

den. Nicht zu erklären ist die überraschend gering bleibende Durchbiegung der furnierten Spanplatte in der Beanspruchungsgruppe L_{25} (Tabelle 3). Einen verhältnismäßig großen Unterschied zwischen Beanspruchungsgruppe L_{25} und L_{50} zeigt die Vollholzplatte bei der bleibenden Durchbiegung.

5 Literatur

- Albin, R.; Franz, A. 1983: Durchbiegung horizontaler Möbelteile aus OSB-Platten. Holz u. Kunststoffverarb. 18:122–125
 Dinwoodie, J. 1984: Kriechverhalten von Spanplatten: Quantifizierung und Prognose. FESYP, 42. Sitzung der Technischen Kommission 1984 in Brüssel

Buchbesprechungen

Guggenbühl, P.: *Unsere einheimischen Nutzhölzer*. 408 S.; 265 Abb.; 28 Naturholzplatten. Dietikon-Zürich 1986: Verlag Stocker-Schmid. ISBN 3-7276-7035-5. Leinen Fr. 288,-.

In fünfter Auflage erschien ein ungewöhnliches Buch über Baum und Holz. Eine Überarbeitung gegenüber früheren Auflagen fand offensichtlich nicht statt. Was – wie in allen früheren Ausgaben – fasziniert, sind die vielen Fotos und schöne, eingeklebte Furniere der beschriebenen Holzarten. Die Furniere veralten nicht und auch die Abbildungen beweisen, daß gekonnte „schwarz-weiß Fotos“ durch Buntheit kaum zu schlagen sind. Wer sich unter dem weitgefaßten Titel ein wissenschaftliches Werk erwartet, wird allerdings enttäuscht. Da hat einer vor mehr als 20 Jahren über Baum und Holz in einfacher Sprache alles niedergeschrieben was er gewußt, gehört und gerade eben in einigen Büchern nachgeschlagen hat. Literatur wird nicht zitiert und schon damals waren manche der Mitteilungen nicht mehr ganz neu. So orientieren sich viele der erwähnten Holzverwendungen an Handwerken – auch an solchen, die es schon damals kaum mehr gab. In einer Bildunterschrift neben einem alten Rad aus Graubünden wird behauptet, daß Räder bis heute meist aus Holz hergestellt würden. Die Spanplatte wird als von Fahrni gerade angeklebte Neuerscheinung kurz beschrieben. Eigenschaften der Baumarten und ihres Holzes werden sachverständig aber stellenweise auch etwas mutwillig abgehandelt, so z. B. wenn Fichte und Tanne zusammengefaßt und generelle Unterschiede zwischen Stiel- und Traubeneiche behauptet werden. Dennoch, die Kritik an diesem Buch sollte nicht zu scharf ausfallen, da es nach Anlage und Aufmachung weniger als wissenschaftliches, sondern vielmehr als Liebhaber-Buch aufgefaßt werden muß. Wie stark persönliche Interessen des Autors das Buch geprägt haben, geht z. B. aus der liebevollen und durchaus lehrreichen Beschreibung der Arve hervor. Das Buch ist gut und teuer und richtet sich an großzügige Freunde des Holzes, die es so genau nicht wissen wollen.

H. Schulz

Schliephake, D. (Hrsg.): *Nachwachsende Rohstoffe*. 375 S.; 300 Tab. und Graphiken. Bochum 1986: Verlag J. Kordt. Paperback DM 89,-.

Eine aktuelle Thematik, 12 namhafte Autoren und ein annehmbarer Preis sind grundsätzlich beste Randbedingungen für ein gutes Fachbuch. Der Wert eines Buches steht und fällt jedoch letztlich mit der inhaltlichen und redaktionellen Qualität des Textes sowie der Tabellen und Abbildungen. In diesem Punkt zeigt zumindest der erste Teil des Buches, der immerhin $\frac{2}{3}$ des gesamten Umfangs ausmacht, erhebliche Mängel und Schlampigkeiten.

Dieser erste Teil „Holz und Stroh“ ist in 6 Kapitel eingeteilt: (1) Rohstoffpotentiale, (2) Umwandlungsverfahren zur Erzeugung von industriellen Rohstoffen, (3) Die Einzelkomponenten der Lignocellulosen, (4) Holzwerkstoffe sowie (5) Konkurrenzfelder für Produkte aus lignocellulosischen Biomassen und (6) Diskussion besonders förderungswürdiger Entwicklungslinien. Insgesamt gesehen wird dem Leser hier eine Fülle von Informationen vorgelegt, die deut-

- DIN 68874, Teil 1. 1985: Möbel-Einlegeböden und Bodenträger. Anforderungen und Prüfung im Möbel. Berlin, Köln: Deutsches Institut für Normung
 Gressel, P. 1972: Zeitstandbiegeverhalten von Holzwerkstoffen in Abhängigkeit von Klima und Belastung. Dritte Mitteilung: Diskussion der Versuchsergebnisse. Holz Roh- Werkstoff 20:479–488
 Keylwerth, R. 1958: Zur Mechanik der mehrschichtigen Spanplatte. Holz Roh- Werkstoff 16:419–430
 Langendorf, G. 1977: Beiträge zur Statik von Möbelkonstruktionen. Holztechnologie 18:94–99
 McNatt, D.; Hunt, O. 1982: Creep of thick structural flakeboards in constant and cyclic humidity. Forest Prod. J. 32:49–54
 Mitterer, I. 1980: Untersuchung an Bodenträgern im Einsatz von Wohnmöbeln anhand von vorliegenden Normen. Diplomarbeit, FB Holztechnik. Fachhochschule Rosenheim

lich machen, welche Bedeutung den lignocellulosischen Biomassen zukommen kann. Andererseits sind jedoch heute für viele Konversionsverfahren bzw. daraus resultierende Produkte wirtschaftliche Produktionsbedingungen und Märkte nicht gegeben.

Wie bei jeder zusammenfassenden Darstellung eines größeren Stoffgebiets wird dabei vielfältig auf Ausführungen und Abbildungen aus der einschlägigen Literatur und in diesem Falle auf die vom Arbeitskreis Lignocellulose der Verbindungsstelle Landwirtschaft und Industrie in den letzten Jahren erarbeiteten Ergebnisse zurückgegriffen. Dagegen ist nichts einzuwenden und auch nicht gegen die Tatsache, daß aus dem englischsprachigen Buch „Wood-Chemistry, Ultrastructure, Reactions“ immerhin 38 Abbildungen und Tabellen direkt übernommen wurden. Dies könnte dessen Autoren sogar ehren. Ärgerlich wird die Sache jedoch dann, wenn fast in der Hälfte der Fälle gar nicht, nicht ordnungsgemäß oder falsch zitiert und ein Teil der Darstellungen ohne Bewertung im Hinblick auf die Thematik übernommen wird. Was hat es z. B. in diesem Buch für einen Sinn, einer Abbildung zur Ligninentfernung beim NSSC- und Kraft-Prozeß eine ganze Seite (I-84), der Abbildung der 3 einfachen Ligninstufen eine halbe Seite (I-177) zu widmen, während andere Abbildungen zu klein und fast unleserlich kopiert sind (z. B. I-93, I-169, I-170)?

Wie kann man dem Leser in einem 1986 erscheinenden Buch die Produktionskurven für Sulfat- und Sulfatzellstoff in den USA lediglich bis zum Jahre 1970 anbieten, nur weil die verwendete Abbildung aus einem Buch von 1973 stammt? Was ist es für ein Stil, wenn die Herren Puls und Dietrich zitiert werden (I-53) oder eine freihändig modifizierte Abbildung nach Wegener ohne jeglichen Literaturhinweis gezeigt wird (I-220)?

Wahlweise englische und deutsche Überschriften über englischsprachigen Darstellungen, eine Reihe von Druckfehlern und die oft oberflächliche Mischung von Lehrbuchwissen mit speziellen Forschungsergebnissen gehören da schon fast zu den weniger erwähnenswerten Punkten.

Wesentlich knapper, aber besser ausgearbeitet ist der Abschnitt „Natürliche Öle und Fette“. Anhand vieler gut gegliederter und informativer Tabellen und Abbildungen (ausschließlich in deutscher Sprache!) wird dem Leser zunächst die weltweite Marktsituation für die wichtigsten pflanzlichen Fette und Öle dargestellt. Über die prinzipiellen Verwendungsmöglichkeiten hinaus werden abschließend die mittel- und langfristigen Perspektiven für diese Produkte als Rohstofflieferanten diskutiert.

Konsequenterweise schließt das Buch mit einem Abschnitt über „Alkohole für Kraftstoffe“. In diesem Teil wird sehr kompakt und klar dargestellt, wie eng kurz- und mittelfristig der technische und wirtschaftliche Spielraum für Methanol und Ethanol auf Biomasse-Basis in Konkurrenz mit petrochemischen Kraftstoffen und Kraftstoffkomponenten ist.

Fazit: Ein notwendiges und nützliches Buch. Die Chance, ein überzeugendes Standardwerk zu diesem wichtigen Thema zu machen, wurde leider verpaßt.

G. Wegener

Zur Messung der Formaldehydabgabe von Holzwerkstoffen, Baustoffen und Möbeln mittels der 1 m³-Kammer-Methode

R. Marutzky, A. Flentge und L. Mehlhorn*

Fraunhofer-Institut für Holzforschung – Wilhelm-Klauditz-Institut Braunschweig

Beschrieben wird ein neues Verfahren zur Ermittlung der Formaldehydabgabe aus Holzwerkstoffen, Baustoffen und Möbeln, genannt „1 m³-Kammer-Methode“. Die Methode ermöglicht praxisnahe Prüfungen verschiedenster Materialien, Halbzeuge und Produkte unter Variation von Temperatur, relativer Luftfeuchte, Raumbelastung und Luftwechselzahl. Beschrieben werden Aufbau und Betrieb der Prüfapparatur. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit von Untersuchungsergebnissen werden Empfehlungen hinsichtlich standardisierter Prüfbedingungen gegeben. Erste Erfahrungen mit der Prüfmethode werden anhand verschiedenster Beispiele dargestellt und diskutiert.

Determination of formaldehyde release from wood based materials, building materials and furniture by the 1 m³-chamber-method

The „1 m³-chamber-test“ is a newly developed method for the determination of formaldehyde release of panel products, building materials and furnitures. It allows realistic tests under the variation of temperature, relative humidity, room loading and air exchange. Construction and operation of the test apparatus are described in detail. Recommendations for standardized tests are given. Experiences with the „1 m³-chamber-method“ are discussed by various examples.

1 Einleitung

Beeinträchtigungen in Innenräumen durch Formaldehydabgabe in die Raumluft aus Baustoffen und Einrichtungsgegenständen, gefertigt unter Verwendung formaldehydhaltiger Materialien, haben in Westeuropa seit Anfang der 70er Jahre zu intensiven Untersuchungen zwecks Minderung des Abgabepotentials geführt. Besonders belastet waren Gebäude, erstellt unter großflächiger Verwendung von kunstharzgebundenen, formaldehydhaltigen Holzspanplatten. In der Bundesrepublik Deutschland wurde basierend auf einem 1977 vom Bundesgesundheitsamt für Aufenthaltsräume empfohlenen wohnhygienischen Toleranzwert von 0,1 ppm eine Formaldehyd-Richtlinie erarbeitet, welche die Verwendung von Spanplatten im Bauwesen hinsichtlich Vermeidung unzumutbarer Formaldehydkonzentrationen in der Raumluft verbindlich regelt (ETB-Ri Spanplatte 1980). Bewertungsmaßstab für Bauspanplatten wurde eine Formalde-

hydausgleichskonzentration, ermittelt an großformatigen Spanplatten in einem Prüfraum von ca. 40 m³ Volumen.

Der große Prüfraum ermöglicht zwar praxisnahe Untersuchungen, ist aber sowohl vom apparativen als auch vom zeitlichen Aufwand her zu groß für die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Industrie und Forschungsinstitute haben daher von Anfang an auf in Westeuropa bereits vorhandene Laborprüfmethode zurückgegriffen.

Dies waren Perforator-, Gasanalyse- und WKI-Flaschen-Methode (FESYP 1975; Roffael 1975; Mehlhorn, Roffael 1978; Menzel et al. 1981). Auch für die Umsetzung der bauaufsichtlichen Vorschriften in der Fertigung war der Einsatz einfacher Prüfmethode und die Kenntnis der Korrelationen zwischen den damit ermittelten Materialkennwerten zu den im Prüfraum bestimmten Ausgleichskonzentrationen unumgänglich (Mehlhorn 1980; WKI 1981; Mehlhorn 1986).

Trotz vieler erfolgreicher Anwendungen ergaben sich aber beim Einsatz der genannten Prüfmethode auch Schwierigkeiten. Als nachteilig erwiesen sich vornehmlich die nicht immer praxisgerechten Prüfbedingungen und die räumliche Begrenzung in der Probekörpergröße. Mittlere Probekörper oder komplexer zusammengesetzte Materialteile ließen sich damit nicht oder nur begrenzt untersuchen. Aus diesen Einschränkungen heraus entstanden daher in verschiedenen Forschungsinstituten Verfahren, die auf kleinen Prüfkammern beruhen und die Messung unter Variation von Temperatur, relativer Luftfeuchte, Luftwechselzahl und Raumbelastung zulassen. So wurden in den skandinavischen Ländern verschiedene Verfahren entwickelt, die auf Kammern mit Innenvolumina zwischen 0,12 m³ und 1,0 m³ basieren (Molhave 1982; Dueholm 1985; Gustafsson et al. 1985; Sundin 1985).

In Deutschland wurden an verschiedener Stelle Verfahren in 1 m³-Kammern entwickelt (Marutzky et al. 1984; Marutzky 1985; Einbrodt 1986; Stetter et al. 1986). Im Fraunhofer-Institut für Holzforschung wurden verschiedene Untersuchungen zunächst mit UF-Ortschäumen durchgeführt, die Methode aber zunehmend auch bei der Prüfung von Holzwerkstoffen und anderen Materialien angewendet. Die Konstruktion der Kammer, die auf dem Entwurf von Einbrodt beruhte, wurde während der Untersuchungen verbessert, die Prüfbedingungen optimiert, bis ein exaktes, für die Untersuchung unterschiedlicher Materialien geeignetes Prüfverfahren zur Verfügung stand. Im folgenden sollen die Apparatur, die Prüfbedingungen sowie erste Erfahrungen mit diesem Verfahren, genannt „1 m³-Kammer-Methode“, beschrieben werden.

* Gefördert mit Mitteln der Stiftung zur Förderung der Forschung für die gewerbliche Wirtschaft und des Bundesministers für Forschung und Technologie

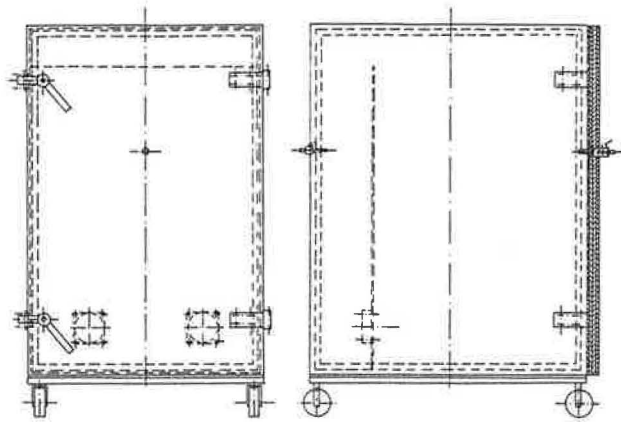


Bild 1. Schematischer Aufbau der 1 m³-Kammer; Vorder- und Seitenansicht
Fig. 1. Construction principle of the 1 m³-chamber; front- and side view

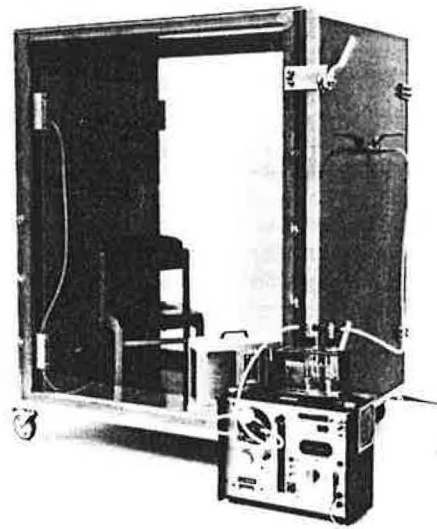


Bild 2. 1 m³-Kammer mit Gasprobenahmeapparatur bei der Untersuchung der Formaldehydabgabe eines Stuhls
Fig. 2. Determination of formaldehyde release of a small chair in the 1 m³-chamber

2 Beschreibung der Prüfapparatur

Die 1 m³-Kammer hat die Innenmaße 1 000 mm × 1 250 mm × 800 mm. Das Kammergestell besteht aus verschweißten Edelstahlrechteckrohren, in welche als Wandmaterialien 5 mm dicke Hart-PVC-Platten eingepaßt sind. Front- und Rückseitenfläche bestehen aus Plexiglas, um eine Einsicht in den Innenraum während der Versuche zu ermöglichen.

Eine Seitenfläche der Kammer ist als Tür ausgeführt. Sie ist durch eine außen aufgebrachte 15 mm dicke Furnierplatte verstärkt. Für die Probeentnahme bzw. die Luftzu- und -ableitung sind in der Tür und der gegenüberliegenden Wandfläche zwei Kugelhähne angebracht. In der Kammer befindet sich auf der der Türöffnung gegenüberliegenden Seite in 200 mm Abstand zur Wand eine nach oben und unten hin offene Trennwand, in deren unterem Teil zwei Lüfter mit einer Leistung von je 130 m³/h eingelassen sind. Die Lüfter bewirken eine ständige Umwälzung der Kammerluft.

In der Kammer befindet sich ein Thermohygrograph, der die während der Untersuchung in der Kammer vorliegenden Temperatur- und Luftfeuchtwerte registriert. Zwecks besserer Beweglichkeit der Kammer sind unter ihr vier Laufrollen angebracht.

Der Kammeraufbau ist in Bild 1 schematisch dargestellt, Bild 2 zeigt die Kammer in Betrieb mit Meßapparaturen zur Formaldehydbestimmung.

3 Prüfbedingungen

Die Kammer ermöglicht Formaldehydabgabemessungen unter Variation von Temperatur, rel. Luftfeuchte, Raumladung und Luftwechselzahl. Bei den Untersuchungen wurden zwei Prüfvarianten als besonders geeignet erkannt, die sich vornehmlich in der Belüftung der Kammer unterscheiden.

3.1 Prüfung mit Luftwechsel

Die Prüfung erfolgt bei einer Kammerlufttemperatur von 23 °C und einer relativen Luftfeuchte von 50%. Die Luftwechselzahl (n) beträgt 1 h^{-1} , die Raumladung (a) $2 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Die Schmalflächen der Probekörper werden bei plattenförmigen Werkstoffen abgedichtet. Bei abweichender Raumladung a wird die Luftwechselzahl n so eingestellt, daß das Verhältnis n/a stets 0,5 beträgt.

Die Formaldehydmessung wird entweder kontinuierlich oder diskontinuierlich im Abstand von jeweils 24 Std. bis zum Erreichen der Ausgleichskonzentration durchgeführt. Zur diskontinuierlichen Probenahme wird ein Teilstrom von $0,1 \text{ m}^3$ aus der abgeleiteten Kammerluft entnommen und mit einer Geschwindigkeit von maximal 2 l pro Minute durch mit Absorptionslösung gefüllte Gaswaschflaschen geleitet. Absorptionslösung ist bidestilliertes Wasser oder eine Reagenzlösung.

Der Nachweis des absorbierten Formaldehyds erfolgt photometrisch oder chromatographisch. Geeignete Analysemethoden sind in der Literatur beschrieben (z. B. Henschler 1976; Menzel, Marutzky, Mehlhorn 1981; VDI 3484). Die Konzentrationswerte werden angegeben in mg/m^3 und beziehen sich auf eine Temperatur von 20 °C und einen Luftdruck von 1 013 hPa.

Die bei dieser Prüfvariante genannten Prüfbedingungen beruhen auf einer gemeinsamen Empfehlung für ein Prüfverfahren auf der Basis von 1 m³-Kammern, festgelegt auf einer Sitzung von Wissenschaftlern der Statens Provningsanstalt, Boras, des Teknologisk Institut, Abteilung Traeteknik, Tastrup und des Fraunhofer-Instituts für Holzforschung, Braunschweig am 29.04.1986 in Boras, Schweden.

Ein anderer Vorschlag zur Prüfung der Formaldehydabgabe in einer 1 m³-Kammer lehnt sich an die in der ETB-Richtlinie für die Prüfraumuntersuchung vorgegebenen Prüfbedingungen an (Stetter et al. 1986).

3.2 Prüfung ohne Luftwechsel

Die Prüfung ohne Luftwechsel (ohne Berücksichtigung der bei den Probenahmen gezogenen Luft) erfolgt bei einer Kammerlufttemperatur von 23 °C. Die relative Luftfeuchte in der Kammer wird nicht gesteuert. Bei der Prüfung von plattenförmigen Werkstoffen werden zwei Probekörper der Abmessung 500 mm × 500 mm × Dicke in die Kammer eingebracht, so daß die Raumladung ohne Berücksichtigung der Schmalflächen $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ beträgt.

Zur Probenahme wird der Kammer im Abstand von 24 Std. ein Volumen von maximal $0,05 \text{ m}^3$ entnommen. Die entnommene Luft wird durch Frischluft ersetzt. Formaldehydbestimmung und Konzentrationsangabe erfolgen wie unter 3.1 beschrieben. Zur Bestimmung der Formaldehydkonzentration sollte aber aus der Kammer eine Luftprobe von nicht mehr als $0,05 \text{ m}^3$ entnommen werden, um die Ausbildung des Gleichgewichts möglichst wenig zu stören.

4 Zur Durchführung der Prüfungen

Grundlage jeder reproduzierbaren Formaldehydabgabeprobe ist die Einhaltung einer definierten Temperatur und relativen Luftfeuchte. Bei der Durchführung der Versuche muß die 1 m³-Kammer in der oben beschriebenen Ausführung in einem klimatisierten Raum aufgestellt werden, der sowohl eine Einhaltung der Prüftemperatur ($23 \text{ °C} \pm 1 \text{ K}$) als auch der rel. Luftfeuchte ($50\% \pm 5\%$) gewährleistet. Diese Anforderungen werden in Probenklimaräumen normalerweise nicht erfüllt. Bei Prüfung in einem temperierten Raum ohne konstanten Luftfeuchtwert muß Luft mit der vorgesehenen relativen Luftfeuchte extern erzeugt und der 1 m³-Kammer zugeführt werden.

Bewährt hat sich ein in Dänemark erprobtes Aufbereitungs- und Beschickungssystem (Ducholm 1986). Hierbei wird auf Prüftemperatur gebrachte Druckluft (Feuchte maximal 10%) mit einem Feststoffadsorber (Aktivkohle) von Verunreinigungen mit organischen Stoffen und von Ölbefen gereinigt. Ein Teil der so aufbereiteten Luft wird mit Molekularsieb oder Silicagel nachgetrocknet, ein weiterer Teil mit destilliertem Wasser aufgefuehrt. Die gewünschte Luftfeuchte wird durch Abmischung der trockenen mit der befeuchteten Luft im entsprechenden Volumenverhältnis erzeugt. Die gesamte Aufbereitung erfolgt im temperierten Raum. Ein anderes Aufbereitungsverfahren wurde von Molhave (1982) beschrieben.

Bei der Prüfung ohne Luftwechsel wird die Luftfeuchte in der 1 m³-Kammer nicht extern gesteuert. Die Versuche haben jedoch ergeben, daß sich bei der Prüfung von Holzwerkstoffen in der Kammer nach maximal 24 Std. eine von der Feuchte des Prüflings abhängige Ausgleichsfeuchte einstellt. Vorklimatisierte Holzwerkstoffe (Normalklima 20/65 DIN 50 014) ergaben in der Kammer stets relative Luftfeuchten von etwa 50%. Auch bei nicht vorklimatisierten Holzwerkstoffen wurden Feuchtwerte in diesem Bereich gefunden.

Ein weiterer, bei der Durchführung der Untersuchung mit Luftwechsel zu berücksichtigender Faktor ist der Formaldehydgehalt der zugeführten Luft. Deren Vorbelastung darf eine Konzentration bis zum Ausgleichswert haben, der sich in der Kammer dem Abgabepotential des Prüflings entsprechend einstellen wird. Da der Ausgleichswert aber vor Beginn der Prüfung nicht bekannt ist, muß die Vorbelastung der zugeführten Luft möglichst niedrig angesetzt werden. Beim oben beschriebenen Aufbereitungs- und Beschickungssystem ist die erzeugte Prüfluft formaldehydfrei. Bei Entnahme der Prüfluft aus dem Klimaraum wird Formaldehydfreiheit dagegen nicht vorliegen. Hier sollte die Vorbelastung mit Formaldehyd nicht mehr als 0,02 ppm betragen. Bei höheren Konzentrationswerten muß die Prüfluft aufbereitet werden.

5 Bisherige Erfahrungen

Bei der Prüfung mit Luftwechsel wird eine Ausgleichskonzentration bestimmt, die außer vom Raumklima und der

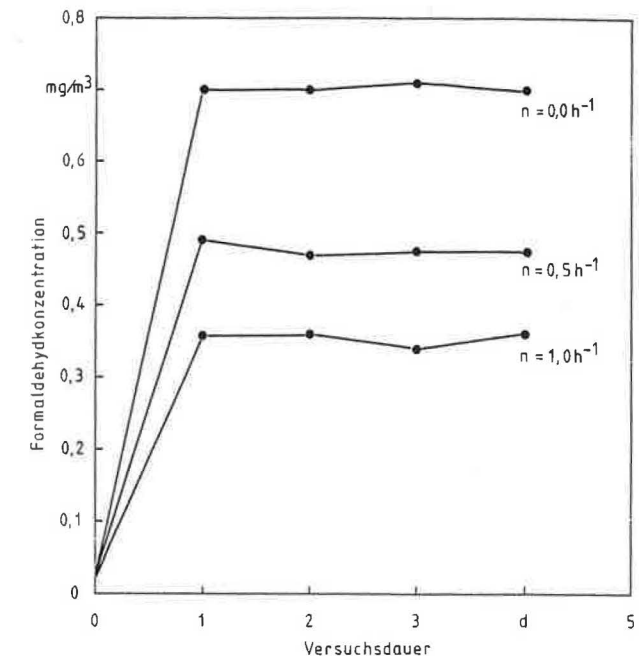


Bild 3. Zeitlicher Verlauf der Formaldehydkonzentrationen bei der Untersuchung einer Holzspanplatte der Emissionsklasse E 2 in der 1 m³-Kammer unter Variation der Luftwechselzahl n ; Raumladung $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Fig. 3. Formaldehyde concentration versus time in the 1 m³-chamber during testing of an emission class E2 particleboard under variation of air exchange rate n ; room loading $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Luftwechselzahl von Raumladung, Probekörperform und bestimmten Oberflächeneigenschaften abhängig ist. Durch exakte Festlegung der Prüfbedingungen (Abschnitt 3.1) muß dieser Tatsache Rechnung getragen werden. Bild 3 zeigt den typischen Verlauf der Konzentrationswerte bei der Untersuchung einer Spanplatte. Die Ausgleichskonzentration wird bei Rohspanplatten nach 24 bis 48 Std. Prüfdauer erreicht, bei beschichteten Platten, insbesondere solchen, die formaldehydhaltige Beschichtungsmaterialien aufweisen, stellt sich der Ausgleichswert auch erst nach längerer Prüfdauer ein.

Bei der Prüfung von plattenförmigen Werkstoffen ohne Luftwechsel stellte sich nach einer Dauer von maximal 48 Std. eine Formaldehydkonzentration ein, die sich auch im weiteren Verlauf der Untersuchung nicht mehr wesentlich änderte (Bild 3). Der so ermittelte Konzentrationswert entspricht dem „Formaldehyddampfdruck“ des untersuchten Materials unter den vorgegebenen Temperaturbedingungen. Wenn die in die Kammer eingebrachten Werkstoffe mehr Formaldehyd enthalten, als die von der Luft im Ausgleichszustand aufgenommene Formaldehydmenge beträgt, was praktisch immer der Fall ist, hängt der sich einstellende Konzentrationswert zwar von Temperatur und relativer Luftfeuchte ab, nicht aber von der Raumladung. Dieser Befund steht in Übereinstimmung mit den bisher entwickelten Rechenmodellen, wonach für $n/a=0$ die Formaldehydkonzentration im Ausgleichszustand nur noch vom Materialkennwert, der relativen Luftfeuchte sowie der Lufttemperatur abhängig ist (Andersen et al. 1974; WKI 1981; Mehlhorn 1986). Bei der Prüfung ohne Luftwechsel können Form und Größe der Prüfkörper daher in erheblichem Maß variiert werden, ohne daß die „Sättigungskonzentration“ beeinflusst wird. Allerdings ist die Dauer bis zum Einstellen dieser Konzentration von der Fläche des eingebrachten Prüflings und spezifischen Oberflächeneigenschaften abhängig (Bild 4).

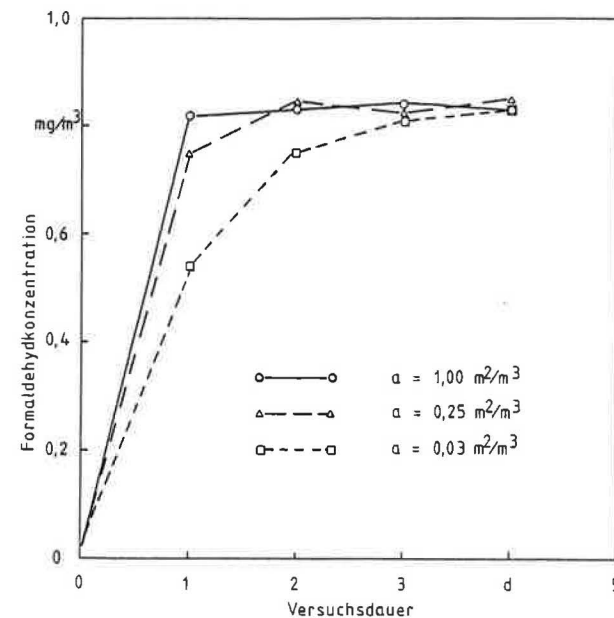


Bild 4. Zeitlicher Verlauf der Formaldehydkonzentrationswerte bei der Untersuchung einer Holzspanplatte der Emissions-Klasse E2 in der 1 m³-Kammer unter Variation der Raumbelastung a ; Prüfung ohne Luftwechsel

Fig. 5. Formaldehyde concentration versus time in the 1 m³-chamber during testing of an emission class E2 particleboard under variation of room loading a ; test without air exchange

Ein Vorteil der Prüfvariante ohne Luftwechsel liegt in der Untersuchung von Materialien mit geringer Masse und mit niedrigem Formaldehydabgabepotential (z. B. Tapeten, Dämmstoffe, Textilien). Wie sich verschiedentlich gezeigt hat, lassen Messungen nach anderen einfachen Prüfmethoden bei diesen Materialien oft keine eindeutige Bestimmung des tatsächlichen Abgabepotentials zu. Bei der Interpretation der Werte, ermittelt ohne Luftwechsel, muß aber beachtet werden, daß auch bei von der stofflichen Zusammensetzung her formaldehydfreien Materialien, wie z. B. mineralisch gebundenen Plattenwerkstoffen, ein Abgabewert gemessen wird, wenn die Probekörper mit Formaldehyd kontaminiert sind. Auch bei einer mengenmäßig geringen Kontamination mit Formaldehyd können sich in der Kammer relativ hohe Konzentrationswerte einstellen. Eine solche Kontamination läßt sich dagegen bei der Prüfung mit Luftwechsel aus der stetigen Abnahme der Konzentrationswerte während der Prüfung nachweisen.

6 Vergleich mit anderen Prüfverfahren

Erste Untersuchungen haben gezeigt, daß bei der 1 m³-Kammer-Methode Korrelationen zu den im Prüfraum unter den Vorgaben der ETB-Richtlinie ermittelten Ausgleichskonzentrationen bei beiden Prüfvarianten vorhanden sind. Die 1 m³-Kammer-Methode ist daher eine anderen Prüfverfahren wie Gasanalyse-, Perforator- oder WKI-Methode prinzipiell gleichwertige Methode. Vorteilhaft ist, daß die in der 1 m³-Kammer bestimmten Werte mit den Ergebnissen der Prüfraumuntersuchungen besser vergleichbar sind als die nach den anderen Prüfverfahren bestimmten Materialkennwerte.

Die 1 m³-Kammer-Methode ist aber nicht in der Lage, die für eine praxisnahe Beurteilung erforderliche Bestimmung der Ausgleichskonzentration von großflächigen Plat-

tenwerkstoffen und Möbeln im ETB-Prüfraum zu ersetzen. Wie Ergebnisse von diesbezüglichen Versuchen bestätigt haben, wird außer durch Klima, Beladung und Luftwechselzahl auch durch die Größe des Prüflings und vornehmlich durch das Verhältnis von Schmal- zu Hauptflächen die sich ausbildende Ausgleichskonzentration beeinflusst.

Die 1 m³-Kammer-Methode eignet sich für vergleichende Prüfungen im Rahmen von Produkt- und Werkstoffentwicklungen. Komplex zusammengesetzte Halbzeuge und Produkte lassen sich in einfacher Weise untersuchen. Tabelle 1 bringt als Beispiel die Untersuchungsergebnisse in Zusammenhang mit der Entwicklung eines formaldehydarmen Fernsehgehäuses, bei der systematisch die verschiedenen Materialien und Beschichtungen variiert wurden. Als weiteres Beispiel sind in Tabelle 2 Ergebnisse von Untersuchungen an Stuhlsitzschalen aus harnstoffharzverleimten Furnieren zusammengestellt, bei denen der Einfluß der Lackierung auf das Formaldehydabgabepotential geprüft wurde. Die Untersuchungen nach der Gasanalyse-Methode ließen dabei zwar eine Unterscheidung zwischen den Beschichtungsvarianten zu, doch war eine Beurteilung der Formaldehydabgabe des Gesamtproduktes wegen der bei Einsatz dieser Methode nicht bestimmbaren Einflüsse der Schmalflächen nicht möglich. Die ergänzende Ganzteilprüfung der Sitzschalen in der 1 m³-Kammer ermöglichte eine praxisgerechte Differenzierung der verschiedenen Materialvarianten.

Verglichen mit den anderen Prüfmethode ist bei der Untersuchung mit der 1 m³-Kammer-Methode die lange Prüfdauer ein erheblicher Nachteil. Sowohl die Prüfung mit als auch die ohne Luftwechsel erfordern zur Bestimmung des

Tabelle 1. Formaldehydabgabe eines Fernsehgehäuses, hergestellt aus unterschiedlichen Materialien mit etwa 1,1 m² Oberfläche, ermittelt durch Ganzteilprüfung in der 1 m³-Kammer

Materialvariante	1 m ³ -Kammer-Wert ^a mg/m ³
Original-Fernsehgehäuse ^b	0,47
Bodenplatte aus E1-Spanplatte	0,33
Gehäuse und Bodenplatte aus E1-Spanplatten	0,20
Gehäuse innen abgedichtet ^c	0,15
Gehäuse und Bodenplatte innen abgedichtet ^c	0,08

^a Ausgleichskonzentration bei Prüfung mit Luftwechsel

^b Bodenplatte und Gehäuse aus E2-Spanplatten, Gehäuse außen vollflächig mit PVC-Folie beschichtet

^c Anstrich mit Alkydharzlack

Tabelle 2. Formaldehydabgabe von unterschiedlich lackierten Sitzschalen aus harnstoffharzverleimtem Furniersperrholz, ermittelt in der 1 m²-Kammer; Ganzteilprüfung von je 1 Sitzschale mit etwa 0,7 m² Oberfläche

Materialvariante	Gasanalyse-Wert ^a		1 m ³ -Kammer-Wert ^b mg/m ³
	A mg/(h m ²)	B mg/(h m ²)	
Unlackiert	46,0	6,7	0,67
Mit NC-Lack	—	2,8	0,15
Mit PU-Lack	—	1,7	0,10
Mit SH-Lack	—	30,9	0,98

^a A: Prüfung ohne Abdichtung der Schmalflächen des Prüflings

^b B: Prüfung mit Abdichtung der Schmalflächen des Prüflings; Prüfung mit Luftwechsel

Ausgleichswertes eine Prüfzeit von mindestens 48 Std. Dieser Zeitaufwand schränkt die Anwendbarkeit der Methode z. B. bei der industriellen Gütekontrolle erheblich ein. Auch die für eine exakte Untersuchung notwendige Einhaltung eines definierten Prüfklimas verursacht einen Aufwand, der höher ist als bei den anderen Materialprüfverfahren. Die 1 m³-Kammer-Methode ist also eine Ergänzung der bisherigen Prüfverfahren mit Vor- und Nachteilen.

7 Zusammenfassung

Mit der 1 m³-Kammer-Methode sind Materialien, Halbzeuge und kleinere Möbel prüfbar, die nach anderen bekannten, einfachen Methoden der Formaldehydprüfung wie Gasanalyse-, Perforator- und WKI-Methode nicht oder nur begrenzt untersucht werden können. Die Methode erweitert außerdem die Prüfmöglichkeiten über den Rahmen der bisher bekannten Materialprüfungen hinaus auf die Untersuchung größerer, auch inhomogen zusammengesetzter Probstücke, ohne jedoch die Prüfung im großen Prüfraum gemäß ETB-Richtlinie ersetzen zu können. Durch Variation der Prüfbedingungen lassen sich der Probenart, ihrer Größe und Form sowie ihrem Abgabepotential angepaßte Untersuchungen durchführen. Die Prüfvariante ohne Luftwechsel ist vom Aufwand her einfacher als die Variante mit Luftwechsel. Letztere Prüfvariante läßt aber die Bestimmung einer Ausgleichskonzentration zu, welche das tatsächliche Emissionsverhalten der geprüften Materialien wiedergibt. Durch Abstimmung der Prüfbedingungen unter den Prüfinstituten muß aber einer Vergleichbarkeit von Verfahren auf der Basis von 1 m³-Kammern bei der Anwendung auch über die nationalen Grenzen hinaus Rechnung getragen werden. Gerade die Vielzahl neuerer Veröffentlichungen mit Untersuchungsergebnissen von „Kammer-Methoden“ zeigt, daß derartige Prüfmöglichkeiten ein hohes Interesse in der angewandten Forschung gefunden haben. Um divergierenden Entwicklungen bei der Anwendung der Verfahren und bei der Definition der Prüfbedingungen entgegenzuwirken, sollte so rasch wie möglich eine Normung der Methode eingeleitet werden.

8 Literatur

- Andersen, I.; Lundqvist, G.R.; Molhave, L. 1974: Formaldehydabgabe fra spanplader – en matematisk model. Ugeskrift for Læger 136:2145–2150
- Dueholm, S. 1985: Formaldehydregler for byggeri og møbler – historie, erfaringer og udviklingstendenser. Limspecialisten 1/1985: A/S kemi Casco/Stockholm
- Dueholm, S. 1986: Persönliche Mitteilung an die Verfasser

- ETB-Ri Spanplatten 1980: ETB-Richtlinie über die Verwendung von Spanplatten hinsichtlich der Vermeidung unzumutbarer Formaldehydkonzentrationen in der Raumluft. Berlin: Beuth-Verlag
- ETB-Ri UF-Ortschaum 1985: ETB-Richtlinie zur Begrenzung der Formaldehydemission in die Raumluft bei Verwendung von Harnstoff-Formaldehyd-Ortschaum. Berlin: Beuth-Verlag
- FESYP 1975: Formaldehydbestimmung bei Spanplatten. Perforatormethode. Gasanalysemethode. Bestimmung von Formaldehyd in der Luft. Photometrisches Verfahren. Jodometrisches Verfahren. Europäische Foederation der Verbände der Spanplattenindustrie (FESYP), Giessen
- Gustafsson, H.; Isaksson, I.; Muameleci, E. 1985: Formaldehyd till inomhusluft. Teknisk Rapport 29; Statens Provvningsanstalt; Kemi och Brandteknik, Boras
- Henschler, D. (Hrsg.) 1976: Luftanalysen, Band 1. Weinheim: Verlag Chemie
- Marutzky, R.; Flentge, A. 1984: Erarbeitung von Materialprüfmethode für UF-Ortschäume. WKI-Kurzbericht 13/84. Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Braunschweig
- Marutzky, R.: Beschreibung der 1 m³-Kammer-Methode zur Bestimmung der Formaldehydabgabe von Materialien. WKI-Kurzbericht 24/85. Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Braunschweig
- Mehlhorn, L. 1980: Anwendungstechnische Empfehlungen zur Erreichung möglichst niedriger Formaldehydabgabewerte. 38. Sitzung der FESYP am 28.–30. 10. 1980 in Gießen
- Mehlhorn, L.; Roffael, E. 1978: Entwicklung einer Prüfapparatur zur Bestimmung der Formaldehydabgabe von Stoffen. WKI-Kurzbericht Nr. 14/78. Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Braunschweig
- Mehlhorn, L. 1986: Normierungsverfahren für die Formaldehydabgabe von Spanplatten. Adhäsion 30 (6):27–33
- Menzel, W.; Marutzky, R.; Mehlhorn, L. 1981: Formaldehyd-Meßmethoden. WKI-Bericht Nr. 13. Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Braunschweig
- Molhave, L. 1982: The model room method for measurement of formaldehyde emissions from particle boards. Holzforsch. Holzverw. 34:24–27
- Roffael, E. 1975: Messung der Formaldehydabgabe. Praxisnahe Methode zur Bestimmung der Formaldehydabgabe harnstoffharzgebundener Spanplatten. Holz-Zbl. 101:1403–1404
- Stetter, K.; Ackva, W.; Tröger, J. 1986: Bestimmung der Formaldehyd-Abgabe von Holzwerkstoffen und Möbeln in einer 1-m³-Prüfkammer. Holz-Zbl. 112:2024
- Sundin, B. 1985: The formaldehyde situation in Europe. Vortrag auf dem 19. Particle Board Symposium vom 26. bis 28. 03. 1985 in Pullman, Washington
- Sundin, B. 1986: Formaldehyde concerns in composite products. Vortrag auf dem 18th IUFRO World Congress vom 07. bis 21. 09. 1986 in Lubljana
- VDI Richtlinie 3484: Messen von Aldehyden. Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach dem Sulfit-Pararosanilin-Verfahren. Berlin: Beuth-Verlag
- WKI 1981: Ermittlung eines zulässigen Formaldehydabgabewertes für Flachpreßplatten V20 (nach DIN 68763). Abschlußbericht Nr. 2294/81 des Fraunhofer-Instituts für Holzforschung, Braunschweig