

**Untersuchungen zu Kalibrierungsverfahren für
SBI-Prüfanlagen und zur Ermittlung der
SBI-Bewertungskriterien für Baustoffe der
Baustoffklassen A2 und B1 (DIN 4102, Tl. 1)**

T 2855

T 2855

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

1999, ISBN 3-8167-5485-6

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

e-mail irb@irb.fhg.de

URL <http://www.irb.fhg.de>

MATERIALFORSCHUNGS- UND PRÜFUNGSANSTALT FÜR DAS BAUWESEN LEIPZIG e.V.

ANERKANNTE PRÜFSTELLE FÜR BAUSTOFFE, BAUTEILE UND BAUARTEN

Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr. sc. techn. J. Quade Geschäftsführer: Dr.-Ing. H. Meichsner



Abteilung Baulicher Brandschutz

Forschungsbericht

Nr. FB IV / 99 - 001

(Schlußbericht)

-
- Auftraggeber:** Deutsches Institut für Bautechnik
Kolonnenstraße 30
10829 Berlin
- Forschungsvorhaben:** Untersuchungen zu Kalibrierungsverfahren für SBI-
Prüfanlagen und zur Ermittlung der SBI-Bewertungskriterien
für Baustoffe der Baustoffklassen A2 und B1 (DIN 4102, Teil 1)
- Vertragsgrundlage:** Vertrag zwischen dem
Deutschen Institut für Bautechnik
und der forschenden Stelle
Materialforschungs- und Prüfungsanstalt
für das Bauwesen Leipzig e.V.
- Geschäftszeichen:** IV 12-5-4.115-829/97
- Bearbeiter:** Dr.-Ing. Wilfried Jank
Dipl.-Ing. Joachim Maske
- Datum:** 05.03.1999

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	3
2 Zielstellung des Forschungsvorhabens	3
3 Prinzip des SBI-Prüfverfahrens	4
4 Beschreibung der Kalibrierungen der SBI-Prüfeinrichtung	5
4.1 Vorkalibrierungen	5
4.1.1 Methanolfeuer-Kalibrierung	6
4.1.2 Temperatur-Schritt-Kalibrierung	6
4.1.3 Kalibrierung der Wärmefreisetzung des Hilfsbrenners	7
4.2 Hauptkalibrierung - Bestimmung der Wärmefreisetzungsrates	7
5 Zusammenstellung der wesentlichen Meßergebnisse der 30 geprüften Bauprodukte	9
6 Prüftechnische Erfahrungen und Anmerkungen	14
7 Vergleich und Bewertung der Prüfergebnisse	16
7.1 Gruppierungen	16
7.2 Nichtbrennbare Baustoffe	16
7.3 Brennbare Baustoffe	17
8 Zusammenfassung	18
9 Literaturangaben	20

Anlagen

- Anlage 1: Gruppierung Meßwert Maximum der Wärmefreisetzungsrates $RHR_{30S} \max$
- Anlage 2: Gruppierung Meßwert Wärmefreisetzungsrates THR
- Anlage 3: Gruppierung Maximum der Temperaturerhöhung $dT_{30S} \max$
- Anlage 4: Gruppierung Maximum der vertikalen Schädigung der Proben
- Anlage 5: Gruppierung Maximum der horizontalen Schädigung der Proben

1 Einleitung

Die bisherigen nationalen Prüf- und Klassifizierungsverfahren für das Brandverhalten von Baustoffen in den europäischen Ländern sind unterschiedlich und nur bedingt vergleichbar. Im Rahmen der europäischen Harmonisierung im Bereich des Bauwesens wurde ein neues Klassifizierungssystem erstellt. Bauprodukte bzw. Baustoffe mit Anforderungen an das Brandverhalten werden voraussichtlich in sechs Euroklassen A bis F mit unterschiedlichen Anforderungskonzepten eingeteilt.

Das SBI-Brandprüfverfahren (Single Burning Item - einzelner brennender Gegenstand) ist ein neuentwickeltes Prüfverfahren zur europäischen Klassifizierung des Brandverhaltens von Bauprodukten und soll eine Grundlage für die Einstufung von nichtbrennbaren und brennbaren Bauprodukten in die Euroklassen B, C und D darstellen.

Dieses Prüfverfahren wurde in ca. 15 europäischen Brandprüfstellen an 30 verschiedenen Bauprodukten in Rundversuchen Round Robin erprobt. Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Teilnahme an den Rundversuchen war die Einhaltung der vorgegebenen Kalibrierungsbedingungen.

Bei den Prüfungen wurde eine hohe Anzahl von Kennwerten aufgezeichnet, beobachtet und berechnet. Dazu zählen der Zündzeitpunkt, die Flammenausbreitung, die Wärmefreisetzungsrate, Temperaturerhöhungen, die Rauchentwicklung, brennendes Abfallen bzw. Abtropfen von Probenteilen und die Größe der Schädigung der geprüften Materialien.

Die im Rundversuch Round Robin getesteten 30 Bauprodukte wurden aus verschiedenen Anwendungsbereichen im Bauwesen entnommen. Dazu zählten z.B. Dämmstoffe aus Kunststoffen und Mineralfasern, Kernverbundelemente, Kunststoffplatten, verschiedene Holzwerkstoff-Platten und Elektrokabel.

2 Zielstellung des Forschungsvorhabens

In der Brandprüfstelle der MFPA Leipzig e.V. wurde die SBI-Prüfeinrichtung im April und Mai 1997 auf der Grundlage von [4], [5], [6] und [7] errichtet. Im Sommer 1997 nahm die MFPA Leipzig e.V. an dem europäischen Rundversuch Round Robin teil, bei dem die Reproduzierbarkeit des Verfahrens und eine geeignete Differenzierung der Bauprodukte überprüft werden sollten.

Zum Zeitpunkt der Antragstellung des Forschungsvorhabens (15.11.1996) waren Prüfungen zur Kalibrierung der SBI-Prüfeinrichtung noch nicht beschrieben. Diese wurden als Grund-

lage des Round Robin in den Dokumenten [5], [6] und [7] im April 1997 für alle teilnehmenden Prüfstellen einheitlich festgelegt.

Deshalb soll, abweichend vom Titel des Forschungsantrages, kein eigenes Kalibrierungsverfahren entwickelt, sondern die vorgegebenen Kalibrierungsprüfungen erläutert und bewertet werden. Diese Änderung ist bei der Erstellung des Zwischenberichtes FB IV / 97 - 001 der MFPA Leipzig e.V. mit dem Deutschen Institut für Bautechnik abgestimmt worden.

Die Meßgrößen und Versuchskriterien des SBI-Prüfverfahrens werden erläutert und prüftechnische Erkenntnisse diskutiert. Mit der Erstellung von Rangfolgen bzw. Gruppierungen der 30 geprüften Bauprodukte soll eine Bewertung und Differenzierung von Bauproduktgruppen ermöglicht werden. Die Gegenüberstellung des SBI-Prüfverfahrens mit dem Brandschacht-Prüfverfahren nach DIN 4102 als wesentliche Grundlage der Einstufung nichtbrennbarer und schwerentflammbarer Baustoffe in Deutschland soll gegebenenfalls Differenzen bzw. Probleme hinsichtlich der Brandbeanspruchung, der vergleichbaren Meßparameter und der Einstufung der Bauprodukte aufzeigen. Bei dem SBI-Prüfverfahren sollen im Vergleich zum Brandschacht-Prüfverfahren zusätzliche Parameter (Wärmefreisetzungsrate, Rauchentwicklung auch bei brennbaren Baustoffen, horizontale Flammenausbreitung) zur Beurteilung des Brandverhaltens berücksichtigt werden.

3 Prinzip des SBI-Prüfverfahrens

Bei dem SBI-Prüfverfahren werden zwei vertikal angeordnete Probenteile rechtwinklig zueinander in einer Eckausbildung zusammengesetzt und durch eine Brennerflamme beansprucht. Die Höhe der beiden Probenteile beträgt jeweils 1.500 mm; die Breiten der Proben betragen 1.000 mm und 500 mm. Die maximal prüfbare Probendicke beträgt 200 mm. Das Prüffeuer wird durch einen Propangas-Sandbox-Brenner mit einem konstanten Gasdurchsatz erzeugt.

Die Proben und der Brenner sind auf einem Probenwagen befestigt, der unter einer Abzugshaube plaziert wird. Diese ist auf einem Rahmen montiert, in dem der Probenwagen positioniert wird. Der Rahmen ist in einem Prüfraum integriert, der zur Versuchsbeobachtung mit Fenstern ausgestattet ist. Die Grundfläche des ca. 2,4 m hohen Prüfraumes beträgt ca. 3,0 m x ca. 3,0 m. Die Prüfraumwände und die Decke bestehen aus nichtbrennbarem Material.

Die Öffnung für die Zuluft befindet sich im unteren Bereich des Probenwagens. Oberhalb der Abzugshaube sind ein Kollektor, ein Rauchgasrohr und das Rauchabführungssystem installiert. Die Rauchgasabführung erfolgt mit einer Absaugeinrichtung.

Im Rauchgasrohr sind Sensoren zur Messung der Temperatur, der Lichtschwächung, der O₂- und CO₂-Konzentration und des Differenzdruckes in der Meßsektion des Rohres angeordnet.

Die Dauer der Beflammung der Proben beträgt 20 Minuten. Während der Versuche werden folgende Meßwerte aufgezeichnet und zur Berechnung folgender Größen genutzt:

- Volumenstrom
- Wärmefreisetzungsrate (aus dem Verhältnis O₂/CO₂-Konzentration)
- Zeitpunkt der Entzündung (aus der Zunahme der Wärmefreisetzungsrate und/oder aus der Zunahme der Temperatur)
- Flammenausbreitung (aus der Zunahme der Wärmefreisetzungsrate)
- Rauchdichteentwicklung

Visuell beobachtet werden der Zeitpunkt der Entzündung, die horizontale und die vertikale Flammenausbreitung sowie brennendes und nichtbrennendes Abtropfen bzw. Abfallen von Probenteilen. Nach Versuchsende sind die Ausmaße der Schädigungen am Versuchsmaterial festzustellen.

4 Beschreibung der Kalibrierungen der SBI-Prüfeinrichtung

4.1 Vorkalibrierungen

Entsprechend [6], Anlage 4, wurden vor Beginn des Rundversuches (pre Round Robin) drei verschiedene Vorkalibrierungen der SBI-Prüfeinrichtung durchgeführt, um die Arbeitsweise der Versuchsapparatur und der Meßinstrumente zu überprüfen. Die Einhaltung der vorgegebenen Kriterien der einzelnen Kalibrierungen waren Voraussetzung für die Teilnahme an dem Rundversuch. Die drei Kalibrierungen wurden folgendermaßen benannt:

- Methanolfeuer-Kalibrierung (methanol pool fire calibration)
- Temperatur-Schritt-Kalibrierung (temperatur step calibration)
- Kalibrierung der Wärmefreisetzung des Hilfsbrenners (secondary burner heat output calibration)

4.1.1 Methanolf Feuer-Kalibrierung

Die Methanolf Feuer-Kalibrierung erfolgte als Referenzversuch für eine Wärmeenergieabgabe von 150 kW. Ein kreisrunder Stahlbehälter mit einem Innendurchmesser von 720 mm und einer Höhe von 150 mm wurde auf den Boden des Probewagens unterhalb der Abzugshaube gestellt. Der Brennstoffbehälter wurde mit 4000 g technischem Methanol (Reinheit > 95 %) gefüllt.

Unter definierten Versuchsbedingungen (Volumenstrom $0,60 \text{ m}^3/\text{s} \pm 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$, Umgebungslufttemperatur $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ K}$, Methanolttemperatur $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 10 \text{ K}$) wurde das Methanol gezündet und alle wesentlichen Meßdaten aufgezeichnet.

Folgende Meßwerte wurden anschließend berechnet:

- Wärmefreisetzungsrate RHR
- Integral der Wärmefreisetzungsrate THR vom Zeitpunkt der Zündung bis eine Minute nach Verlöschen des Methanolf Feuers
- Verhältnis der gemessenen Änderungen des O_2 - Gehaltes und des CO_2 -Gehaltes $\Delta\text{XCO}_2/\Delta\text{XO}_2$

Diese Kalibrierungskriterien mußten eingehalten werden:

- Das Integral der Wärmefreisetzungsrate THR sollte $79 \text{ MJ} \pm 4 \text{ MJ}$ aufweisen.
- Das Verhältnis der gemessenen Änderungen des CO_2 -Gehaltes und des O_2 -Gehaltes $\Delta\text{XCO}_2/\Delta\text{XO}_2$ mußte $0,67 \pm 0,04$ betragen.

4.1.2 Temperatur-Schritt-Kalibrierung

Die Temperatur-Schritt-Kalibrierung wurde in Anlehnung an Abschnitt 9.1.1 der EN yyyy „Reaction to fire tests on building products-draft standard April 18, 1997-“ [7] durchgeführt. Abweichend davon war die Propangas-Durchflußmenge nach folgenden Schritten einzustellen:

Schritt Nr.	Zeit	Propangas-Durchflußmenge (Hauptbrenner)
1	1. - 2. Versuchsminute	0 mg/s
2	3. - 22. Versuchsminute	$647 \pm 10 \text{ mg/s}$
3	23. - 25. Versuchsminute	0 mg/s

Folgende Meßwerte wurden anschließend berechnet:

- Wärmefreisetzungsrate des Brenners q_{b-30s} , ermittelt aus der Propangas-Durchflußmenge, berechnet nach [7], Abschnitt 9.1.2

- b) Wärmefreisetzungsrate des Brenners RHR_{30S} , ermittelt aus den gemessenen Änderungen des CO_2 -Gehaltes und des O_2 -Gehaltes $\Delta XCO_2/\Delta XO_2$, berechnet nach [7], Abschnitt 9.1.2
- c) Temperaturerhöhung ΔT , berechnet nach [7], Abschnitt 12.2.5
- Kalibrierungskriterien waren nicht vorgegeben. Von den drei geforderten Meßwerten Wärmefreisetzungsrate des Brenners q_{b-30S} bzw. RHR_{30S} und Temperaturerhöhung ΔT waren die Graphen in Abhängigkeit der Zeit darzustellen.

4.1.3 Kalibrierung der Wärmefreisetzung des Hilfsbrenners

Die Kalibrierung der Wärmefreisetzung des Hilfsbrenners wurde in Anlehnung an Abschnitt 9.1.1 der EN yyyy „Reaction to fire tests on building products-draft standard April 18, 1997-“ [7] durchgeführt. Abweichend davon war die Propangas-Durchflußmenge nach folgenden Schritten einzustellen:

Schritt Nr.	Zeit	Propangas-Durchflußmenge (Hilfsbrenner)
1	1. - 2. Versuchsminute	0 mg/s
2	3. - 7. Versuchsminute	647 ± 10 mg/s
3	8. - 9. Versuchsminute	0 mg/s

Folgende Meßwerte wurden anschließend nach [7], Abschnitt 9.1.2, berechnet:

- a) Wärmefreisetzungsrate des Brenners q_{b-30S} , ermittelt aus der Propangas-Durchflußmenge
- b) Wärmefreisetzungsrate des Brenners RHR_{30S} , ermittelt aus den gemessenen Änderungen des O_2 - Gehaltes und des CO_2 -Gehaltes $\Delta XCO_2/\Delta XO_2$

Als Kalibrierungskriterium mußte das Verhältnis der Wärmefreisetzungsrate des Brenners q_{b-30S} / RHR_{30S} während der letzten beiden Minuten des Schrittes Nr. 2 (6. und 7. Versuchsminute) $100 \% \pm 5 \%$ betragen.

4.2 Hauptkalibrierung-Bestimmung der Wärmefreisetzungsrate

Die Hauptkalibrierung erfolgte nach [7], Abschnitt 9. Bei der Hauptkalibrierung wird die Ermittlung der Wärmefreisetzungsrate des Brenners bei unterschiedlichen Gasdurchflußmengen überprüft und der Zeitversatz der Gasanalysegeräte ermittelt. Die Einstellungen

der unterschiedlichen Durchflußmengen des Propangases sollten innerhalb von 5 Sekunden erfolgen, um ein korrektes Ergebnis des Zeitversatzes ermitteln zu können.

Schritt Nr.	Zeit	Propangas-Durchflußmenge (Hilfsbrenner)
1	1. - 2. Versuchsminute	0 mg/s
2	3. - 5. Versuchsminute	647 ± 50 mg/s

Nach 5 Versuchsminuten ist der Propangas-Durchfluß vom Hilfsbrenner auf den Hauptbrenner umzuleiten.

Schritt Nr.	Zeit	Propangas-Durchflußmenge (Hauptbrenner)
3	6. - 8. Versuchsminute	647 ± 50 mg/s
4	9. - 11. Versuchsminute	2000 ± 50 mg/s
5	12. - 14. Versuchsminute	647 ± 50 mg/s
6	15. - 17. Versuchsminute	0 ± 50 mg/s

Folgende Meßwerte wurden anschließend berechnet:

- a) Wärmefreisetzungsrate des Brenners q_b , ermittelt aus der Propangas-Durchflußmenge, berechnet nach [7], Abschnitt 12.2.2
- b) 30 Sekunden-Mittelwert der Wärmefreisetzungsrate des Brenners q_{b-30s} , ermittelt aus der Propangas-Durchflußmenge, berechnet nach [7], Abschnitt 12.3.2
- c) Luftvolumenstrom im Abgaskanal v , berechnet nach [7], Abschnitt 12.2.1
- d) Wärmefreisetzungsrate des Brenners RHR, berechnet nach [7], Abschnitt 12.2.3
- e) 30 Sekunden-Mittelwert der Wärmefreisetzungsrate des Brenners RHR_{30s} , berechnet nach [7], Abschnitt 12.3.2
- f) Mittelwert der Wärmefreisetzungsrate des Brenners RHR der letzten 2 Minuten aller 6 Schritte
- g) Start-Zeitpunkte bei den Änderungen der Propangas-Durchflußmenge, berechnet nach [7], Abschnitt 9.1.2
- h) Ziel-Zeitpunkte bei den Änderungen der Propangas-Durchflußmenge, berechnet nach [7], Abschnitt 9.1.2
- i) Der Zeitversatz zwischen den Änderungen von Propangas-Durchflußmenge m_b und Wärmefreisetzungsrate des Brenners RHR in den Schritten 2, 3, 4, 5 und 6, berechnet nach [7], Abschnitt 9.1.2
- j) Zeitversatz der Messung der Wärmefreisetzungsrate des Brenners RHR, berechnet nach [7], Abschnitt 9.1.2

Diese beiden Kalibrierungskriterien mußten eingehalten werden:

- a) Der Zeitversatz der Messung der Wärmefreisetzungsrate des Brenners RHR, berechnet nach [7], Abschnitt 9.12.2, sollte 20 Sekunden nicht übersteigen.
- b) Das Verhältnis der Wärmefreisetzungsrate des Brenners q_{b-30s} / RHR_{30s} sollte während der letzten beiden Minuten aller Schritte (außer Schritt 1) $100 \% \pm 5 \%$ betragen.

5 Zusammenstellung der wesentlichen Meßergebnisse der 30 geprüften Bauprodukte

Wesentliche Meßergebnisse der 90 Prüfungen an den 30 Bauprodukten des SBI Rundversuches Round Robin, die in der MFPA Leipzig e.V. vom 03.07.1997 bis zum 16.09.1997 ermittelt wurden, sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Angegeben sind von allen Einzelversuchen

- das Maximum der Wärmefreisetzungsrate $RHR_{30s} \max$
- die Wärmefreisetzungsrate THR (Integral von RHR)
- das Maximum der Temperaturerhöhung $dT_{30s} \max$
- maximale vertikale Schädigung des großen Probenteils im Eckbereich
- maximale horizontale Schädigung des großen Probenteils.

Aus diesen Einzelergebnissen wurden für alle 30 Bauprodukte die arithmetischen Mittelwerte gebildet.

Die Meßwerte der Rauchentwicklung und Angaben zum Zeitpunkt der Entzündung der Versuchsmaterialien sind nicht aufgelistet, da bei der Erfassung dieser Werte innerhalb der Versuchsreihen auffallende Abweichungen festgestellt wurden. Weitere Erläuterungen dazu sind dem Abschnitt 6 zu entnehmen.

Tabelle 1: SBI Rundversuch, Zusammenstellung der Meßergebnisse

Code	Produktbezeichnung	Versuch Nr.	Meßergebnisse					
			RHR _{30s} max [KW]	THR (RHR integral) [MJ]	dT _{30s} max [K]	maximale vertikale Schädigung [mm]	maximale horizontale Schädigung [mm]	
M 01	paper-faced gypsum plasterboard Gipskartonplatten Dicke 13 mm	1	5,5	1,2	32	1200	220	
		2	4,4	1,0	32	1190	205	
		3	4,8	2,7	32	1190	205	
		Mittelwerte	4,9	1,6	32	1193	210	
M 02	FR PVC PVC-Platten Dicke 3 mm	1	33,3	26,4	41	1500	300	
		2	31,1	22,1	41	1500	410	
		3	31,6	20,6	41	1500	420	
		Mittelwerte	32,0	23,0	41	1500	377	
M 03	FR extruded polystyrene board Extrudierte Polystyrol-Platten Dicke 40 mm	1	292,1	78,4	237	1500	960	
		2	304,1	71,2	248	1500	920	
		3	280,6	69,1	234	1500	960	
		Mittelwerte	292,3	72,9	240	1500	947	
M 04	PUR foam panel with alu foil faces PUR-Hartschaumplatten, mit Aluminiumfolie kaschiert Dicke 40 mm	1	201,1	38,7	217	1500	295	
		2	190,1	37,8	205	1500	335	
		3	191,1	35,9	204	1500	290	
		Mittelwerte	194,1	37,5	209	1500	307	
M 05	Mass timber (pine), varnished Kiefernholzpaneele, lackiert Dicke 10 mm	1	53,5	32,0	78	1500	420	
		2	64,8	38,1	90	1500	345	
		3	51,7	34,7	77	1500	390	
		Mittelwerte	56,7	34,9	82	1500	385	
M 06	FR chip board Spanplatte Dicke 12 mm	1	10,2	9,6	36	1500	255	
		2	10,8	9,5	36	1500	250	
		3	11,9	10,3	37	1500	255	
		Mittelwerte	11,0	9,8	36	1500	253	
M 07	FR PC panel, 3-layered Polycarbonat-Stegdreifachplatten Dicke 16 mm	1	297,4	40,3	206	1500	309	
		2	334,6	38,8	231	1500	318	
		3	338,8	44,2	230	1500	336	
		Mittelwerte	323,6	41,1	222	1500	321	
M 08	Painted paper-faced gypsum plasterboard Gestrichene Gipskartonplatten Dicke 13 mm	1	5,3	2,5	32	1310	210	
		2	5,1	2,4	32	1190	210	
		3	5,6	2,9	32	1190	205	
		Mittelwerte	5,3	2,6	32	1230	208	

Fortsetzung Tabelle 1: SBI Rundversuch, Zusammenstellung der Meßergebnisse

Code	Produktbezeichnung	Versuch Nr.	Meßergebnisse					
			RHR _{30s} max [KW]	THR (RHR integral) [MJ]	dT _{30s} max [K]	maximale vertikale Schädigung [mm]	maximale horizontale Schädigung [mm]	
M 09	Paper wall covering on gypsum plasterboard Papierbeschichtete Gipskartonplatten Dicke 13 mm	1	12,9	2,7	35	1400	205	
		2	15,0	3,3	35	1385	190	
		3	12,2	3,1	34	1320	195	
		Mittelwerte	13,4	3,0	35	1368	197	
M 10	PVC wall carpeted on gypsum plasterboard PVC-Wandbekleidung auf GK-Platten Dicke 13 mm	1	34,7	13,3	50	1500	230	
		2	39,5	14,4	48	1500	220	
		3	38,0	14,1	48	1500	225	
		Mittelwerte	37,4	13,9	49	1500	225	
M 11	Platic-faced steel sheed on mineral wool Plastbeschichtetes Stahlblech auf Miwo Dicken 0,15 mm + 1 mm + 50 mm	1	7,1	3,3	34	1500	280	
		2	7,7	1,1	34	1500	275	
		3	8,0	3,5	36	1500	275	
		Mittelwerte	7,6	2,6	35	1500	277	
M 12	Mass timber (spruce), unvarnished Fichtenholz, unlackiert Dicke 10 mm	1	90,3	40,3	130	1500	435	
		2	57,0	38,0	92	1500	440	
		3	82,0	44,8	119	1500	525	
		Mittelwerte	76,4	41,0	114	1500	467	
M 13	Gypsum plasterboard on polystyrene Gipskartonplatte auf Polystyrol- Hartschaumplatte Dicken 13 mm + 100 mm	1	4,5	2,5	33	1400	230	
		2	4,9	3,1	32	1360	220	
		3	4,7	2,3	32	1360	230	
		Mittelwerte	4,7	2,6	32	1373	227	
M 14	Phenolic foam Phenol-Hartschaumplatte Dicke 40 mm	1	11,8	10,9	41	1500	290	
		2	12,0	9,7	41	1500	280	
		3	13,5	10,9	42	1500	260	
		Mittelwerte	12,4	10,5	41	1500	277	
M 15	Intumescent coat on particle board Aufschäumende Beschichtung auf Spanplatte Dicke 12 mm	1	6,8	5,0	42	1500	310	
		2	9,4	8,1	44	1500	290	
		3	15,3	12,5	48	1500	305	
		Mittelwerte	10,5	8,5	45	1500	302	
M 16	Melamine faced MDF board Melaminbeschichtete MDF-Platte Dicke 12 mm	1	63,2	35,1	105	1500	265	
		2	85,6	37,3	127	1500	275	
		3	63,2	40,6	103	1500	305	
		Mittelwerte	70,7	37,7	112	1500	282	

Fortsetzung Tabelle 1: SBI Rundversuch, Zusammenstellung der Meßergebnisse

Code	Produktbezeichnung	Versuch Nr.	Meßergebnisse						
			RHR _{30s} max [KW]	THR (RHR integral) [MJ]	dT _{30s} max [K]	maximale vertikale Schädigung [mm]	maximale horizontale Schädigung [mm]		
			keine Werte, da nach 13:24 min:s Versuch abgebrochen wurde						
M 17	PVC water pipe PVC-Wasserrohre Durchmesser 32 mm, Wandungsdicke 2 mm	1							
		2	43,7	27,7	61	1500	325		
		3	55,0	31,6	67	1500	350		
		W aus 2 +	49,4	29,7	64	1500	338		
M 18	PVC covered electric cables PVC-umhüllte Elektrokabel	1	106,6	99,8	146	1500	250		
		2	110,6	105,2	148	1500	260		
		3	105,1	101,9	145	1500	260		
		Mittelwerte	107,4	102,3	146	1500	257		
M 19	Unfaced rockwool Unbeschichtete Mineralwolle (Rockwool) Dicke 50 mm	1	3,1	2,9	36	1000	170		
		2	2,8	2,4	36	1050	190		
		3	3,0	2,5	35	1100	220		
		Mittelwerte	3,0	2,6	36	1050	193		
M 20	Melamin faced particle board Melaminbeschichtete Spanplatte Dicke 12 mm	1	60,5	31,4	106	1500	270		
		2	58,6	31,1	105	1500	275		
		3	53,5	26,4	96	1500	265		
		Mittelwerte	57,5	29,6	102	1500	270		
M 21	Steel clad EPS sandwich panel Kernverbundelement aus PS-Hart- schaum mit Stahlblechdeckschichten Dicke 100 mm	1	43,1	19,6	78	1500	570		
		2	5,0	3,0	38	1500	490		
		3	4,4	1,5	38	1500	470		
		MW aus 2+3	4,7	2,3	38	1500	480		
M 22	Ordinary particle board Gewöhnliche Spanplatte Dicke 12 mm	1	70,2	39,9	114	1500	305		
		2	67,5	42,5	112	1500	345		
		3	73,4	42,0	118	1500	350		
		Mittelwerte	70,4	41,5	115	1500	333		
M 23	Ordinary plywood (birch) Gewöhnliche Sperrholzplatte Dicke 12 mm	1	54,0	37,6	105	1500	460		
		2	54,6	37,5	98	1500	320		
		3	64,6	42,5	111	1500	430		
		Mittelwerte	57,7	39,2	105	1500	403		
M 24	Paper wall covering on particle board Spanplatte mit Papierbeschichtung Dicke 12 mm	1	70,8	37,9	122	1500	295		
		2	68,5	38,1	117	1500	320		
		3	82,0	41,7	142	1500	345		
		Mittelwerte	73,8	39,2	127	1500	320		

Fortsetzung Tabelle 1: SBI Rundversuch, Zusammenstellung der Meßergebnisse

Code	Produktbezeichnung	Versuch Nr.	Meßergebnisse					
			RHR _{30s} max [KW]	THR (RHR integral) [MJ]	dT _{30s} max [K]	maximale vertikale Schädigung [mm]	maximale horizontale Schädigung [mm]	
M 25	Medium density fibreboard Mitteldichte Faserplatte Dicke 12 mm	1	78,7	65,5	134	1500	405	
		2	92,7	65,8	165	1500	425	
		3	76,4	62,1	132	1500	420	
		Mittelwerte	82,6	64,5	144	1500	417	
M 26	Low density fibreboard Niedrigdichte Faserplatte Dicke 12 mm	1	135,7	90,9	186	1500	988	
		2	110,0	76,6	152	1500	920	
		3	137,0	82,6	181	1500	988	
		Mittelwerte	127,6	83,4	173	1500	965	
M 27	Gypsum plaster board/FR foam core Gipsplatte mit PUR-Hartschaumkern Dicken 13 mm + 87 mm	1	6,5	3,6	37	1300	210	
		2	6,6	3,6	36	1380	200	
		3	4,4	2,1	34	1270	200	
		Mittelwerte	5,8	3,1	36	1317	203	
M 28	Acoustic mineral fibre tiles Akustik-Minerafaserplatte Dicke 18 mm	1	5,1	2,3	36	1500	240	
		2	5,0	2,1	36	1500	240	
		3	5,3	2,3	35	1500	250	
		Mittelwerte	5,1	2,2	36	1500	243	
M 29	Textile wall paper on CaSi board Textile Wandbeschichtung auf Kalziumsilikat-Platte Dicke 10 mm	1	10,5	3,3	36	1400	200	
		2	10,9	4,2	38	1500	230	
		3	10,1	3,7	36	1380	225	
		Mittelwerte	10,5	3,7	37	1427	218	
M 30	Paper-faced glass wool Papierbeschichtete Glaswolle-Matten Dicke 100 mm	1	99,3	9,7	124	1500	860	
		2	95,9	7,6	120	1500	860	
		3	97,1	9,7	121	1500	860	
		Mittelwerte	97,4	9,0	122	1500	860	

Anmerkungen:

Material M 21: Bei Versuch 1 waren die seitlichen Ränder der Proben mit Mineralfaser-Dämmstoff und Stahlblech geschützt; bei den Versuchen Nr. 2 und Nr. 3 waren die oberen und unteren Ränder der Proben mit Mineralfaser-Dämmstoff und Stahlblech geschützt (entsprechend der Vorgabe).

6 Prüftechnische Erfahrungen und Anmerkungen

Bei der Errichtung und der Kalibrierung der SBI-Prüfeinrichtung sowie bei der Durchführung und Auswertung der Rundversuche Round Robin wurden von den beteiligten Mitarbeitern der MFPA Leipzig e.V. viele Prüferfahrungen gesammelt, aus denen sich folgende wesentliche Erkenntnisse ableiten lassen:

- Die je drei SBI-Versuche, die an jedem Versuchsmaterial durchgeführt wurden, lieferten bei den meisten der 30 Bauprodukte eine gute Übereinstimmung der Meßergebnisse (Maximum der Wärmefreisetzungsrate bzw. Integral der Wärmefreisetzungsrate, Maximum der Temperaturerhöhung, Schädigungsbild).
- Die Beobachtung der vertikalen Flammenausbreitung auf der Probenoberfläche und das visuelle Feststellen des Zeitpunktes des Mitbrennens der Proben war aufgrund der relativ hohen Flammen des Sandbox-Brenners bei den meisten Versuchen sehr schwierig.
- Um eine bessere Differenzierung der horizontalen Flammenausbreitung zu ermöglichen, könnte eine zusätzliche Referenz-X-Linie (Abstand 150 mm oder 200 mm von der Probenecke) eingeführt werden. Bei Proben mit geringer Flammenausbreitung (z.B. Gipskartonplatten) wird häufig die erste Referenz-X-Linie nicht erreicht.
- Die Luftspülung für den Lichtgeber und den Lichtempfänger der Rauchdichtemessung entsprechend den Vorgaben in [6] und [7] war unzureichend. Bei einigen Versuchen verschmutzte die Linse des Lichtempfängers über die Versuchsdauer und mußte regelmäßig gereinigt werden. Damit war eine korrekte Messung der Rauchdichte über die gesamte Versuchsdauer nicht bei allen Materialien möglich.
- Für eine verbesserte Rauchdichtemessung sollte die Lichtmeßstrecke an einen eigenen stabilen Rahmen (optische Bank) montiert werden, um temperaturbedingte und strömungsbedingte Verformungen zu vermeiden. In diesem Zusammenhang besteht ebenfalls die Möglichkeit, den Abstand zwischen Lichtgeber und Lichtempfänger zu vergrößern und damit eventuelle Verschmutzungen zu verringern.
- Bei Versuchen, die durch eine sehr starke Rauchentwicklung gekennzeichnet waren (z.B. extrudierte Polystyrol-Platten, PUR-Hartschaumplatten), wurden Undichtigkeiten

an der SBI-Apparatur festgestellt. Das betrifft den Bereich der Abdeckung an den Stößen der Abzugshaube und die obere Fuge zwischen Rahmen und Probenwagen.

- Die Probenanordnungen (mit/ohne Hinterlegung, Art der Hinterlegungsmaterialien, Anordnung der Fugen) haben großen Einfluß auf die Meßergebnisse und sollten möglichst praxisgerecht erfolgen. Bei den drei Versuchen des Materials M 21, Kernverbundelemente aus PS-Hartschaum mit Stahlblechdeckschichten, wurden die Probenränder unterschiedlich geschützt, was einen wesentlichen Einfluß auf das Brandverhalten zur Folge hatte.
- Ein Mangel der SBI-Apparatur ist die fehlende Löscheinrichtung. Es ist zu befürchten, daß bei intensiv brennenden Materialien und einer möglichen maximalen Probendicke von 200 mm ein Löschen mit Wasser durch zu große Hitze und/oder Rauch schwer oder nicht möglich ist und damit erhebliche Schädigungen an der Prüfeinrichtung auftreten können.
- Das Gasanalysegerät für die Ermittlung der O₂- und CO₂- Konzentrationen im Abgaskanal sollte möglichst in der Nähe der Entnahmestelle angeschlossen sein, um den Zeitversatz, der ein Kalibrierungskriterium darstellt, entsprechend klein zu halten.
- Bei einem Versuch mit dem Material Nr. 22 (Gewöhnliche Spanplatten) fielen brennende Probenteile auf den Brenner und auf die Zündeinrichtung des Brenners und brannten weiter, wobei die Düse der Zündeinrichtung zerstört wurde. Bei nachfolgenden Versuchen an Materialien, bei denen brennendes Abfallen von Probenteilen zu erwarten war, wurde die Düse mit einer flexiblen Metallhaube abgedeckt.
- Bei Materialien, die brennend abtropfen bzw. schmelzen (z.B. Polycarbonat, Polypropylen, Polystyrol-Hartschaum), sollten die Rinne und die Platte des Probenwagens mit Aluminiumfolie geschützt werden, um zu starke Verunreinigungen der Prüfeinrichtung zu vermeiden.
- Bei der Befestigung der beiden Probenteile wurden die in [7] empfohlenen Rahmenkonstruktionen genutzt. Damit konnte bei allen Versuchen die geforderte stabile Eckausbildung gut realisiert werden.

7 Vergleich und Bewertung der Prüfergebnisse

7.1 Gruppierungen

Auf der Grundlage der im Abschnitt 5 dokumentierten Meßergebnisse wurden für die 30 geprüften Bauprodukte Gruppierungen erstellt. Diese sind in den Anlagen 1 bis 5 in Tabellenform aufgeführt.

Anlage 1: Gruppierung Meßwert Maximum der Wärmefreisetzungsrate RHR_{30s} max

Anlage 2: Gruppierung Meßwert Wärmefreisetzungsrate THR

Anlage 3: Gruppierung Maximum der Temperaturerhöhung dT_{30s} max

Anlage 4: Gruppierung Maximum der vertikalen Schädigung der Proben

Anlage 5: Gruppierung Maximum der horizontalen Schädigung der Proben

Es wurden für die einzelnen Bewertungskriterien Grenzen gewählt, um eine Differenzierung der einzelnen Bauprodukte zu erhalten.

7.2 Nichtbrennbare Baustoffe

Von den im Rundversuch Round Robin geprüften Baustoffen sind die Materialien

- M 01 Gipskartonplatten
- M 08 Gestrichene Gipskartonplatten
- M 09 Papierbeschichtete Gipskartonplatten
- M 19 Unbeschichtete Mineralwolleplatten
- M 28 Akustik-Mineralfaserplatten
- M 29 Textile Wandbeschichtung

typische Vertreter nichtbrennbarer Baustoffe gemäß DIN 4102 und waren teilweise als solche gekennzeichnet.

Diese sechs Baustoffe wiesen erwartungsgemäß geringe Wärmefreisetzungsraten auf; die maximalen Temperaturerhöhungen waren kleiner als 50 K. Außer bei den Akustik-Mineralfaserplatten war die maximale vertikale Schädigung im Eckbereich der Proben kleiner als die Probenhöhe. Die maximalen horizontalen Schädigungen auf der 1000 mm breiten Probe waren kleiner als 300 mm. Ein seitliches Weiterbrennen außerhalb des Bereiches des Prüffeuers konnte nicht beobachtet werden.

7.3 Brennbare Baustoffe

Alle nicht im Abschnitt 7.2 aufgeführten Materialien können nach DIN 4102 als brennbare Baustoffe eingeordnet werden.

Das Brandverhalten der beiden Verbundbaustoffe mit nichtbrennbaren Oberflächen M 13 (Gipskartonplatten auf Polystyrol-Hartschaumplatten) und M 27 (Gipsplatten mit PUR-Hartschaumkern) bei der SBI-Prüfung ist vergleichbar mit dem der nichtbrennbaren Baustoffe. Die Wärmefreisetzungsrate war kleiner als 10 MJ; auch die Probenschädigungen waren sehr gering. Die brennbaren Dämmschichten waren durch die nichtbrennbaren Deckschichten ausreichend vor dem Prüffeuer geschützt.

Vergleichsweise hohe Maxima der Wärmefreisetzungsraten und der Temperaturen wurden bei den Prüfungen der Materialien M 03 (Extrudierte Polystyrol-Platten) und M 07 (Polycarbonat-Stegdreifachplatten) ermittelt. Bei den extrudierten Polystyrol-Platten wurde außerdem eine starke seitliche Flammenausbreitung beobachtet, die durch brennend abschmelzende und abfallende Probenteile zusätzlich verstärkt wurde.

Bei der SBI-Prüfung fallen brennende Probenteile auf den Probenwagen bzw. auf den Sandbox-Brenner, bleiben damit im unmittelbaren Kontakt zu den Proben und können einen Beitrag zur weiteren seitlichen Brandausbreitung liefern.

Bei den Versuchen an den beim Rundversuch Round Robin verwendeten Vertretermaterialien für Holzwerkstoffplatten (Holzplatten, Spanplatten mit und ohne Beschichtung, Faserplatten) wurden relativ starke Temperaturerhöhungen von ca. 100 K bis 170 K ermittelt. Die Wärmefreisetzungsraten THR lagen zwischen 10 MJ bis 50 MJ. Eine wesentliche seitliche Brandausbreitung der Holzwerkstoffplatten war, außer bei den niedrigdichten Faserplatten M 26, nicht zu beobachten.

Bei 23 der 30 Versuchsmaterialien waren die Proben im Eckbereich über die gesamte Probenhöhe geschädigt, womit eine Differenzierung des Brandverhaltens über dieses Kriterium nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Eine nahezu vollständige Schädigung der Proben bzw. der Probenoberfläche wurde nur bei drei der 30 geprüften Baustoffe festgestellt. Dabei handelte es um die Materialien M 03 (Extrudierte Polystyrol-Platten), M 26 (Niedrigdichte Faserplatten) und M 30 (Papierbeschichtete Glaswolle-Matten).

8 Zusammenfassung

Beim Rundversuch Round Robin wurden an 30 verschiedenen Versuchsmaterialien je drei SBI-Versuche durchgeführt. Bei den meisten Baustoffen konnte eine gute Übereinstimmung der Meßergebnisse der drei Einzelversuche festgestellt werden.

Die ermittelten Meßgrößen der Wärmefreisetzungsraten, der Temperaturerhöhungen, der Rauchentwicklung und der horizontalen Brandweiterleitung sind zur Differenzierung des Brandverhaltens von Baustoffen nach dem SBI-Prüfverfahren geeignet.

Probleme bereiteten die Beobachtung der vertikalen Flammenausbreitung auf der Probenoberfläche und die Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse der Rauchentwicklung.

Im Vergleich zum Brandschacht-Prüfverfahren nach DIN 4102 werden beim SBI-Brandprüfverfahren zusätzliche Meßparameter ermittelt und bewertet (Wärmefreisetzungsrate, horizontale Flammenausbreitung, Rauchentwicklung auch bei brennbaren Baustoffen). Ein wesentliches Prüfkriterium des Brandschacht-Verfahrens ist die Einschätzung der vertikalen Brandausbreitung mit Hilfe der Restlängenbestimmung und der Ermittlung der Flammenhöhen. Aufgrund der vergleichsweise großen Flammen des SBI-Prüffeuers ist die Bestimmung der vertikalen Probenschädigung kein geeignetes Klassifizierungskriterium. Ein Vergleich des SBI-Prüfverfahrens mit dem Brandschacht-Verfahren nach DIN 4102 ist damit nur bedingt möglich.

Die Rangfolgen ermittelter Meßwerte des Rundversuches, z.B. der Temperaturerhöhung, zeigen für die nichtbrennbaren und für einen Teil der brennbaren Baustoffe eine relativ gute Übereinstimmung mit Ergebnissen von Brandschachtversuchen an diesen Materialien. Abweichungen wurden bei verklebten Polystyrol-Hartschaumplatten und bei Polycarbonatplatten festgestellt.

Aufgrund der unterschiedlichen Probenanordnungen ist der Einfluß abschmelzender und brennend abtropfender bzw. abfallender Probenteile auf den weiteren Brandverlauf an den Proben bei den SBI-Versuchen größer als beim Brandschacht-Prüfverfahren. Die Probenanordnungen (mit oder ohne Hinterlegung, Art der Hinterlegungsmaterialien, Anordnung der Fugen) haben bei beiden Prüfverfahren großen Einfluß auf die Meßergebnisse und sollten möglichst praxisgerecht erfolgen.

Die Ermittlung der Rauchgaszusammensetzung (O_2 -/ CO_2 - Konzentration) als eine Grundlage zur Berechnung der Wärmefreisetzungsraten erfordert im Vergleich zu den Baustoffprüfungen nach DIN 4102 einen erweiterten Einsatz an Meßtechnik.

Die Anforderungen der Kalibrierungen der SBI-Prüfeinrichtung als Voraussetzung zur Teilnahme an dem Rundversuch Round Robin wurden durch die MFPA Leipzig e.V. erfüllt. Da auch in anderen Prüfstellen Komplikationen bei der Ermittlung der Rauchdichte auftraten, erscheint es notwendig, für diese Meßgröße technische Verbesserungen, gegebenenfalls verbunden mit Vergleichs- und Kalibrierungsversuchen, vorzusehen.

9 Literaturangaben

Für die Bearbeitung der Forschungsaufgabe wurden folgende Literaturquellen und Dokumente verwendet:

- [1] „Harmonisierte“ europäische Normen für Bauprodukte; Leitpapier für die europäische Normung im Bereich des Brandschutzes
- [2] ISO 9705 Fire tests - Full-scale room test for surfaces products
- [3] Status report of Development of Single Burning Item Test; May 6, 1996
- [4] Beratungsunterlagen und Festlegungen SBI Round Robin meeting in Dortmund, 10./11.12.1996
- [5] Beratungsunterlagen und Festlegungen SBI Round Robin meeting in Gent, 03./04.04.1997
- [6] SBI Round-Robin: General Information (Version 5; April 18, 1997)
- [7] EN yyyy „Reaction to fire tests on building products - all building products excluding floorings-exposed to the thermal attack by a single burning item („SBI test“)\", draft standard April 18, 1997
- [8] SBI-RR 16 Rev., „Mounting of specimens in the SBI Round Robin“, draft dokument April 18, 1997
- [9] Information vom Koordinator SBI Round Robin, Herrn van Mierlo, 19.06.1997
- [10] Information vom Koordinator SBI Round Robin, Herrn van Mierlo, 04.07.1997
- [11] Information vom Koordinator SBI Round Robin, Herrn van Mierlo, 16.07.1997

Gruppierung Meßwert Maximum der Wärmefreisetzungsrate RHR_{30s} maximum

Wärmefreisetzungsrate RHR _{30s} maximum	Produktbezeichnung
Mittelwert < 10 kW	M 01 - paper-faced gypsum plasterboard Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 08 - Painted paper-faced gypsum plasterboard Gestrichene Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 11 - Platic-faced steel sheed on mineral wool Plastbeschichtetes Stahlblech auf Mineralwolle, Dicken 0.15 mm + 1 mm + 50 mm
	M 13 - Gypsum plasterboard on polystyrene Gipskartonplatte auf Polystyrol-Hartschaumplatte, Dicke 13 mm + 100 mm
	M 19 - Unfaced rockwool Unbeschichtete Mineralwolle (Rockwool), Dicke 50 mm
	M 21 - Steel clad EPS sandwich panel Kernverbundelement aus PS-Hartschaum mit Stahlblechdeckschichten, Dicke 100 mm
	M 27 - Gypsum plaster board/FR foam core Gipsplatte mit PUR-Hartschaumkern, Dicken 13 mm + 87 mm
	M 28 - Acoustic mineral fibre tiles Akustik-Mineralfaserplatte, Dicke 18 mm
	Mittelwert 10 kW bis < 50 kW
M 06 - FR chip board Spanplatte, Dicke 12 mm	
M 09 - Paper wall covering on gypsum plasterboard Papierbeschichtete Gipskartonplatten, Dicke 13 mm	
M 10 - PVC wall carped on gypsum plasterboard PVC-Wandbekleidung auf GK-Platten, Dicke 13 mm	
M 14 - Phenolic foam Phenol-Hartschaumplatte, Dicke 40 mm	
M 15 - Intumescent coat on particle board Aufschäumende Beschichtung auf Spanplatte, Dicke 12 mm	
M 17 - PVC water pipe PVC-Wasserrohre, Durchmesser 32 mm, Wandungsdicke 2 mm	
M 29 - Textile wall paper on CaSi board Textile Wandbeschichtung auf Kalziumsilikat-Platte, Dicke 10 mm	
Mittelwert 50 kW bis 100 kW	
	M 12 - Mass timber (spruce), unvarnished Fichtenholz, unlackiert, Dicke 10 mm
	M 16 - Melamine faced MDF board Melaminbeschichtete MDF-Platte, Dicke 12 mm
	M 20 - Melamin faced particle board Melaminbeschichtete Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 22 - Ordinary particle board Gewöhnliche Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 23- Ordinary plywood (birch) Gewöhnliche Sperrholzplatte, Dicke 12 mm
	M 24 - Paper wall covering on particle board Spanplatte mit Papierbeschichtung, Dicke 12 mm
	M 25 - Medium density fibreboard Mitteldichte Faserplatte, Dicke 12 mm
	M 30 - Paper-faced glass wool Papierbeschichtete Glaswolle-Matten, Dicke 100 mm
Mittelwert > 100 kW	M 03 - FR extruded polystyrene board Extrudierte Polystyrol-Platten, Dicke 40 mm
	M 04 - PUR foam panel with alu foil faces PUR-Hartschaumplatten, mit Aluminiumfolie kaschiert, Dicke 40 mm
	M 07 - FR PC panel, 3-layered Polycarbonat-Stegdreifachplatten, Dicke 16 mm
	M 18 - PVC covered electric cables PVC-umhüllte Elektrokabel
	M 26 - Low density fibreboard Niedrigdichte Faserplatte, Dicke 12 mm

Gruppierung Meßwert Wärmefreisetzungsrate THR

Wärmefreisetzungsrate THR (Integral von RHR)	Produktbezeichnung	
Mittelwert < 10 MJ	M 01 - paper-faced gypsum plasterboard Gipskartonplatten, Dicke 13 mm	
	M 06 - FR chip board Spanplatte, Dicke 12 mm	
	M 08 - Painted paper-faced gypsum plasterboard Gestrichene Gipskartonplatten, Dicke 13 mm	
	M 09 - Paper wall covering on gypsum plasterboard Papierbeschichtete Gipskartonplatten, Dicke 13 mm	
	M 11 - Platic-faced steel sheed on mineral wool Plastbeschichtetes Stahlblech auf Mineralwolle, Dicken 0.15 mm + 1 mm + 50 mm	
	M 13 - Gypsum plasterboard on polystyrene Gipskartonplatte auf Polystyrol-Hartschaumplatte, Dicke 13 mm + 100 mm	
	M 15 - Intumescent coat on particle board Aufschäumende Beschichtung auf Spanplatte, Dicke 12 mm	
	M 19 - Unfaced rockwool Unbeschichtete Mineralwolle (Rockwool), Dicke 50 mm	
	M 21 - Steel clad EPS sandwich panel Kernverbundelement aus PS-Hartschaum mit Stahlblechdeckschichten, Dicke 100 mm	
	M 27 - Gypsum plaster board/FR foam core Gipsplatte mit PUR-Hartschaumkern, Dicken 13 mm + 87 mm	
	M 28 - Acoustic mineral fibre tiles Akustik-Mineralfaserplatte, Dicke 18 mm	
	M 29 - Textile wall paper on CaSi board Textile Wandbeschichtung auf Kalziumsilikat-Platte, Dicke 10 mm	
	M 30 - Paper-faced glass wool Papierbeschichtete Glaswolle-Matten, Dicke 100 mm	
	Mittelwert 10 MJ bis 50 MJ	M 02 - FR PVC PVC-Platten, Dicke 3 mm
		M 04 - PUR foam panel with alu foil faces PUR-Hartschaumplatten, mit Aluminiumfolie kaschiert, Dicke 40 mm
M 05 - Mass timber (pine), varnished Kiefernholzpaneele, lackiert, Dicke 10 mm		
M 07 - FR PC panel, 3-layered Polycarbonat-Stegdreifachplatten, Dicke 16 mm		
M 10 - PVC wall carped on gypsum plasterboard PVC-Wandbekleidung auf GK-Platten, Dicke 13 mm		
M 12 - Mass timber (spruce), unvarnished Fichtenholz, unlackiert, Dicke 10 mm		
M 14 - Phenolic foam Phenol-Hartschaumplatte, Dicke 40 mm		
M 15 - Intumescent coat on particle board Aufschäumende Beschichtung auf Spanplatte, Dicke 12 mm		
M 16 - Melamine faced MDF board Melaminbeschichtete MDF-Platte, Dicke 12 mm		
M 17 - PVC water pipe PVC-Wasserrohre, Durchmesser 32 mm, Wandungsdicke 2 mm		
M 20 - Melamin faced particle board Melaminbeschichtete Spanplatte, Dicke 12 mm		
M 22 - Ordinary particle board Gewöhnliche Spanplatte, Dicke 12 mm		
M 23- Ordinary plywood (birch) Gewöhnliche Sperrholzplatte, Dicke 12 mm		
M 24 - Paper wall covering on particle board Spanplatte mit Papierbeschichtung, Dicke 12 mm		
Mittelwert > 50 MJ		M 03 - FR extruded polystyrene board Extrudierte Polystyrol-Platten, Dicke 40 mm
	M 18 - PVC covered electric cables PVC-umhüllte Elektrokabel	
	M 25 - Medium density fibreboard Mitteldichte Faserplatte, Dicke 12 mm	
	M 26 - Low density fibreboard Niedrigdichte Faserplatte, Dicke 12 mm	

Gruppierung Meßwert Maximum der Temperaturerhöhung d T_{30s} maximum

Temperaturerhöhung d T _{30s} maximum	Produktbezeichnung
Mittelwert < 50 K	M 01 - paper-faced gypsum plasterboard Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 02 - FR PVC PVC-Platten, Dicke 3 mm
	M 06 - FR chip board Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 08 - Painted paper-faced gypsum plasterboard Gestrichene Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 09 - Paper wall covering on gypsum plasterboard Papierbeschichtete Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 10 - PVC wall carped on gypsum plasterboard PVC-Wandbekleidung auf GK-Platten, Dicke 13 mm
	M 11 - Platic-faced steel sheed on mineral wool Plastbeschichtetes Stahlblech auf Mineralwolle, Dicken 0.15 mm + 1 mm + 50 mm
	M 13 - Gypsum plasterboard on polystyrene Gipskartonplatte auf Polystyrol-Hartschaumplatte, Dicke 13 mm + 100 mm
	M 14 - Phenolic foam Phenol-Hartschaumplatte, Dicke 40 mm
	M 15 - Intumescent coat on particle board Aufschäumende Beschichtung auf Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 19 - Unfaced rockwool Unbeschichtete Mineralwolle (Rockwool), Dicke 50 mm
	M 21 - Steel clad EPS sandwich panel Kernverbundelement aus PS-Hartschaum mit Stahlblechdeckschichten, Dicke 100 mm
	M 27 - Gypsum plaster board/FR foam core Gipsplatte mit PUR-Hartschaumkern, Dicken 13 mm + 87 mm
	M 28 - Acoustic mineral fibre tiles Akustik-Mineralfaserplatte, Dicke 18 mm
	M 29 - Textile wall paper on CaSi board Textile Wandbeschichtung auf Kalziumsilikat-Platte, Dicke 10 mm
Mittelwert 50 K bis < 100 K	M 05 - Mass timber (pine), varnished Kiefernholzpaneele, lackiert, Dicke 10 mm
	M 17 - PVC water pipe PVC-Wasserrohre, Durchmesser 32 mm, Wandungsdicke 2 mm
Mittelwert 100 K bis 200 K	M 12 - Mass timber (spruce), unvarnished Fichtenholz, unlackiert, Dicke 10 mm
	M 16 - Melamine faced MDF board Melaminbeschichtete MDF-Platte, Dicke 12 mm
	M 18 - PVC covered electric cables PVC-umhüllte Elektrokabel
	M 20 - Melamin faced particle board Melaminbeschichtete Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 22 - Ordinary particle board Gewöhnliche Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 23- Ordinary plywood (birch) Gewöhnliche Sperrholzplatte, Dicke 12 mm
	M 24 - Paper wall covering on particle board Spanplatte mit Papierbeschichtung, Dicke 12 mm
	M 25 - Medium density fibreboard Mitteldichte Faserplatte, Dicke 12 mm
	M 26 - Low density fibreboard Niedrigdichte Faserplatte, Dicke 12 mm
	M 30 - Paper-faced glass wool Papierbeschichtete Glaswolle-Matten, Dicke 100 mm
Mittelwert > 200 K	M 03 - FR extruded polystyrene board Extrudierte Polystyrol-Platten, Dicke 40 mm
	M 04 - PUR foam panel with alu foil faces PUR-Hartschaumplatten, mit Aluminiumfolie kaschiert, Dicke 40 mm
	M 07 - FR PC panel, 3-layered Polycarbonat-Stegdreifachplatten, Dicke 16 mm

Gruppierung Meßwert Maximum der vertikalen Schädigung der Proben

max. vertikale Schädigung in der Probenecke	Produktbezeichnung
Mittelwert < 1300 mm	M 01 - paper-faced gypsum plasterboard Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 08 - Painted paper-faced gypsum plasterboard Gestrichene Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 19 - Unfaced rockwool Unbeschichtete Mineralwolle (Rockwool), Dicke 50 mm
Mittelwert 1300 mm bis < 1500 mm	M 09 - Paper wall covering on gypsum plasterboard Papierbeschichtete Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 13 - Gypsum plasterboard on polystyrene Gipskartonplatte auf Polystyrol-Hartschaumplatte, Dicke 13 mm + 100 mm
	M 27 - Gypsum plaster board/FR foam core Gipsplatte mit PUR-Hartschaumkern, Dicken 13 mm + 87 mm
	M 29 - Textile wall paper on CaSi board Textile Wandbeschichtung auf Kalziumsilikat-Platte, Dicke 10 mm
Mittelwert 1500 mm	M 02 - FR PVC PVC-Platten, Dicke 3 mm
	M 03 - FR extruded polystyrene board Extrudierte Polystyrol-Platten, Dicke 40 mm
	M 04 - PUR foam panel with alu foil faces PUR-Hartschaumplatten, mit Aluminiumfolie kaschiert, Dicke 40 mm
	M 05 - Mass timber (pine), varnished Kiefernholzpaneele, lackiert, Dicke 10 mm
	M 06 - FR chip board Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 07 - FR PC panel, 3-layered Polycarbonat-Stegdreifachplatten, Dicke 16 mm
	M 10 - PVC wall carped on gypsum plasterboard PVC-Wandbekleidung auf GK-Platten, Dicke 13 mm
	M 11 - Platic-faced steel sheed on mineral wool Plastbeschichtetes Stahlblech auf Mineralwolle, Dicken 0.15 mm + 1 mm + 50 mm
	M 12 - Mass timber (spruce), unvarnished Fichtenholz, unlackiert, Dicke 10 mm
	M 14 - Phenolic foam Phenol-Hartschaumplatte, Dicke 40 mm
	M 15 - Intumescent coat on particle board Aufschäumende Beschichtung auf Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 16 - Melamine faced MDF board Melaminbeschichtete MDF-Platte, Dicke 12 mm
	M 17 - PVC water pipe PVC-Wasserrohre, Durchmesser 32 mm, Wandungsdicke 2 mm
	M 18 - PVC covered electric cables PVC-umhüllte Elektrokabel
	M 20 - Melamin faced particle board Melaminbeschichtete Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 21 - Steel clad EPS sandwich panel Kernverbundelement aus PS-Hartschaum mit Stahlblechdeckschichten, Dicke 100 mm
	M 22 - Ordinary particle board Gewöhnliche Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 23- Ordinary plywood (birch) Gewöhnliche Sperrholzplatte, Dicke 12 mm
	M 24 - Paper wall covering on particle board Spanplatte mit Papierbeschichtung, Dicke 12 mm
	M 25 - Medium density fibreboard Mitteldichte Faserplatte, Dicke 12 mm
	M 26 - Low density fibreboard Niedrigdichte Faserplatte, Dicke 12 mm
	M 28 - Acoustic mineral fibre tiles Akustik-Mineralfaserplatte, Dicke 18 mm
	M 30 - Paper-faced glass wool Papierbeschichtete Glaswolle-Matten, Dicke 100 mm

Gruppierung Meßwert Maximum der horizontalen Schädigung der Proben

max. horizontale Schädigung auf der 1 m breiten Probe	Produktbezeichnung
Mittelwert < 200 mm	M 09 - Paper wall covering on gypsum plasterboard Papierbeschichtete Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 19 - Unfaced rockwool Unbeschichtete Mineralwolle (Rockwool), Dicke 50 mm
Mittelwert 200 mm bis < 300 mm	M 01 - paper-faced gypsum plasterboard Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 06 - FR chip board Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 08 - Painted paper-faced gypsum plasterboard Gestrichene Gipskartonplatten, Dicke 13 mm
	M 10 - PVC wall carped on gypsum plasterboard PVC-Wandbekleidung auf GK-Platten, Dicke 13 mm
	M 11 - Platic-faced steel sheed on mineral wool Plastbeschichtetes Stahlblech auf Mineralwolle, Dicken 0.15 mm + 1 mm + 50 mm
	M 13 - Gypsum plasterboard on polystyrene Gipskartonplatte auf Polystyrol-Hartschaumplatte, Dicke 13 mm + 100 mm
	M 14 - Phenolic foam Phenol-Hartschaumplatte, Dicke 40 mm
	M 16 - Melamine faced MDF board Melaminbeschichtete MDF-Platte, Dicke 12 mm
	M 18 - PVC covered electric cables PVC-umhüllte Elektrokabel
	M 20 - Melamin faced particle board Melaminbeschichtete Spanplatte, Dicke 12 mm
	M 27 - Gypsum plaster board/FR foam core Gipsplatte mit PUR-Hartschaumkern, Dicken 13 mm + 87 mm
	M 28 - Acoustic mineral fibre tiles Akustik-Mineralfaserplatte, Dicke 18 mm
	M 29 - Textile wall paper on CaSi board Textile Wandbeschichtung auf Kalziumsilikat-Platte, Dicke 10 mm
	Mittelwert 300 mm bis < 400 mm
M 04 - PUR foam panel with alu foil faces PUR-Hartschaumplatten, mit Aluminiumfolie kaschiert, Dicke 40 mm	
M 05 - Mass timber (pine), varnished Kiefernholzpaneele, lackiert, Dicke 10 mm	
M 07 - FR PC panel, 3-layered Polycarbonat-Stegdreifachplatten, Dicke 16 mm	
M 15 - Intumescent coat on particle board Aufschäumende Beschichtung auf Spanplatte, Dicke 12 mm	
M 17 - PVC water pipe PVC-Wasserrohre, Durchmesser 32 mm, Wandungsdicke 2 mm	
M 22 - Ordinary particle board Gewöhnliche Spanplatte, Dicke 12 mm	
M 24 - Paper wall covering on particle board Spanplatte mit Papierbeschichtung, Dicke 12 mm	
Mittelwert 400 mm bis 800 mm	
	M 21 - Steel clad EPS sandwich panel Kernverbundelement aus PS-Hartschaum mit Stahlblechdeckschichten, Dicke 100 mm
	M 23- Ordinary plywood (birch) Gewöhnliche Sperrholzplatte, Dicke 12 mm
	M 25 - Medium density fibreboard Mitteldichte Faserplatte, Dicke 12 mm
Mittelwert > 800 mm	M 03 - FR extruded polystyrene board Extrudierte Polystyrol-Platten, Dicke 40 mm
	M 26 - Low density fibreboard Niedrigdichte Faserplatte, Dicke 12 mm
	M 30 - Paper-faced glass wool Papierbeschichtete Glaswolle-Matten, Dicke 100 mm