Dauerhaftigkeit von Klebeverbindungen zwischen mineralischen Plattenwerkstoffen und Holz

1. Zusammenfassung

Die Verklebung von mineralisch gebundenen Plattenwerkstoffen mit Vollholz gilt trotz der mit großen Schritten voranschreitenden Klebetechnologie als kritisch, denn dabei wird die relativ spröde Platte starr mit Hilfe des Klebers mit einem festen, aber elastischen Vollholz verbunden. Im Forschungsvorhaben wurden die Verbindungen genauer untersucht. Dabei wurden auch optische Verfahren verwendet, die bisher üblicherweise nicht zur Untersuchung der Dauerhaftigkeit genutzt werden. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass eine Verbindung mit dem richtigen Kleber und den passenden Pressparametern als dauerhaft zu bezeichnen ist. Durch die optischen Verfahren ließen sich keine neuen Erkenntnisse hinsichtlich der Dauerhaftigkeit gewinnen, weshalb an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen wird. Es konnten mit den optischen Verfahren jedoch interessante, zusätzliche Erkenntnisse gewonnen worden, die neue Wege eröffnen.

2. Material und Methoden

2.1. Plattenwerkstoffe

Im Vorhaben wurden drei unterschiedliche mineralisch gebundene Plattenwerkstoffe untersucht. Alle werden im Holzbau relativ häufig verwendet und konnten nach dem Stand der Erkenntnisse zum Zeitpunkt des Projektstarts nicht als Teil eines tragenden Bauteils durch Verklebung der Platten mit Vollholz verwendet werden. Als Plattenwerkstoffe wurden eine zementgebundene Holzspanplatte (ZSP), eine Gipsfaserplatte (GF) und eine Kalziumsilikat-Platte (Ca-Si) verwendet. Für die ZSP und die GF existierte eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, die die Verwendung der Platten für tragende, sicherheitsrelevante Anwendungen regelt. Die Ca-Si wird bis zum jetzigen Zeitpunkt vor allem als Brandschutzplatte verwendet und darf gemäß der für das Produkt gültigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung als mittragende oder aussteifende Beplankung in Wänden in Holztafelbauart mit mechanischen Verbindungsmitteln verwendet werden.

2.2. Kleber

Die verwendeten Kleber waren über jeweils eigene allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen zur Verklebung von tragenden Holzbauteilen geregelt und somit grundsätzlich geeignet zur Aufnahme mechanischer Beanspruchungen. Die Kleber waren jedoch ausschließlich zur tragenden Verklebung von Holz-Holz-Verbindungen zugelassen und nicht zur Verklebung von mineralischen Platten mit Vollholz. Mit einem Einkomponenten-Polyurethan-Klebstoff (PU) und dem Melaminharz (M) wurden im Projekt zwei grundsätzlich unterschiedliche Kleber verwendet.

2.3. Vollholz

Als Vollholz wurden ausgesuchte, fehlerfreie Hölzer aus Fichte verwendet. Die Normalrohdichte nach Einklimatisierung der Hölzer bei 20 °C und 65 % rel. Luftfeuchtigkeit betrug zwischen ca. 427 kg/m³ und ca. 465 kg/m³.

2.4. Klima

Hinsichtlich der klimatischen Beanspruchungen wurden sowohl konstante, als auch wechselnde Klimabedingungen gewählt. Vor allem wechselnde Bedingungen mit großen Temperatur- und Feuchteschwankungen führen zu Spannungen innerhalb der Klebeverbindungen und somit in der Regel zum Festigkeitsverlust. Mit den beiden konstanten und den wechselnden Klimarandbedingungen wurden die Prüfkörper somit mit insgesamt drei unterschiedlichen Klimaten beansprucht:

2.4.1. Konstantklima

Das sogenannte Normalklima wird über eine Lufttemperatur von 20 °C und 65 % relative Luftfeuchtigkeit definiert. Das Feuchtklima ergibt sich bei gleicher Lufttemperatur, jedoch bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 85 %. In beiden Klimaten lagerten die Prüfkörper sowohl mit, als auch ohne dauerhafte mechanische Beanspruchung.

2.4.2. Wechselklima

Im Vergleich zum relativ gemäßigten konstanten Klima wurde das Wechselklima sowohl mit wechselnden Temperaturen, als auch mit wechselnder Feuchtigkeit gewählt. Die Dauer der Klimazyklen sind so bemessen worden, dass sich jeweils ein Ausgleich der Materialfeuchtigkeit innerhalb der Prüfkörper einstellen konnte.

Einklimatisierung 20 °C / 65 % rel. LF
0,5 d Auffeuchtung auf 95 % rel.LF bei 40 °C
5 d halten von 40 °C und 95 % rel. LF
0,5 d Entfeuchten auf 30 % rel. LF bei 20 °C
3 d halten von 20 °C und 30 % rel.LF
0,5 d Auffeuchten auf 95 % rel. LF bei 40 °C
5 d halten von 40 °C und 95 % rel. LF

ein Zyklus
9 Tage

2.5. Mechanische Belastung

Die Prüfserien sind sowohl mit, aber auch ohne dauerhafte mechanische Beanspruchung untersucht worden. Die Beanspruchung der Proben betrug etwa 25 % der Bruchfestigkeit der Verbindung. Dazu wurden jeweils 3 bzw. 5 Proben der gleichen Serie untereinander so aufgehängt, dass sie frei schwingen und sich keine Zwängungsspannungen einstellen konnten. An die unterste Probe wurden frei bewegliche Metallgewichte angehängt. Somit wurden die oberen Proben durch die Metallgewichte und zusätzlich durch das Eigengewicht der unteren Proben beansprucht. Die zusätzliche Beanspruchung durch das Eigengewicht der unteren Proben betrug im ungünstigsten Fall jedoch nur ca. 1 % der angehängten Last und wurde somit als vernachlässigbar angesehen.

2.6. Prüfkörper

Für die Standardprüfungen sind Prüfkörper in Anlehnung an DIN EN 302-1 verwendet worden. Jeder Prüfkörper war 150 mm lang und jeweils 20 mm in Breite und Dicke. Die Überlappung innerhalb der Klebeverbindung betrug 10 mm in der Länge. Mit der Prüfkörperbreite von 20 mm ergab sich somit eine Klebfläche von 200 mm^2. Die Einzeldicke einer jeden Platte betrug 10 mm (Abbildung 1).

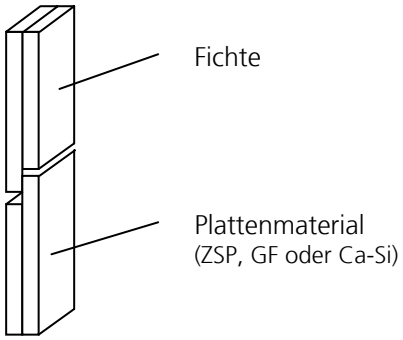

Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Prüfkörpers

3. Ergebnisse der Standardprüfungen

Die Ergebnisse der Zugscherprüfungen sind in den Abbildung 2 bis 12 grafisch dargestellt. Die durchgehenden Linien zeigen den jeweiligen Verlauf der Festigkeit der Prüfkörper, die mit mechanischer Last dauerhaft beansprucht wurden (mit Last). Die gestrichelten Linien zeigen die der mechanisch nicht belasteten Prüfkörper (ohne Last). Die rote Linie symbolisiert die Lagerung im Normalklima (NKl), die blaue Linie die im Feuchtklima (FKl).

3.1. Konstantklima

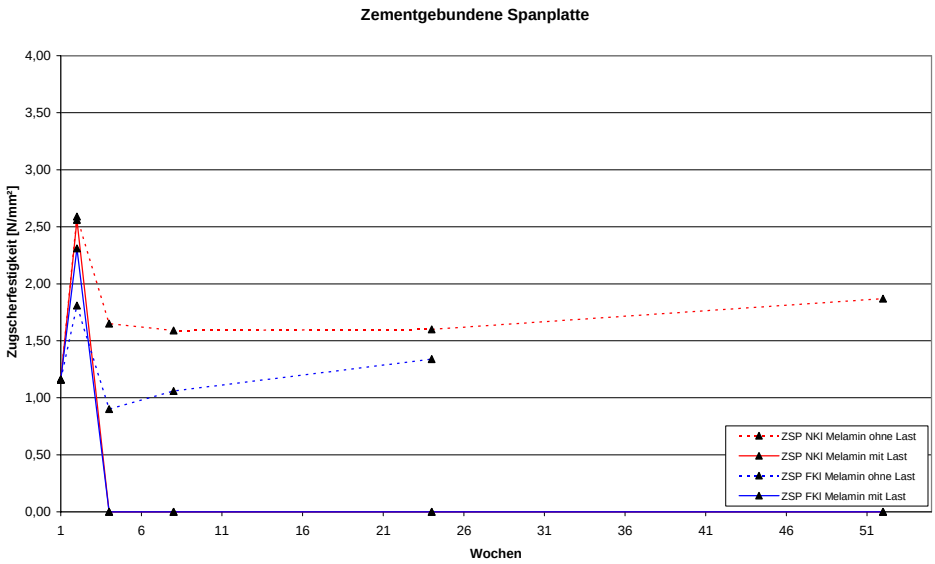

Abbildung 2: Mittelwert der Zugscherfestigkeit von jeweils 10 Proben der Varianten zementgebundene Spanplatte - Melamin, aufgetragen über die Belastungsdauer

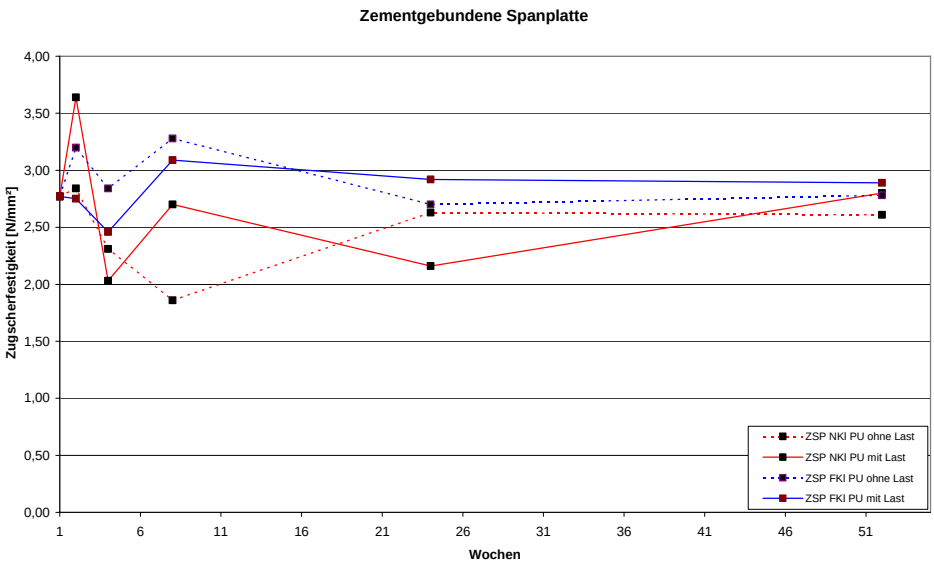

Abbildung 3: Mittelwert der Zugscherfestigkeit von jeweils 10 Proben der Varianten zementgebundene Spanplatte - PU, aufgetragen über die Belastungsdauer

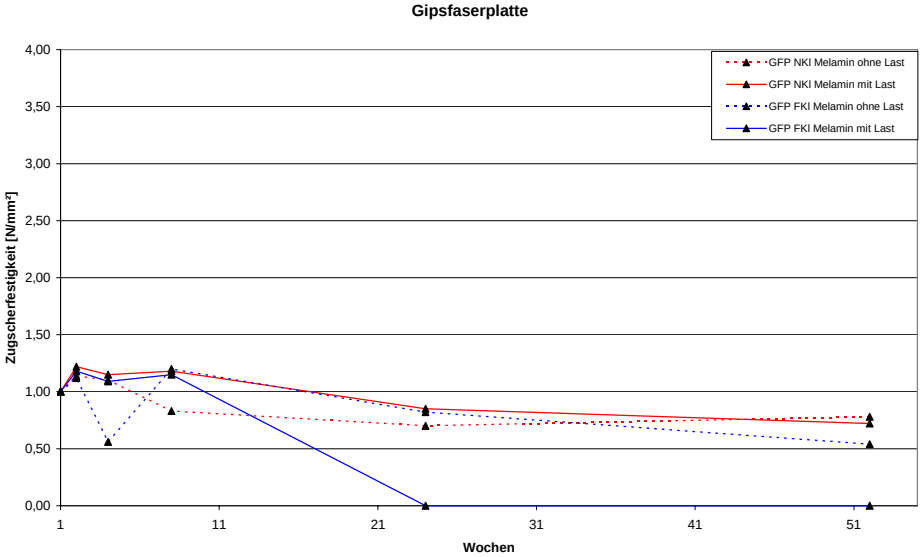

Abbildung 4: Mittelwert der Zugscherfestigkeit von jeweils 10 Proben der Varianten Gipsfaserplatte - Melamin, aufgetragen über die Belastungsdauer

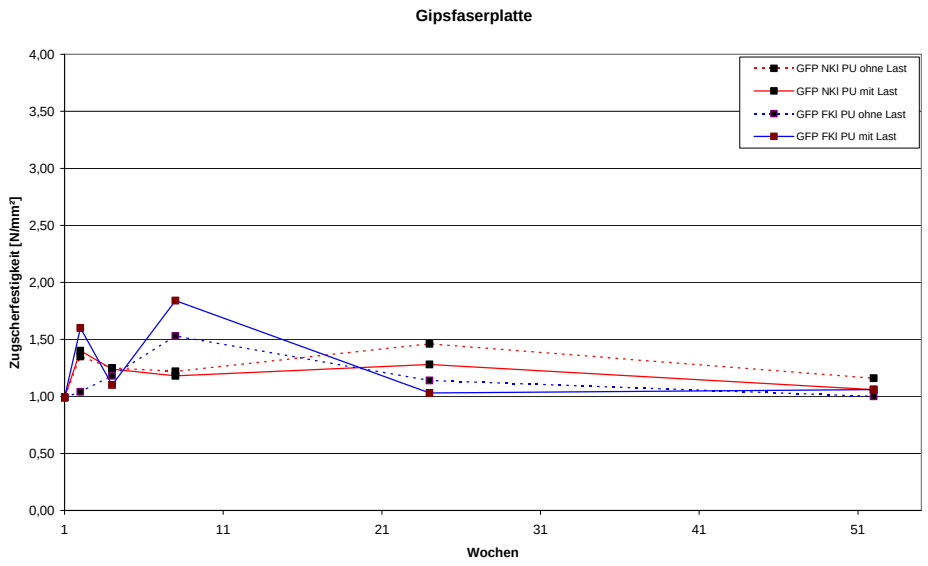

Abbildung 5: Mittelwert der Zugscherfestigkeit von jeweils 10 Proben der Varianten Gipsfaserplatte - PU, aufgetragen über die Belastungsdauer

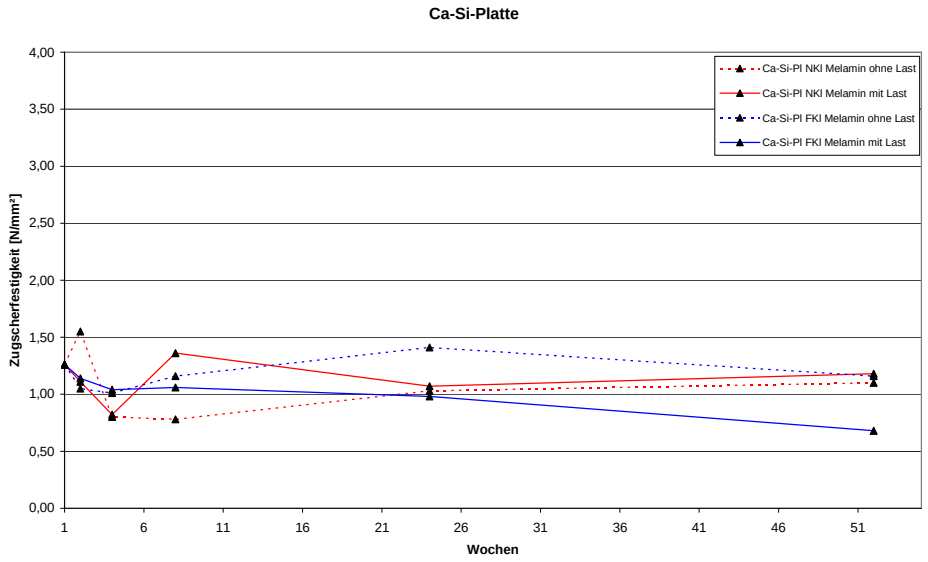

Abbildung 6: Mittelwert der Zugscherfestigkeit von jeweils 10 Proben der Varianten Kalziumsilikatplatte - Melamin, aufgetragen über die Belastungsdauer

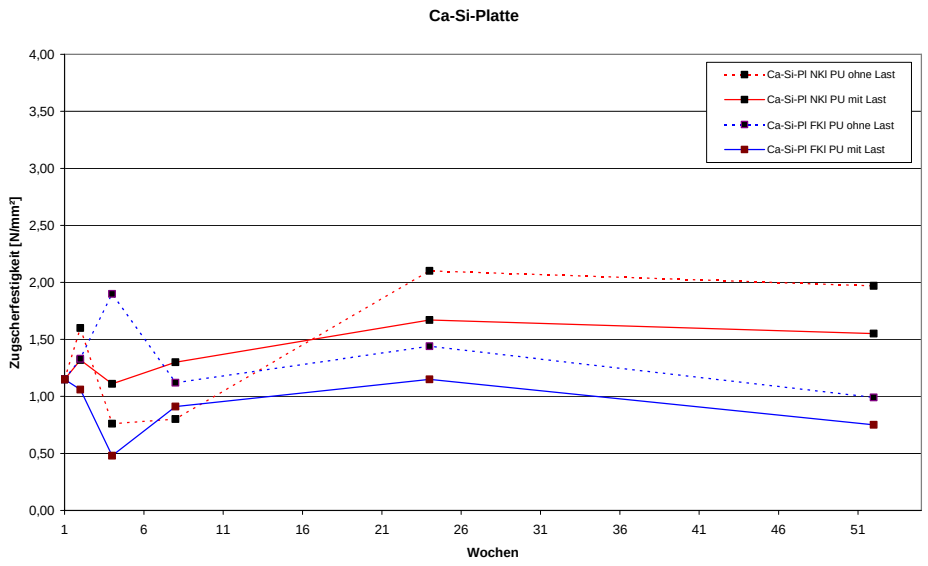

Abbildung 7: Mittelwert der Zugscherfestigkeit von jeweils 10 Proben der Varianten Kalziumsilikatplatte - PU, aufgetragen über die Belastungsdauer

3.2. Wechselklima

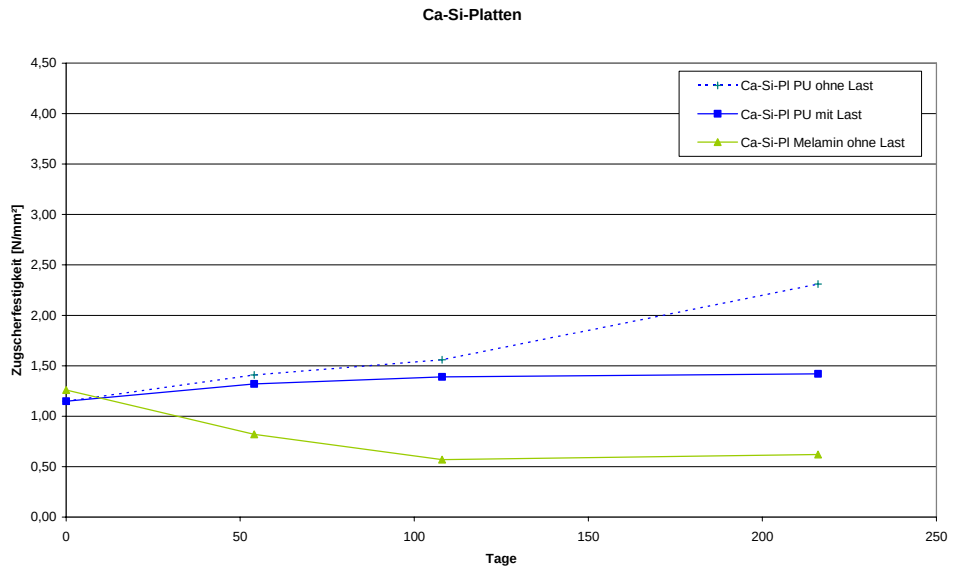

Abbildung 8: Mittelwert der Zugscherfestigkeit von jeweils 10 Proben der Kalziumsilikatplatte mit Lagerung im Wechselklima, aufgetragen über die Belastungsdauer

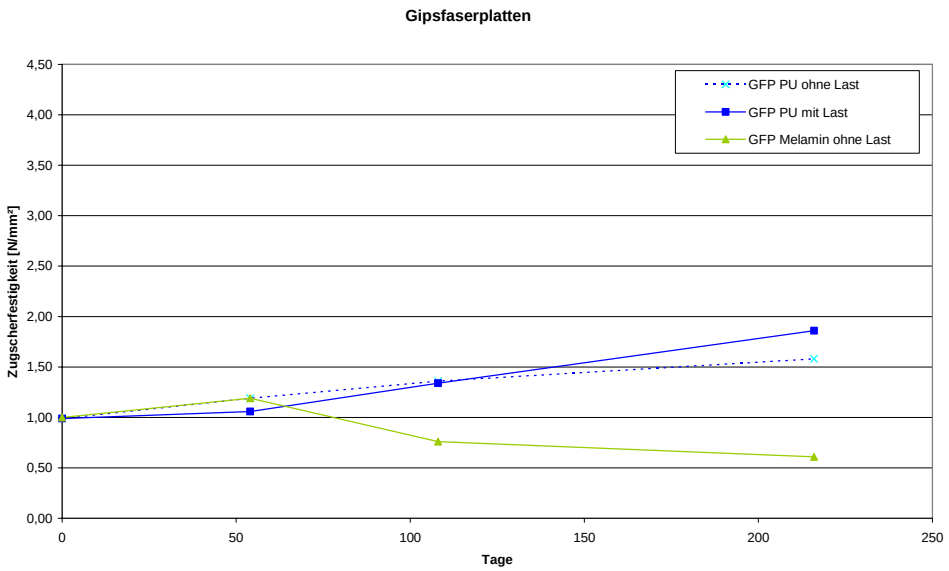

Abbildung 9: Mittelwert der Zugscherfestigkeit von jeweils 10 Proben der Gipsfaserplatte mit Lagerung im Wechselklima, aufgetragen über die Belastungsdauer

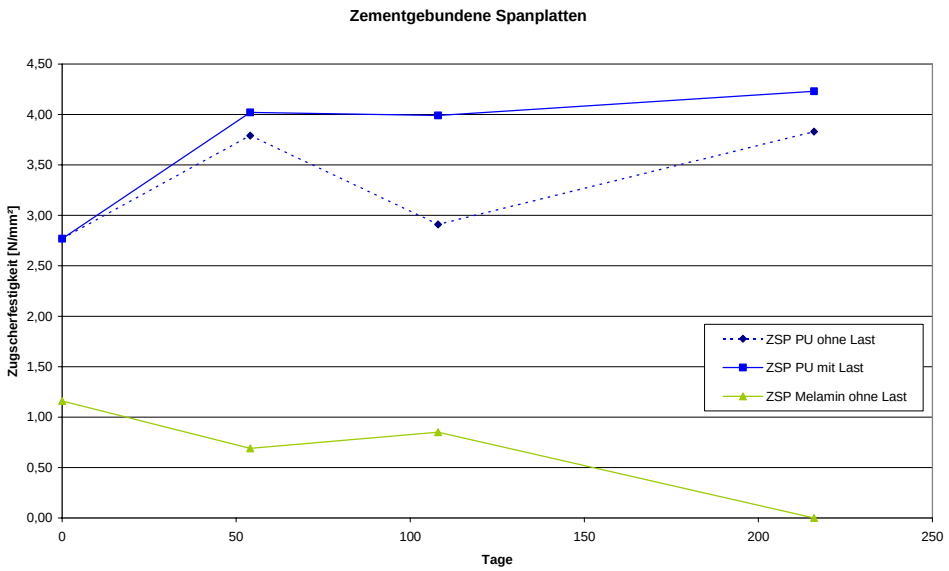

Abbildung 10: Mittelwert der Zugscherfestigkeit von jeweils 10 Proben der zementgebundenen Spanplatte mit Lagerung im Wechselklima, aufgetragen über die Belastungsdauer

3.3. Bewertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen den Schluss zu, dass die Kombinationen mit Melaminharzen, vor allem unter mechanischer Last und mit Feuchtebeanspruchung als nicht dauerhaft bezeichnet werden können.
Bei den Prüfkörpern mit zementgebundener Spanplatte und Melamin trat ein Bruch innerhalb der Klebefuge ein. Bei allen anderen Prüfkörpern, die nicht schon während der Lagerung zerfielen, trat der Bruch immer innerhalb des Plattenmaterials ein, so dass bei diesen Prüfkörpern prinzipiell nicht die Klebefestigkeit, sondern die Materialfestigkeit ermittelt wurde. Die Klebefestigkeit war jedoch bei allen Prüfkörpern offensichtlich größer als die Plattenfestigkeit, was eine grundsätzlich wünschenswerte Situation darstellt. Die Kenntnisse über die Materialeigenschaften der Plattenwerkstoffe sind somit ausreichend zur Bemessung der Klebeverbindungen.

4. Auswertung und Beurteilung des Forschungsvorhabens

Nach heutigen Erkenntnissen sind Klebeverbindungen zwischen mineralisch gebundenen Plattenwerkstoffen und Vollholz bei Verwendung eines geeigneten Klebers und Einhaltung entsprechender Pressparameter als dauerhaft anzusehen. Als geeignete Kleber sind vor allem PU-Kleber zu nennen, Melamin- und Phenolharze erscheinen nach heutigen Erkenntnissen ungeeignet, da sie unter klimatischer und mechanischer Beanspruchung wesentlich an Festigkeit verlieren. In diesem Vorhaben, wie auch bei Buchholzer (2000), wurde festgestellt, dass die Kondensationsharzkleber wie Melamin- und Phenolharze in Verbindung mit zementhaltigen Oberflächen nur sehr bedingt, bis nicht dauerhaft anzusehen sind, obwohl beide Kleber für reine Holz-Holz Verklebungen auch für tragende Bauteile zugelassen sind. Gipswerkstoffe und Kalziumsilikat-Platten haben an sich nur relativ geringe Plattenfestigkeiten, was auch Glos (1985) wegen der Verwendung von Gipskartonplatten in extremerer Form festgestellt hat. Gipskartonplatten weisen in der Regel eine wesentlich geringere Festigkeit auf, als die in diesem Vorhaben verwendeten Gipsfaserplatten. Da mit genagelten oder geklammerten Verbindungen bei relativ geringer Plattenfestigkeit festere Verbindungen bei gleichzeitig größerer Sicherheit, aufgrund der höheren Elastizität einer Verbindung mit nachgiebigen Verbindungsmitteln, erzielt werden können als mit Verklebungen, muss individuell entschieden werden, ob eine Verklebung sinnvoll ist oder eventuell sogar zur Verringerung der Sicherheit beitragen kann.

Wie zu erwarten war, ist die Einhaltung der vom Hersteller angegebenen Pressparameter von besonderer Wichtigkeit. Die Oberflächen haben sauber und technisch eben zu sein, wobei ein finieren der Vollholzoberfläche zu keiner Festigkeitssteigerung im Vergleich zu einer üblichen gehobelten Holzoberfläche führt. Ein geringerer Pressdruck, sowie sehr raue Oberflächen führen erwartungsgemäß zu relevanten Festigkeitsverlusten. Auch unter Berücksichtigung der erforderlichen genauen Einhaltung der Fertigungsparameter ist zu bedenken, ob eine Verklebung einer mechanischen Verbindung vorgezogen werden soll, da die Verwendung mechanischer Verbindungsmittel in der Regel wesentlich fehlertoleranter ist, als eine Verklebung.

Die Untersuchungen wurden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) und den Internationalen Verein für Technische Holzfragen (iVTH) gefördert.

Förderkennzeichen: 14286N