



Forschungsvorhaben

Untersuchung von Holzproben auf Formaldehydemissionen bei erhöhter Temperatur

Endbericht Juli 2009

**Erstellt im Auftrag des Fachverbandes der Holzindustrie
Schwarzenbergplatz 4, 1030 Wien**

DI Peter Tappler
Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie
IBO Innenraumanalytik OG

DI Bernhard Damberger, DI Felix Twrdik, DI Claudia Schmöger
IBO Innenraumanalytik OG

OA DI tech. nat. Dr. med. Hans-Peter Hutter
ÄrztInnen für eine gesunde Umwelt, Institut für Umwelthygiene, Medizinische
Universität Wien

Projektnummer: **M1-490**

Auftraggeber: **Fachverband der Holzindustrie**
Schwarzenbergplatz 4
1030 Wien

Aussteller: **Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie
GmbH**
1090 Wien, Alserbachstraße 5/8
☎ 0664-300 80 93 Fax: 01-319 20 05-50
☎ 01-319 20 05

Analytische Untersuchung: **IBO Innenraumanalytik OG**
Chemisches Laboratorium - Ingenieurbüro für Technische Physik
1150 Wien, Stutterheimstraße 16-18/2
☎ 01-983 80 80-0 Fax: 01-983 80 80-15
email: office@innenraumanalytik.at
<http://www.innenraumanalytik.at>

Dipl. Ing. Peter Tappler
Dipl. Ing. Bernhard Damberger
Dipl. Ing. Dr. Hans-Peter Hutter
Dipl. Ing. Claudia Schmöger

Datum: 15.07.2009

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	5
2	AUFGABENSTELLUNG	6
3	VORGANGSWEISE, METHODE	6
4	BESCHREIBUNG DER PROBEN	7
5	ERGEBNISSE	8
6	BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE	10
6.1	Beurteilungsgrundlagen zur Untersuchung der Emission von Formaldehyd mittels Gasanalyse	10
6.2	Beurteilung der Ergebnisse der Emissionsmessungen	11
7	FORSCHUNGSBEDARF	12
8	DANKSAGUNG	12

1 EINLEITUNG

Messungen in bestehenden Saunakammern, in denen verleimte Plattenwerkstoffe eingesetzt wurden, ergaben, dass es in Saunakammern bei Betriebstemperaturen von etwa 80° C zu zum Teil deutlichen Überschreitungen des Wertes von 0,1 mg/m³ Formaldehyd kommen kann. Messungen in (zum Teil noch nicht in Betrieb stehenden) Saunakammern, die keine Plattenwerkstoffe enthielten, ergaben Raumluftkonzentrationen bis zu etwa 1 mg/m³ Formaldehyd, wobei im Einzelfall eine deutliche Abhängigkeit von der Betriebstemperatur gegeben war.

Eine einleitende Literaturrecherche zum Thema Holz und Formaldehydabgabe zeigte, dass sich bisher offenbar nur wenige Expertengruppen mit dem Thema beschäftigt haben, diese behandelten vor allem das Thema von nach industriellen Trockenprozessen auftretenden Emissionen und Emissionen bei der Herstellung von Spanplatten ¹.

Holz gibt bei Raumtemperatur nur sehr geringe Mengen an Formaldehyd ab ². Die vorhandenen Informationen sowie in der Vergangenheit durchgeführte punktuelle Messungen belegen, dass allerdings eine deutliche und wahrscheinlich über einen längeren Zeitraum andauernde Emission von Formaldehyd aus erhitztem Rohholz gegeben ist, die sich dadurch erklärt, dass bei der Trocknung des Holzes durch die Spaltung von Lignin, Hemicellulosen und Polysacchariden Formaldehyd entsteht ³. Je höher das Temperaturniveau liegt, desto höher liegt die Emissionsrate ⁴. Über den Einfluss verschiedener Holzarten auf die Formaldehydabgabe existierten nur wenige Fachbeiträge ⁵, systematische Untersuchungen von für den Saunabau relevanten Hölzern wurden nicht durchgeführt.

Eine Senkung der Konzentration an Formaldehyd über die Zeit in der Innenraumluft von Saunakammern ist zwar möglich, wie lange dieser Zeitraum gegebenenfalls andauern kann bzw. ob überhaupt eine Senkung stattfindet, ist derzeit jedoch noch unbekannt. In jedem Fall ist zu erwarten, dass in einem Teil der Kammern (abhängig von der Holzart, der Belüftung und der Nutzerfrequenz), eine Überschreitung von Richtwerten für die Innenraumluft auch nach einigen Monaten noch möglich ist.

Bei mit niedrigen Temperaturen betriebenen, ausreichend belüfteten Räumen wie Infrarotkabinen sind nach dem heutigen Stand des Wissens in der Regel keine erhöhten Formaldehydkonzentrationen zu erwarten, außer das Holz wird direkt erwärmt.

Formaldehyd kann gegebenenfalls auch von der Verleimung von in den letzten Jahren vermehrt in Saunakammern eingesetzten Holzwerkstoffen abgespalten werden. Auch hier ist nicht bekannt, wie sich formaldehydabspaltende Leime bei Erhitzung verhalten. Eventuell

¹ Young S (2009): Formaldehyde emission from solid wood – will it become an issue? Internet vom 14.07.2009. www.timbertest.co.nz/docs/EmissionFromRadiata_BC2.pdf

² Meyer B, Boehme C (1997): Formaldehyd emission from solid wood. Forest Products Journal Vol. 47, No. 5

³ Schäfer M, Roffael E (2000): On the formaldehyde release of wood. Holz Roh. Werkst. 58. 259-264

⁴ Schäfer M, Roffael E (1999): Proc. 3rd Europ. Panel Products Symp. Llandudno, Wales 136. Schäfer M, Roffael E (1999): Holz Roh. Werkst. 57. 340. Schäfer M, Roffael E (2000): Holz Roh. Werkst. 58. 258.. zitiert in Dunky M, Niemz P (2002): Holzwerkstoffe und Leime. Springer Verlag

⁵ Dunky M, Niemz P (2002): Holzwerkstoffe und Leime. Springer Verlag

kommt es in bestimmten Zeiten (Beginn des Saunabetriebes) zu einer zusätzlichen Emission, vielleicht aber verringert der Kunststoffanteil längerfristig auch eine Emission aus dem Holz.

Es ist davon auszugehen, dass die Problematik schon seit Jahrzehnten bestand, jedoch erst jetzt thematisiert wird.

2 AUFGABENSTELLUNG

Im vorliegenden Forschungsvorhaben sollen stichprobenartige Untersuchungen an sechs unterschiedlichen Hölzern, die im Saunabau eingesetzt werden, vorgenommen werden, um Aufschluss darüber zu erhalten, in welchen Bereichen sich die Formaldehydabgabe von Holz bei erhöhten Temperaturen bewegt.

Es soll orientierend ermittelt werden, in welcher Form sich höhere Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Formaldehyd-Emission von im Saunabau gebräuchlichen Holzarten auswirken. Zu diesem Zweck soll eine Versuchsreihe mit sechs verschiedenen im Saunabau gebräuchlichen Holzarten durchgeführt werden, wobei ein Saunabetrieb über zwei Wochen hindurch in Form einer Lagerung bei wechselnden Temperatur- und Luftfeuchte-Bedingungen simuliert werden soll. Als Referenz dazu soll parallel zu den Versuchen mit wechselnden Temperatur- und Luftfeuchte-Bedingungen eine zweiwöchige Lagerung bei konstanten Temperaturbedingungen (90°C) und geringer Luftfeuchte erfolgen.

3 VORGANGSWEISE, METHODE

Vom Auftraggeber wurden aus sechs verschiedenen Holzproben Prüfkörper mit den Abmessungen 400 mm x 50 mm angefertigt und übermittelt.

Von jeder Holzprobe wurden vier Prüfkörper untersucht, es war allerdings nicht bekannt, ob die einzelnen Prüfkörper aus dem gleichen Stamm stammten. Die Formaldehyd-Emission wurde bei zwei unterschiedlichen Prüfkammertemperaturen (60° C und 90° C) vor und nach der Lagerbehandlung der Prüfkörper erhoben.

Jeweils zwei Prüflinge pro Holzprobe (Proben A und C) wurden 14 Tage lang bei einer konstanten Temperatur von 90° C im Trockenschrank gelagert („konstante Lagerung“). Die anderen beiden Prüflinge (Proben B und D) wurden 14 Tage lang unter wechselnden Klimabedingungen gelagert: pro Tag acht Stunden bei 90° C im Trockenschrank und 16 Stunden bei Raumtemperatur und 100% Luftfeuchte („alternierende Lagerung“).

Nach der Lagerung erfolgte eine weitere eintägige Lagerung bei Raumtemperatur und erneut eine Messung der Formaldehyd-Emission bei zwei unterschiedlichen Prüfkammertemperaturen (60° C und 90° C). Somit wurde für jede Holzprobe pro Lagerungsvariante jeweils ein Prüfling bei 60° C und einer bei 90° C Prüfkammertemperatur auf die Formaldehyd-Emissionsrate untersucht.

Die Untersuchung der Formaldehyd-Emission nach der Methode der Gasanalyse erfolgte in Anlehnung an die ÖNORM EN 717-2. Die zugeschnittene Probe wurde in einer speziellen Prüfkammer bei 60° C beziehungsweise 90° C mit Luft umspült. Abweichend von der ÖNORM EN 717-2 wurde die Zuluft, um die realen Bedingungen in einer Saunakammer anzunähern, nicht getrocknet (auf Grund des laut Norm vorgeschriebenen Reinigungsschrittes, bei dem Luft bei Raumtemperatur durch eine Frittenwaschflasche mit Wasser strömt, weist die Zuluft eine Feuchte nahe des Sättigungspunktes bei Raumtemperatur auf).

Bei jedem Prüfkörper wurde die Abluft der Prüfkammer viermal unmittelbar hintereinander auf Formaldehyd untersucht. Die Untersuchung der Prüfkörper erfolgte mit versiegelten Schmalflächen. Die analytische Bestimmung des Formaldehyds erfolgte mittels Pentan-2,4-dion (Acetylaceton), wobei der Formaldehyd mit Pentan-2,4-dion in Anwesenheit von Ammoniumacetat und Essigsäure unter Bildung von 3,5-Diacetyl-1,4-dihydrolutinidin reagiert. Die Absorption des gebildeten Farbstoffes, dessen Farbintensität proportional zur Konzentration des Formaldehyds in der Probe ist, wurde mit Hilfe eines Spektralphotometers bei einer Wellenlänge von 412 nm gemessen. Die Bestimmungsgrenze des Verfahrens lag bei 0,02 mg m⁻²h⁻¹.

4 BESCHREIBUNG DER PROBEN

Je Probe wurden insgesamt vier Prüflinge (bezeichnet mit A, B, C und D) untersucht. Die Proben wurden von einem Saunahersteller bzw. von der Holzforschung Austria zur Verfügung gestellt.

Tabelle 3.1: Beschreibung der Proben

Probenbezeichnung	Probenbeschreibung	Bemerkungen
1 (Prüflinge A,B,C,D)	Fichte	Probenbeschreibung laut Auftraggeber
2 (Prüflinge A,B,C,D)	Hemlock	
3 (Prüflinge A,B,C,D)	Zeder	
4 (Prüflinge A,B,C,D)	Espe	
5 (Prüflinge A,B,C,D)	gekochte Fichte	
6 (Prüflinge A,B,C,D)	Tanne	

5 ERGEBNISSE

Tabelle 4.1: Formaldehyd-Emission vor der Lagerung

Probenbeschreibung	Einheit	Formaldehyd-Emission vor der Lagerung (Grundmessung)	
		60° C (Proben A; B)	90° C (Proben C; D)
Prüfkammer-Temperatur			
Fichte	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,07; 0,13	0,39; 0,39
Hemlock	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,07; 0,05	0,21; 0,20
Zeder	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,07; 0,09	0,40; 0,63
Espe	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,08; 0,07	0,17; 0,34
gekochte Fichte	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,07; 0,07	0,30; 0,29
Tanne	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,04; 0,04	0,20; 0,20

a mg m⁻²h⁻¹: Milligramm Formaldehyd pro Quadratmeter und Stunde; Werte gerundet

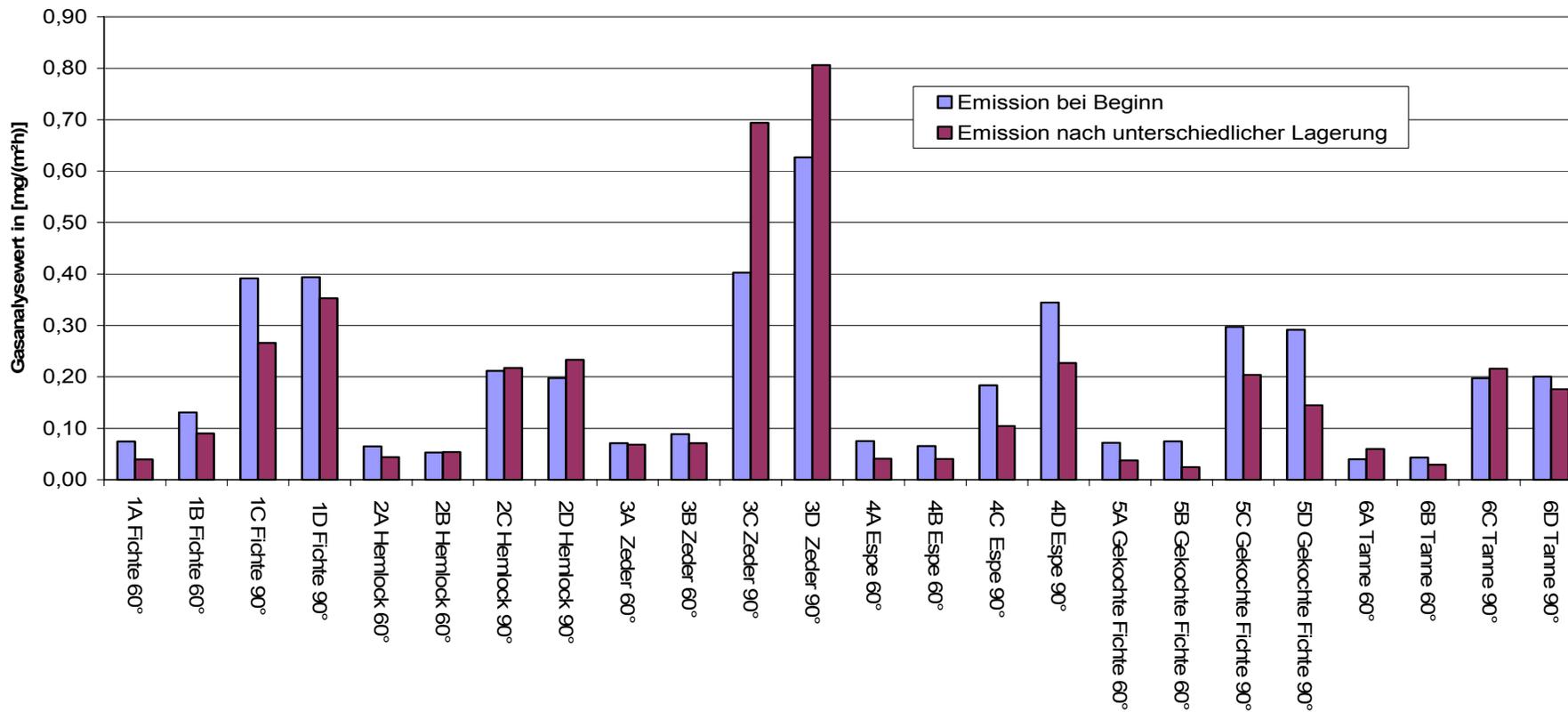
Tabelle 4.2: Formaldehyd-Emission nach unterschiedlicher Lagerung

Probenbeschreibung	Einheit	Formaldehyd-Emission nach konstanter Lagerung bei 90° C und geringer Luftfeuchte		Formaldehyd-Emission nach Lagerung bei alternierender Lagerung	
		Proben A 60° C	Proben C 90° C	Proben B 60° C	Proben D 90° C
Prüfkammer-Temperatur					
Fichte	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,04	0,27	0,09	0,35
Hemlock	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,04	0,22	0,05	0,23
Zeder	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,07	0,69	0,07	0,81
Espe	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,04	0,10	0,04	0,23
gekochte Fichte	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,04	0,20	0,02	0,14
Tanne	[mg m ⁻² h ⁻¹]	0,06	0,22	0,03	0,18

a mg m⁻²h⁻¹: Milligramm Formaldehyd pro Quadratmeter und Stunde; Werte gerundet
 Die Bestimmungsgrenze lag bei 0,02 mg m⁻²h⁻¹

Abbildung 4.1: Formaldehyd-Emission vor und nach der Lagerung

2 Wochen Versuchsdauer: Proben A, C konstante Lagerung bei 90°C,
Proben B, D alternierende Lagerung bei 90°C und bei Raumtemperatur in einer Feuchtekammer



6 BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE

6.1 Beurteilungsgrundlagen zur Untersuchung der Emission von Formaldehyd mittels Gasanalyse

Die konkrete Belastung der Raumluft der Saunakammern durch Formaldehyd hängt neben der gemessenen Formaldehydabgabe der Holzwerkstoffe von einer Reihe weiterer Faktoren ab:

- Verhältnis von Materialoberfläche zu Raumvolumen,
- das tatsächliche Verhältnis offener Schmalflächen zu beschichteten und furnierten Flächen,
- Raumtemperatur,
- Luftwechselzahl,
- Luftfeuchte.

Eine konkrete Aussage über eine zu erwartende Raumluftbelastung von realen Saunakammern ist daher bei ausschließlicher Kenntnis der Emissionsraten nicht möglich. Aus den Ergebnissen kann jedoch eine Einschätzung des Emissionsverhaltens von Holzwerkstoffen abgeleitet werden.

Im 6. Durchführungserlass zum Österreichischen Chemikaliengesetz werden Materialkennwerte für beschichtete Span- und Faserplatten festgelegt. Um den Vorgaben der Formaldehydverordnung⁶ zu entsprechen, muss für beschichtete Span- und Faserplatten der Materialkennwert (Einzelplattenwert) von 3,5 mg Formaldehyd pro m²h (Gasanalysewert bei 60 °C) nach 4 Wochen Lagerung, neben der Erfüllung weiterer Anforderungen, eingehalten werden.

Bei Einhaltung dieser Materialkennwerte ist davon auszugehen, dass die durch den Holzwerkstoff verursachte Ausgleichskonzentration in der Luft eines Prüfraumes unter genau definierten Bedingungen (unter anderem eine Temperatur von 23 °C) den in § Abs. 1 der Verordnung festgelegten Wert von 0,1 ppm Formaldehyd nicht überschreitet.

Zu bemerken ist, dass in Konstruktionen eingebaute Holzwerkstoffe in der Regel in unterschiedlichem Ausmaß ablüften. Gasanalysewerte einzelner Abschnitte, die ursprünglich aus einer Platte stammen, können sich daher unter Umständen stark unterscheiden.

6 Formaldehydverordnung (1990) 194. Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie vom 12. Februar 1990 über Beschränkungen des Inverkehrsetzens und über die Kennzeichnung formaldehydhaltiger Stoffe, Zubereitungen und Fertigwaren. BGBl. Nr. 194/1990

6.2 Beurteilung der Ergebnisse der Emissionsmessungen

Die untersuchten Proben zeigten eine für Holz als unauffällig zu betrachtende Emission an Formaldehyd. Der im 6. Durchführungserlass zum Österreichischen Chemikaliengesetz festgelegte Material-kennwert von 3,5 mg Formaldehyd pro m²h (für Holzwerkstoffe) wurde bei allen Proben deutlich unterschritten⁷. Alle untersuchten Proben zeigten bei 60 °C vor und nach der Lagerung Emissionsraten im Bereich bzw. unter 0,1 mg m⁻²h⁻¹. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Proben und Holzarten waren bei 60 °C gering.

Dennoch zeigte es sich, dass die flächenbezogene Emission an Formaldehyd aus Holz bei hohen Temperaturen, wie sie in einer Saunakammer (finnische Sauna) vorherrschen, in Bezug auf eine Raumluftbelastung einer Saunakammer nicht zu vernachlässigen ist. Bei Raumlufttemperaturen, wie sie in Infrarotkabinen zu finden sind (< 60°C) ist dagegen nur dann eine relevante Raumluftbelastung möglich, wenn der Luftwechsel gering ist bzw. wenn Holz direkt durch Flächenheizungen auf höhere Temperaturen erhitzt wird.

Die Holzarten Hemlock, Espe, Gekochte Fichte und Tanne zeigten bei 90 °C (angenäherte Saunatemperaturen) bei beiden Lagerbedingungen nach der Lagerung Emissionsraten im Bereich bzw. unter 0,2 mg m⁻²h⁻¹. Die Holzart Fichte zeigte Emissionsraten zwischen 0,27 und 0,35 mg m⁻²h⁻¹, die Holzart Zeder Emissionsraten zwischen 0,69 und 0,81 mg m⁻²h⁻¹.

Bezüglich der Einwirkung der Lagerung im Zuge des Versuchs auf das Emissionsverhalten der Prüfkörper lässt sich keine einheitliche Tendenz ableiten. Nur bei den Holzarten Fichte, Espe und Gekochte Fichte wurde eine signifikante Verringerung der Emission nach der Lagerung festgestellt. Bei der Holzart Zeder wurde bei 90°C eine deutliche Erhöhung der Emission nach der Lagerung festgestellt.

Bezüglich der Einwirkung der beiden Lagervarianten auf das Emissionsverhalten der Prüfkörper lässt sich ebenfalls keine einheitliche Tendenz ableiten. Nur bei der Holzart Fichte bewirkte die Simulation des Saunabetriebs (alternierende Lagerung) verglichen mit der konstanten Lagerung eine erhöhte Emissionsrate. Bei der Holzart Gekochte Fichte bewirkte die Simulation des Saunabetriebs (alternierende Lagerung) verglichen mit der konstanten Lagerung dagegen eine niedrigere Emissionsrate.

⁷ Eine direkte Vergleichbarkeit ist streng genommen nicht gegeben, da die Proben etwas abweichend gegenüber der EN 717-2 geprüft wurden, da die Zuluft nicht entfeuchtet wurde

7 FORSCHUNGSBEDARF

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurden auftragsgemäß lediglich stichprobenartige Untersuchungen an wenigen Hölzern vorgenommen, um Aufschluss darüber zu erhalten, in welchen Bereichen sich die Formaldehydabgabe von Holz bei erhöhten Temperaturen bewegen kann.

Folgende Fragen stellen sich auf Grund der Ergebnisse dieser Messungen:

- Welche Raumluftkonzentrationen sind in realen Saunen bei Verwendung der unterschiedlichen Holzarten tatsächlich zu erwarten?
- Wie groß ist die Variabilität in Bezug auf die Emission an Formaldehyd innerhalb einer Holzart auf Grund der Wachstumsbedingungen, des Standortes etc.?
- Wie groß ist die Variabilität in Bezug auf die Emission an Formaldehyd zwischen Holzproben aus einem gleichen Stamm?
- Wie verhalten sich Holzproben in Bezug auf ihre Emission an Formaldehyd über einen längeren Zeitraum?
- Welche Emissionen an Formaldehyd entstehen, wenn Holz nach einer längeren Lagerzeit bei Raumtemperatur wieder aufgeheizt wird?
- Gibt es eine mathematische Beschreibung der Emissionsrate abhängig von der Temperatur?
- Gibt es Möglichkeiten, die Emission an Formaldehyd zu verringern?
- Wie verhalten sich Holzwerkstoffe bei erhöhten Temperaturen? Welcher Anteil der Emission ist bei Holzwerkstoffen auf den Kleber zurückzuführen, welcher auf die Zersetzung von Holzinhaltstoffen?

Die offenen Fragen sollten durch nachfolgende Forschungsarbeiten geklärt werden.

8 DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich bei dem Auftraggeber, dem Fachverband der Holzindustrie für die Beauftragung und Haupt-Finanzierung der Studie sowie dem Österreichischen Institut für Baubiologie und -ökologie für die Co-Finanzierung.