

Fraunhofer WKI | Bienroder Weg 54 E | 38108 Braunschweig

Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.
Elfriede-Stremmel-Straße 69
42369 Wuppertal

Fraunhofer-Institut für Holzforschung
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI

Institutsleiter (komm.)
Prof. Dr. Tunga Salthammer

Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig

Prof. Dr. Rainer Marutzky
Telefon +49 531 2155-214; Fax 2155-200
rainer.marutzky@wki.fraunhofer.de
www.wki.fraunhofer.de

Braunschweig, 23. Juni 2010

Gutachtliche Stellungnahme Nr. U06-01-2010/Mar

Auftraggeber: Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.
42369 Wuppertal

**Gegenstand der
Stellungnahme:** Formaldehyd- und MDI-Emissionen
von Brettschichthölzern

Die Gutachtliche Stellungnahme umfasst 4 Seiten.

1. Aufgabenstellung

Die Studiengemeinschaft Holzleimbau beauftragte mit Schreiben vom 26.03.2010 den Unterzeichner mit der Erstellung eines zusammenfassenden Berichts über die Emissionen von Formaldehyd und Methandiphenyldiisocyanat (MDI) aus Brettschichtholz. Auf der Basis der Ergebnisse verschiedener Untersuchungen und Prüfungen sollte die Relevanz dieser Emissionen für Anwender und Umwelt bewertet werden.

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. München
Vorstand

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. mult. Dr. h.c. mult. Hans-Jörg Bullinger, Präsident

Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Buller

Dr. rer. pol. Alfred Gossner

Bankverbindung: Deutsche Bank, München
Konto 752193300 BLZ 700 700 10
IBAN DE86 7007 0010 0752 1933 00,
BIC (SWIFT-Code) DEUTDEMM
UST-IdNr. DE129515865
Steuernummer 142/215/20202

2. Ausgangssituation

Brettschichtholz ist ein aus miteinander verklebten Brettlagen („Lamellen“) hergestellter Verbundwerkstoff, welcher vielfältig im Ingenieurbau als hochwertiger Baustoff angewendet wird. Ausgangsmaterial sind gehobelte und technisch getrocknete Holzbretter, die der Länge nach durch Keilzinkenverbindungen zu sogenannten Lamellen verfügt werden. Als Hölzer werden nahezu ausschließlich Nadelhölzer, vornehmlich Fichte und Kiefer eingesetzt. Diese Brettlamellen werden danach zu Bauteilen mit in der Regel rechteckförmigen Querschnitt verschiedener Dimensionen verklebt und nochmals gehobelt. Die Verklebung ist in Deutschland sowohl in Hinblick auf die Durchführung als auch auf die Klebstofftypen bauaufsichtlich geregelt und unterliegt einer besonderen Überwachungspflicht durch anerkannte Prüfstellen.

Als Klebstoffe wurden oder werden üblicherweise Harnstoff-, Melamin-Harnstoff- und Phenol-Resorcin-Kondensationsleimharze eingesetzt. In jüngerer Zeit haben auch Polyurethanklebstoffe an Bedeutung gewonnen. Die Klebstoffmenge ist bezogen auf den Gesamtwerkstoff gering und liegt in der Größenordnung von 1 bis 2 Gewichtsprozent.

Die Kondensationsleimharze werden unter Verwendung von Formaldehyd hergestellt. Damit stellen alle mit Kondensationsharzen hergestellten Brettschichthölzer eine potentielle Emissionsquelle für Formaldehyd dar. Polyurethanklebstoffe enthalten zur Erreichung einer hohen Reaktivität und guten Quervernetzung in Mengen von 10 bis 15 % Methandiphenyldiisocyanat (MDI). Auch hierbei handelt es sich um einen potentiell emittierbare Substanz.

3. Toxikologische Bewertung von Formaldehyd und MDI

3.1 Formaldehyd

Formaldehyd ist eine verbreitete Industriechemikalie, die in geringen Mengen auch natürlich auftritt. Auf Grund seiner Flüchtigkeit (Siedepunkt – 30 °C) gehört Formaldehyd zu den luftverunreinigenden Substanzen. Er zeichnet sich durch eine hohe Toxizität und ein hohes Reizpotential aus. Formaldehyd wird darüber hinaus verdächtigt, beim Menschen krebserzeugend zu sein. Öffentliche Bekanntheit erlangte Formaldehyd bereits in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts durch unzumutbare Emissionen aus Spanplatten und UF-Ortschaumstoffen. Die Emission von Formaldehyd aus diesen und weiteren Baustoffen ist seit langen in Deutschland und anderen europäischen Ländern gesetzlich begrenzt. Für Innenraumluft gilt seit 1978 für Formaldehyd ein Richtwert von 0,1 ml/mg (= 125 µg/m³), der zwischenzeitlich mehrfach überprüft und bestätigt wurde. Die Weltgesundheitsorganisation WHO empfiehlt einen Richtwert von 100 µg/m³. In Verbindung mit einer in einem Prüfraum ermittelten Ausgleichskonzentration wird der Richtwert von 0,1 mg/ml zu einem Grenzwert für alle Holzwerkstoffe und damit hergestellten Produkte in Deutschland. Die Formaldehydausgleichskonzentration wird in einem Prüfraum ermittelt. Das Prüfraumverfahren für Brettschichtholz ist europaweit genormt in DIN EN 14080 in Anlehnung an DIN EN 717-1.

3.2 MDI

MDI ist ein aromatisches Diisocyanat mit hoher Toxizität. Die schwerflüchtige Verbindung (Siedepunkt > 300 °C) ist ein wichtiger Grundstoff für die Herstellung von Klebstoffen, Schaumstoffen und anderen Kunststoffprodukten. Es reagiert mit multifunktionellen Alkoholen unter Bildung von Polyurethanen (PUR). Mit Wasser wird die reaktive Verbindung rasch zu toxikologisch unbedenklichem Polyharnstoff umgesetzt. Es gibt auf Grund des hohen Siedepunkts verbunden mit der hohen Reaktivität keine Grenzwerte für Emissionen in Raumluft. Toxikologische Bewertungen gehen davon aus, dass mit MDI hergestellte Produkte im Anwendungszustand MDI im Rahmen der analytischen Nachweisgrenze von 0,05 µg/m³ nicht abgeben dürfen.

4. Emissionswerte von Brettschichtholz

Die Auswertung begrenzt sich auf Brettschichthölzer, die mit heute üblichen Melamin-Harnstoff-Formaldehydharzen (MUF) und Polyurethanklebstoffen (PUR) gebunden sind. Zum Vergleich wurden auch Messwerte ermittelt an unbeleimten Holzlamellen herangezogen.

4.1 Formaldehyd

Insgesamt lagen dem Unterzeichner 7 Messberichte zur Abgabe von Formaldehyd vor. Die Messungen wurden von erfahrenen Prüfstellen durchgeführt. Ermittelt wurden die Ausgleichskonzentrationen. Die Messungen erfolgten in Prüfkammern gemäß DIN EN 717-1 einheitlich bei einer Temperatur von 23 °C, einer relativen Luftfeuchte von 45 % und einer Luftwechselzahl von 1,0 pro Stunde. Unterschiedlich waren z.T. die Raumbeladungen. Aus den Messwerten wurden daher zunächst die flächenspezifischen Emissionsraten berechnet. In der Tabelle sind diese Werte für die verschiedenen Verleimungssysteme zusammengestellt. Dabei werden die Zahl der Einzelmesswerte, die Mittelwerte für jedes Verleimungssystem und die jeweils gemessenen Minimal- und Maximalwerte genannt.

Tabelle: Ergebnisse von Formaldehydmessungen an Brettschichthölzern und unbeleimten Holzlamellen

Klebstoffsystem	Anzahl der Messwerte	Flächenspezifische Emissionsrate in µg/h x m ²		
		Mittelwert	Minimalwert	Maximalwert
MUF	22	34,8	10	71
PUR	7	17,7	10	25
unbeleimt	11	17,0	8	25

Die meisten Messwerte (22) liegen erwartungsgemäß für Brettschichthölzer mit MUF-Verleimung vor. Die mittlere flächenspezifische Emissionsrate liegt bei 34,8 µg/h x m². Bezogen auf die von der Materialprüfanstalt Stuttgart vorgeschlagene Beladungszahl von 0,3 m²/m³ leitet sich hieraus eine Formaldehydausgleichskonzentration in der Prüfkammer von 0,008 ml/m³ ab. Dieser Wert beträgt weniger ein Zehntel des Grenzwertes nach Chemikalienverbotsverordnung von 0,1 ml/m³. Legt man den

höchsten der gemessenen Werte von $71 \text{ mg/h} \times \text{m}^2$ für die Ableitung zu Grunde, so ergibt sich eine Ausgleichskonzentration von $0,017 \text{ ml/m}^3$.

Die mit dem formaldehydfreien Klebstoff PUR verklebten Brettschichthölzer ergeben flächenspezifische Emissionsraten im Bereich des unbeleimten Holzes. Die abgeleitete Ausgleichskonzentration liegt bei etwa $0,004 \text{ ml/m}^3$. Ähnliche Werte wurden auch bei anderen, unbeleimten Hölzern gemessen und entsprechen der natürlichen Formaldehydabgabe von Holz.

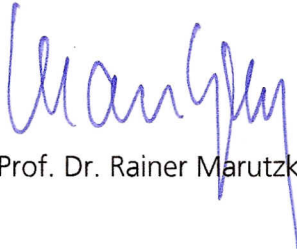
4.2 MDI

Zur Abgabe von MDI aus mit PMDI verleimten Hölzern lagen 2 Messberichte vor. Eine MDI-Abgabe wurde bei keinem der 7 untersuchten Brettschichthölzer im Rahmen der Nachweisgrenze ($0,05 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) festgestellt. Eine zusätzliche Untersuchung an einer mit PUR-Klebstoff beleimten, aber nicht ausgehärteten Holzlamellen zeigte während der ersten 2 Stunden nach Klebstoffauftrag MDI-Emissionen knapp oberhalb der Nachweisgrenze. Danach war eine MDI-Abgabe nicht mehr nachweisbar. Diese Befunde zur MDI-Abgabe von mit PUR-Klebstoffen verleimten Brettschichthölzern stehen in Übereinstimmung mit Ergebnissen, die vom Unterzeichner um 1990 an mit pMDI verleimten Spanplatten ermittelt wurden.

5. Zusammenfassung

In Hinblick auf Formaldehyd gilt Brettschichtholz auf Grund seines Klebstoffgehaltes, seiner Struktur und seiner Verwendungsform als emissionsarm verglichen. Die vorliegende Auswertung bestätigt diese Annahme. Mit MUF-Klebstoffen verleimtes Brettschichtholz gibt nachträglich Formaldehyd ab. Gemessen am Grenzwert der Chemikalienverbotsverordnung von $0,1 \text{ ml/m}^3$ sind die Werte als niedrig einzustufen. Sie liegen im Mittel um $0,01 \text{ ml/m}^3$ und können in Einzelfällen bis etwa $0,02 \text{ ml/m}^3$ betragen. Mit PUR-Klebstoffen verleimtes Brettschichtholz weist Formaldehydemissionswerte im Bereich des naturbelassenen Holzes auf (um $0,004 \text{ ml/m}^3$). Der Emissionsgrenzwert von $0,1 \text{ ml/m}^3$ wird stets deutlich unterschritten.

Eine Abgabe von MDI ist bei mit PUR-Klebstoffen verklebten Brettschichtholz im Rahmen des Nachweisgrenze von $0,05 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ nicht messbar. Auf Grund der hohen Reaktivität des MDI gegenüber Wasser (Luft- und Holzfeuchte) ist davon auszugehen, dass derartig verleimtes Brettschichtholz bereits kurze Zeit nach Herstellung eine Emission vom MDI im Bereich des Nullwertes aufweist.



Prof. Dr. Rainer Marutzky