besten mechanischen Eigenschaften wurden zur Ermittlung des Brennwertes Proben entnommen und im Kalorimeter geprüft. Tabelle 2 zeigt im Überblick die ermittelten mechanischen Kennwerte im Vergleich zum ermittelten Brennwert.

Auf der Grundlage der erarbeiteten Spezifikationen der am besten geeigneten Rohstoffe und des Mischungsverhältnisses der Rohstoffkomponenten sowie der Optimierung der Prozessparameter wurden zur Entwicklung des Verbundwerkstoffes größere düBraFa-Platten hergestellt und als Decklagen verwendet.

Zur Herstellung nicht entflammbarer, hochgefüllter Papiere im Labormaßstab wurden zunächst geeignete Füllstoffe auf Basis von Aluminiumoxiden und -hydroxiden, Calciumcarbonat/Magnesiumhydroxid, Kaolin, Metakaolin und Perlit ausgewählt und charakterisiert. Als Fasermaterial wurde gebleichte Cellulose eingesetzt, um faserstoffbedingte Einflüsse zu minimieren.

Nach der Entwicklung geeigneter Papierrezepturen wurden mittels Rapid-Köthen (RK)-Blattbildner hochgefüllte Laborblätter (Füllstoffgehalt jeweils ca. 80 %) mit den ausgewählten Pigmenten hergestellt. Die Blätter wurden satiniert (60 °C/ 91 kN/m) und hinsichtlich ihrer anwendungsrelevanten Eigenschaften charakterisiert. Unter anderem wurden die Festigkeiten vor und nach Satinage, die Aufnahmefähigkeit für die Imprägnierlösung und die ohne Festigkeitsverlust erreichbaren anorganischen Anteile untersucht. Die Abbildung 4 zeigt die breitenbezogene Bruchkraft der Rohpapiere. Die höchste Bruchkraft wird mit Aluminiumoxid erreicht, gefolgt von Kaolin.

Aus der Abbildung 5 ist ersichtlich, dass die Biegesteifigkeit bei Kaolin und Metakaolin am höchsten ist. Sie ist abhängig vom Papiervolumen und wird daher in der Regel durch die Satinage reduziert.

Um die Brennbarkeit der hochgefüllten Rohpapiere zu reduzieren, wurden sie mit anorganischen Bindemitteln auf Basis von Silicat- und Aluminiumsalzlösungen imprägniert und thermisch ausgehärtet. Dazu wurden geeignete Auftrags- und Aushärteverfahren entwickelt und optimiert. Zielparameter waren die Festigkeitseigenschaften, die Umformbarkeit und der Brennwert.

Die imprägnierten, ausgehärteten Laborblätter wurden papiertechnisch charakterisiert und auf ihren Brennwert überprüft (Abbildung 6). Der Heizwert der kaolingefüllten Papiere lag am niedrigsten. Aufgrund der erreichbaren Festigkeiten und des niedrigen Heizwerts wurden sie für Versuche zur weiteren Reduzierung des Brennwertes durch den Teilersatz von Zellstoff mit Mineralfasern ausgewählt. Es wurden Laborblätter mit 10 % – 30 % Mineralfasern (bezogen auf Zellstoff) hergestellt, satiniert, imprägniert und ausgehärtet. Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, dass der Heizwert durch den Zusatz von Mineralfasern deutlich gesenkt werden kann.

Die im Labormaßstab ermittelten Spezifikationen zur Optimierung der Papierrezeptur wurden auf den Technikumsmaßstab übertragen. Es wurden bei der PTS mineralisch hochgefüllte Papiere mit einem Anteil an Mineralfasern auf der Technikumpapiermaschine hergestellt. Aus diesen Papieren wurden an der HFM in einem manuellen Verfahren Expansionswaben für die Mittellagen des nichtbrennbaren Leichtbau-Verbundsystems hergestellt. Diese Papierwaben wurden mit den düBraFa-Decklagen verpresst. Die im Technikumsmaßstab hergestellten Verbundwerkstoffplatten aus düBraFa-Decklagen und Papierwaben-Mittellage wurden nach EN ISO 13823 (SBI-Test) hinsichtlich ihres Brandverhaltens geprüft, um diesen Leichtbauverbund-werkstoff einer Baustoffklasse zuordnen zu können. Das Ergebnis des SBI Tests zeigt, dass die Baustoffklasse A2 (nicht brennbar) erreicht werden kann. Die Rohdichte des entwickelten Leichtbauverbundsystems liegt knapp über 300 kg/m³ und der Biege-E-Modul bei ca. 2000 N/mm². Das Ergebnis dieses Projekts zeigt, dass ein nichtbrennbarer Leichtbauverbund-werkstoff auf Basis von düBraFa-Decklagen und Expansionswaben aus mineralisch gefüllten Papieren entwickelt werden konnte, der sowohl brandschutztechnisch als auch hinsichtlich des geringen Gewichts zur Verwendung als nichtbrennbarer Leichtbauwerkstoff (z. B. Deckenpaneel) im mehrgeschossigen Holzbau geeignet ist.

Das Projekt wird mit der Papiertechnischen Stiftung (PTS)

München unter der Leitung von Dr. Reinhard Grenz durchgeführt.

Projektleiter der HFM sind Hendrick Buddenberg und Dr. Sebastian Tremel.



Abb. 1: Muster einer nichtbrennbaren Leichtbauverbundplatte aus düBraFa-Decklagen und Papierwaben-Mittellage (Foto HFM)

Tab.1: Abmessungen der verwendeten Naturfasern

Probe	Länge [mm]	Dicke [mm]	Schlankheitsgrad [l/d]
Flachs	2	0,01	200
Hanf	2	0,02	100
Kokos	5	0,25	20
Sisal	4	0,2	20

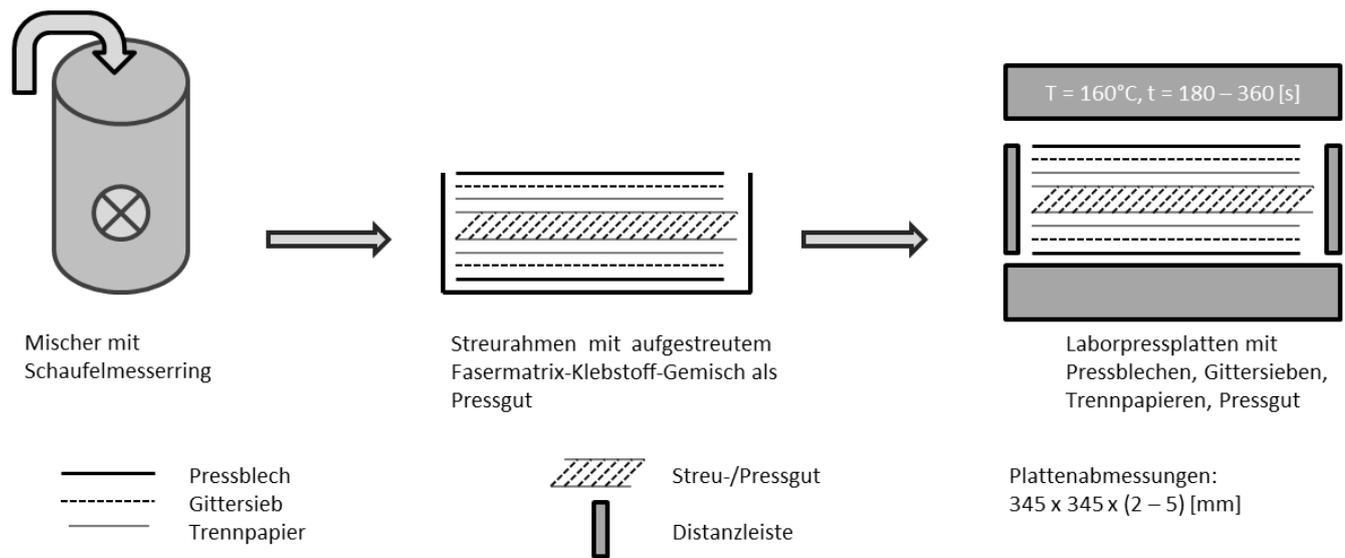


Abb. 2: Verfahrensschema der Herstellung der düBraFa im Labormaßstab

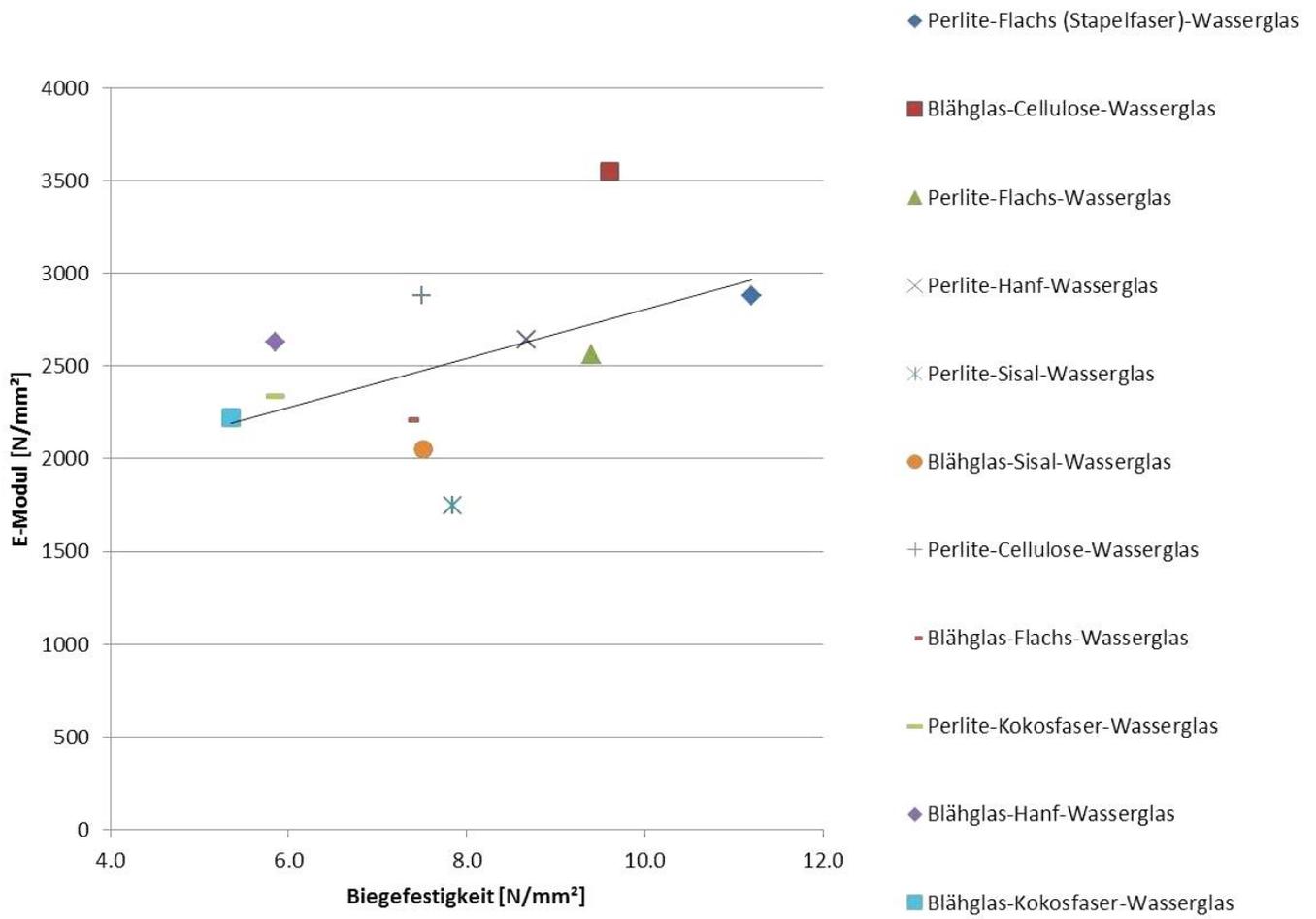


Abb. 3: Korrelation der ermittelten Biegefestigkeit und des E-Moduls in Abhängigkeit der verwendeten Rohstoffvariante

Tab. 2: Ermittelte mechanische Kennwerte und Heizwerte verschiedener Rohstoffvarianten

Material-zusammensetzung	Biege- festigkeit [N/mm ²]	E-Modul [N/mm ²]	PCS- Wert [MJ/kg]
Flachs-Perlite	9,4	2550	1,867
Hanf-Perlite	8,7	2642	1,782
Blähglas-Cellulose	9,1	3549	1,849
Sisal-Perlite	7,8	1753	1,911

Tab. 3: Zusammensetzung und Brennwert der Papiere (Mengenangaben in Gewichtsprozent)

Probe	Zellstoffanteil	Mineralfaseranteil	Füllstoffgehalt	Imprägnier- mittelanteil	Brennwert (MJ/kg)
Nicht imprägniertes Rohpapier	17	0	80	0	-
Kaolingefülltes Standardsystem	14	0	80	56	2,72
Zusatz von 10 % Mineralfasern	12,1	1,3	32,8	53,8	2,66
Zusatz von 20 % Mineralfasern	10,5	2,6	34,5	52,4	2,35
Zusatz von 30 % Mineralfasern	8,9	3,8	36,4	50,9	1,81

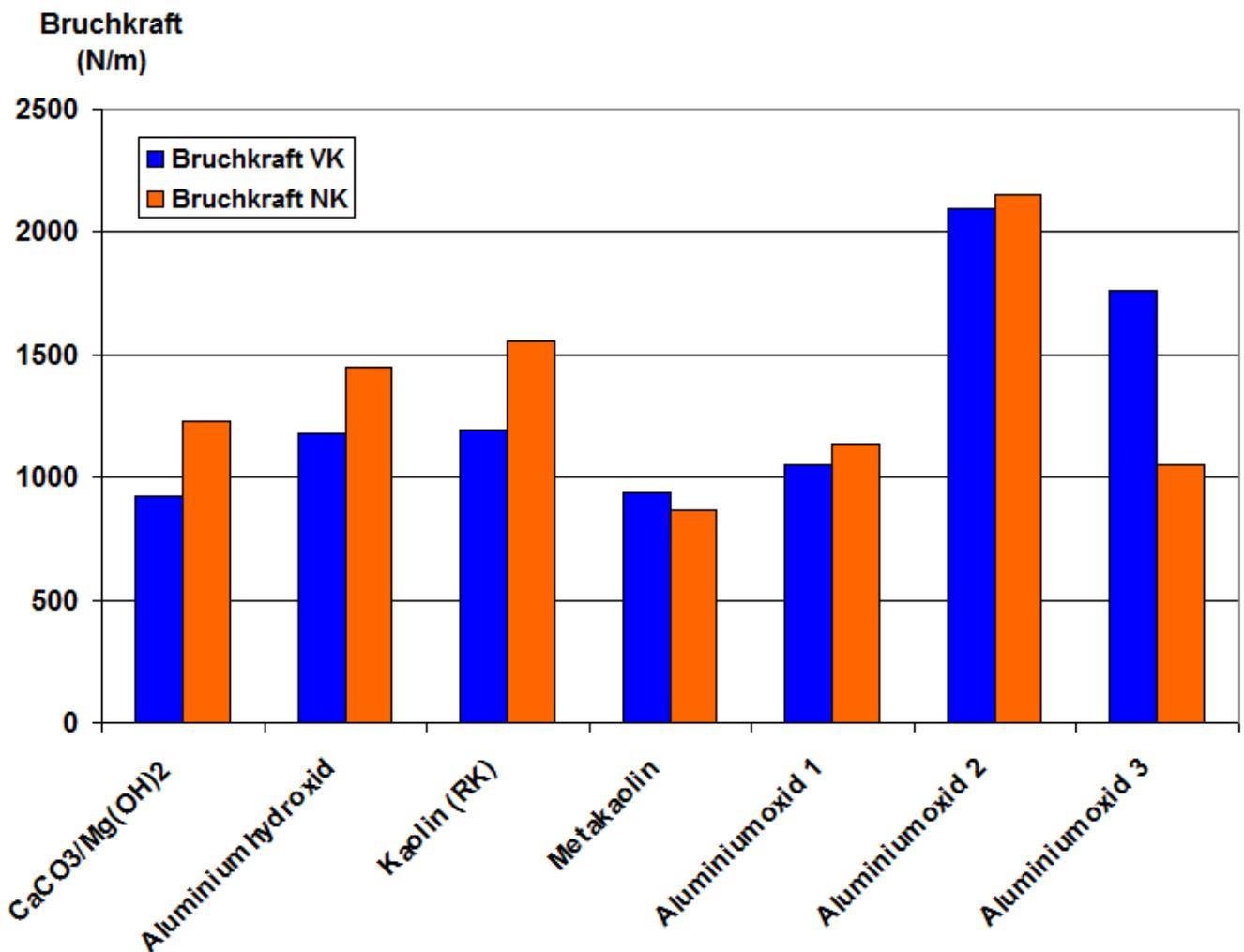


Abb. 4: Breitenbezogene Bruchkraft (VK: vor Kalander, NK: nach Kalander)

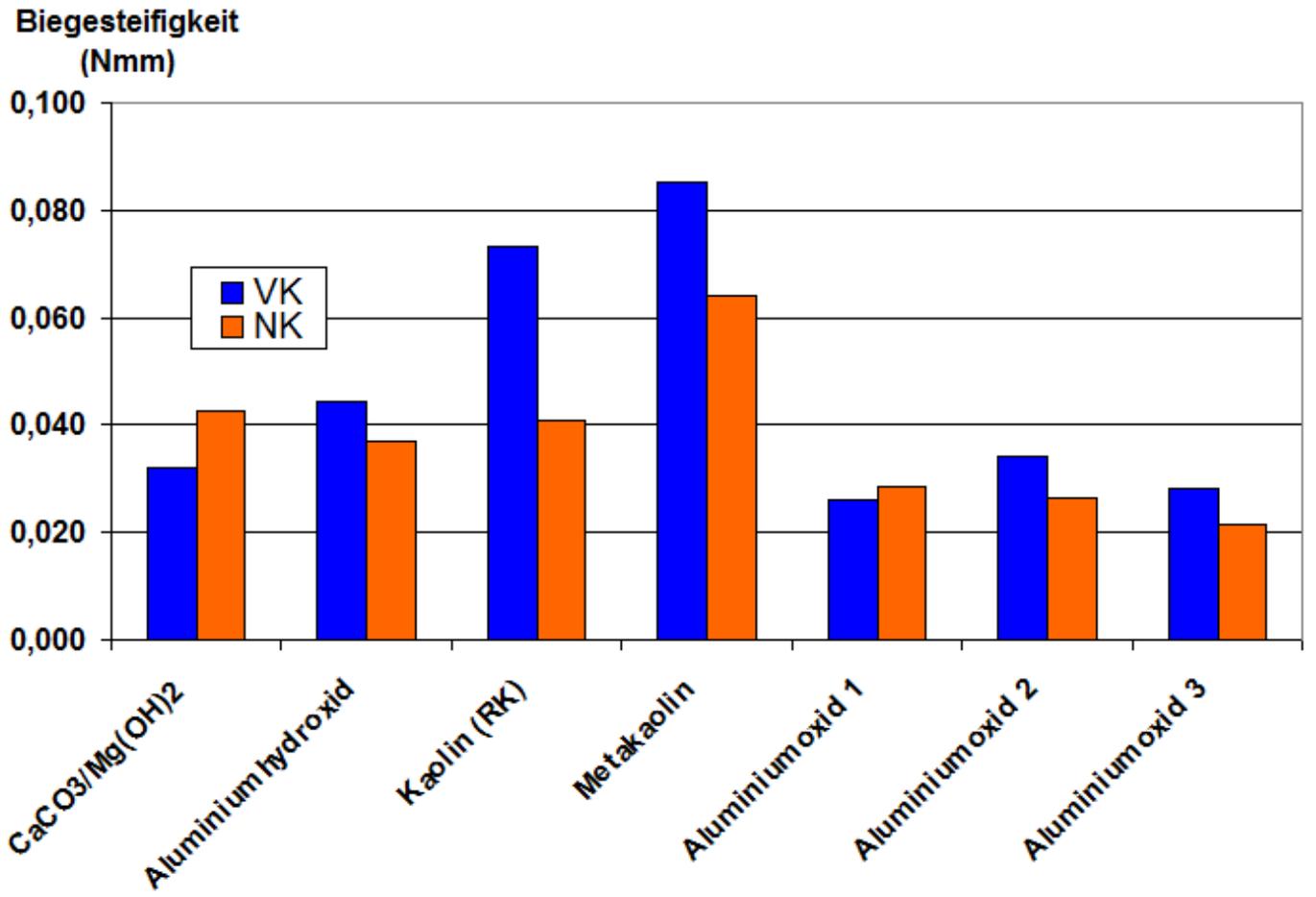


Abb. 5: Biegesteifigkeit (VK: vor Kalandern, NK: nach Kalandern)

oberer Heizwert
(MJ/kg)

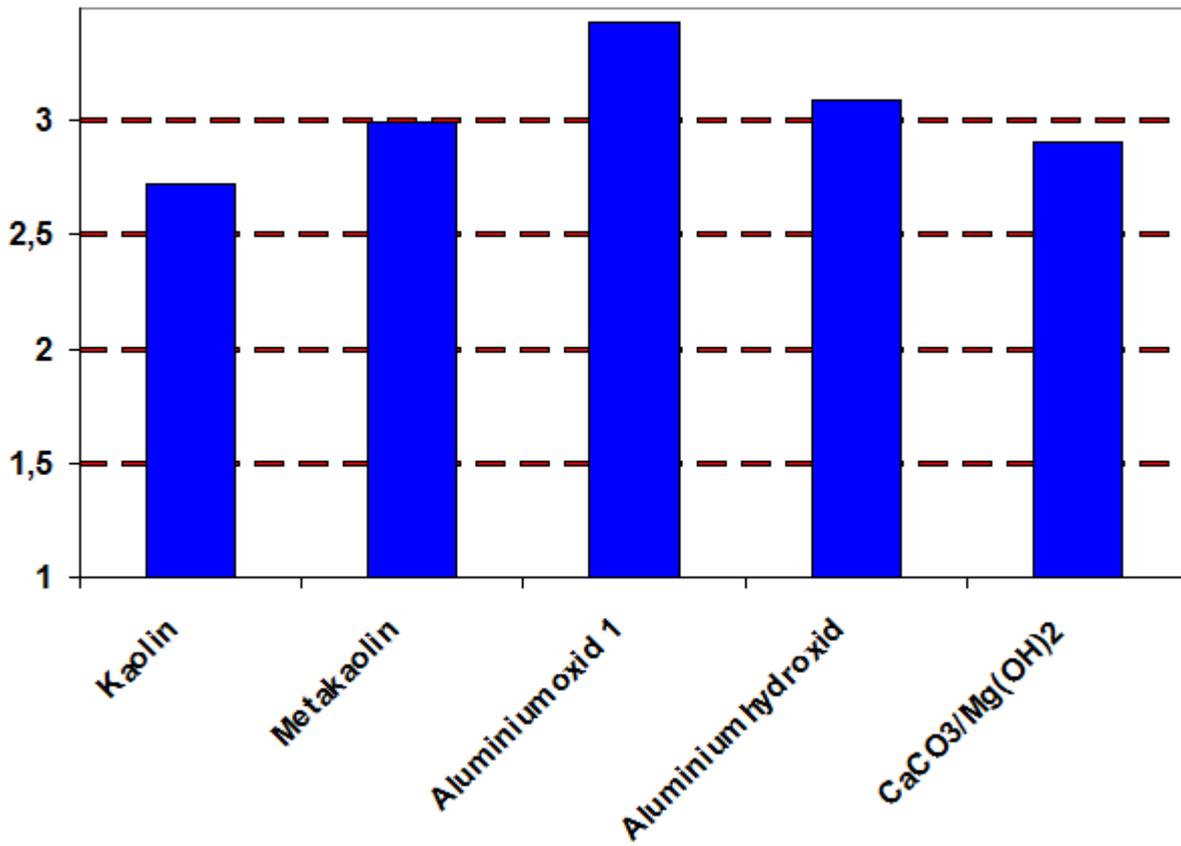


Abb. 6: Heizwert (Laborblätter ohne Mineralfaserzusatz)

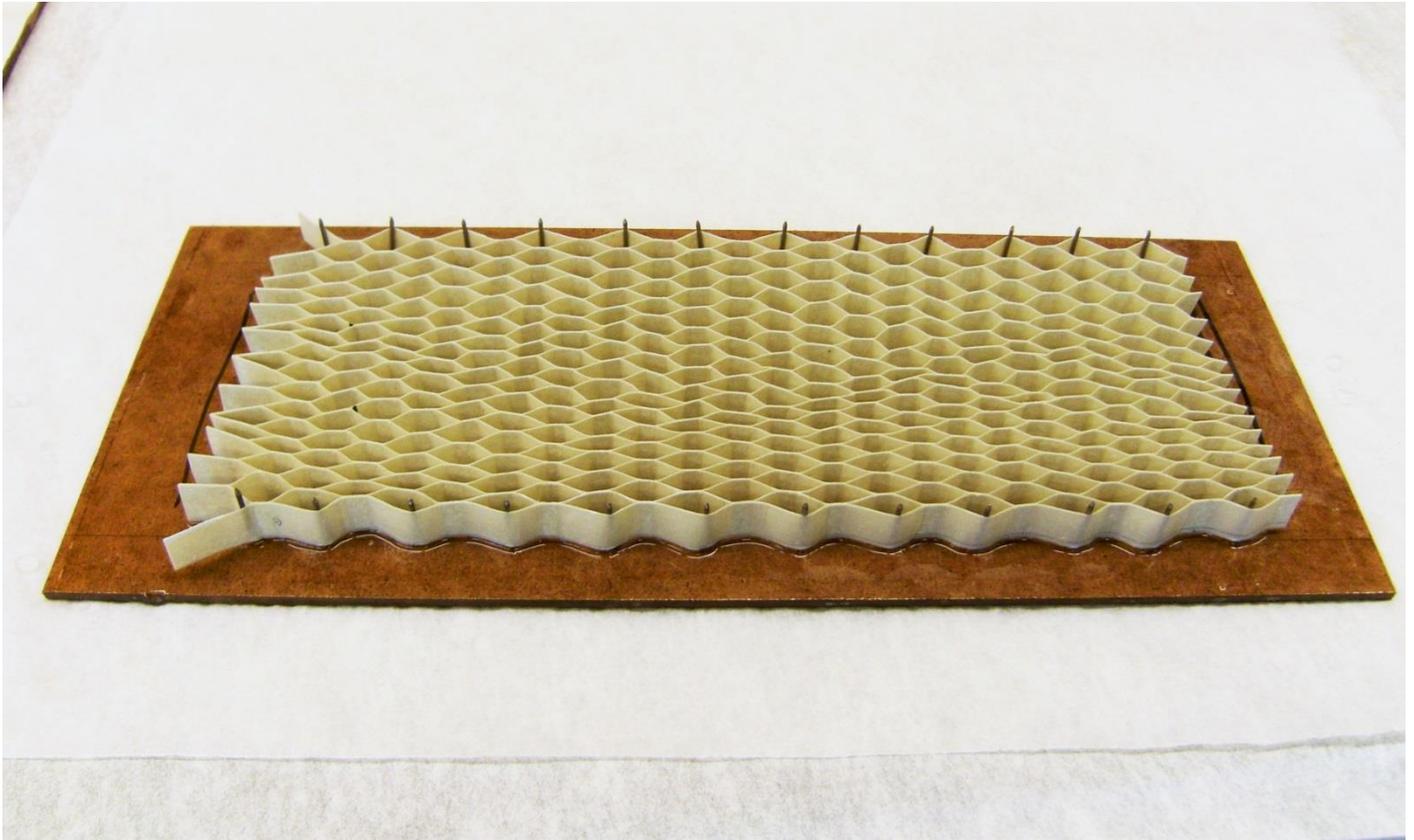


Abb. 7: Manuelle Herstellung von Expansionswaben mit mineralisch hochgefüllten auf der Technikumpapiermaschine hergestellten Papieren

Das Forschungsvorhaben 16613 N der Forschungsvereinigung Internationaler Verein für Technische Holzfragen e.V. (IVTH) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsförderung und – entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei:

Internationaler Verein für Technische Holzfragen e. V. iVTH
Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig