

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Berlin
Schöneberger Str. 15
10963 Berlin

Telefon +49(30)217975 0
Telefax +49(30)217975 35

Dipl.-Ing. Helmuth Bachmann
Telefon +49(30)217975 21
Helmuth.Bachmann@MuellerBBM.de

07. Dezember 2012
M92191/02 bmn/bmn

Ausstellungen in der Halle des Paul-Löbe-Hauses

**Ergänzung zum Brandschutznachweis
M 51879**

Bericht Nr. M92191/02

Auftraggeber:

Deutscher Bundestag

Bearbeitet von:

Dipl.-Ing. Helmuth Bachmann

Berichtsumfang:

Insgesamt 20 Seiten

Zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001
Akkreditiertes Prüflaboratorium nach ISO/IEC 17025

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Berlin
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer: Horst Christian Gass,
Dr. Carl-Christian Hantschk, Stefan Schierer
Dr. Edwin Schorer, Norbert Suritsch

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	4
2	Beurteilungsgrundlagen	4
3	Randbedingungen für die Aufstellung von Ausbildungsexponaten aus der Genehmigung	5
3.1	Berechnung der Brandlast	5
3.2	Maximale Brandlast	5
3.3	Maximale Wärmestrahlung bei einem Freistreifen von 3,5 m Breite	5
4	Randbedingungen für die Aufstellungsexponaten	5
4.1	Ausstellungsfläche	6
4.2	Breite von Freistreifen aufgrund des Dominoeffektes	6
4.3	Breite von Freistreifen aufgrund der in der Teilfläche tatsächlich vorhandenen Brandlast	6
4.3.1	Größe der Wärmestrahlung in Abhängigkeit von der Brandleistung und Entfernung	6
4.3.2	Erforderliche Freistreifen in Abhängigkeit von der rechnerischen Brandlast	8
5	Prinzipielles Vorgehen bei der Ausstattungs-gestaltung	9
5.1	Teilfläche	9
5.1.1	Ermittlung der Brandlast der Teilfläche	9
5.1.2	Breite der Freifläche beim Kippen über die Breitseite	9
5.1.3	Breite des Freistreifens aufgrund der Brandlast der Teilfläche	9
5.2	Benachbarte Teilfläche	9
5.2.1	Ermittlung der Brandlasten der benachbarten Teilfläche	9
5.2.2	Breite der Freifläche beim Kippen über die Breitseite	9
5.2.3	Breite des Freistreifens aufgrund der Brandlast der Teilfläche	9
5.3	Erforderliche Freistreifenbreite zwischen zwei Teilflächen	9
6	Beispielhafte Brandlasten	10
6.1	Brandlast kleiner Messestand	10
6.2	Brandlast mittlerer Messestand	11
6.3	Brandlast großer Messestand	12
6.4	Stelen mit Tisch	13
6.5	Ausstellung mit Stelltafeln 1	14

MÜLLER-BBM

6.6	Ausstellungssechseck	15
6.7	Ausstellung mit Bildschirmen	16
6.8	Ausstellung mit Stehlen	17
6.9	THW	18
7	Rechenwerte zur Ermittlung der Brandlasten:	19
8	Zusammenfassung	20

1 Aufgabenstellung

Für das Paul-Löbe-Haus ist unter der Berichtsnummer M51879/1 ein inzwischen genehmigtes Brandschutzkonzept gefertigt worden.

Dieses Brandschutzkonzept beschreibt die Zulässigkeit von Veranstaltungen und schränkt die Anzahl der Besucher und der Brandlasten ein.

Reine Ausstellungen werden davon nicht erfasst. Es ist jedoch zulässig, Veranstaltungen mit geringer Besucherzahl, d. h. Ausstellungen, im Rahmen des genehmigten Brandschutznachweises durchzuführen, wenn die im o. g. Brandschutzkonzept beschriebenen Brandlastbeschränkungen eingehalten werden.

Diese Ergänzung beschreibt, wie die Brandlastbeschränkungen bei Ausstellungsgegenständen eingehalten werden können.

Weiterhin wird ein Verfahren aufgezeigt, bei dem die Brandlast ausreichend genau vom Betreiber selber ermittelt werden kann.

2 Beurteilungsgrundlagen

- [1] Bauordnung für Berlin (BauOBl) in der Fassung vom 29. September 2005 (GVBl. S. 495), zuletzt geändert durch Gesetz vom 29. Juni 2011 (GVBl. S. 315, in Kraft getreten am 10. Juli 2011)
- [2] Bericht M51879 vom 26.08.2002
- [3] Baulicher Brandschutz, Ulrich Schneider und Christian Lebeda, Verlag W. Kohlhammer, 2000, ISBN 3-17-015266-1
- [4] DIN V ENV 1993-1-2, Mai 1997, Eurocode 3 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-2 Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall

3 Randbedingungen für die Aufstellung von Ausbildungsexponaten aus der Genehmigung

Die Halle des Paul-Löbe-Hauses dient als Brandabschnittstrennung. Sie verfügt über eine Entrauchung, die bei einem Brand mit einer Brandleistung von 1,5 MW, nur eine, die Brandabschnittstrennung nicht gefährdende, Rauchsicht entstehen lässt. Die Leistungsfähigkeit der Entrauchung begrenzt die zulässige Brandlast in einem Teilbereich. Damit ein Brand von einem Teilbereich nicht auf den nächsten Teilbereich übergreifen kann, ist ein Freistreifen (von Brandlasten freizuhaltender Bereich) einzuhalten.

3.1 Berechnung der Brandlast

Die Brandlast wird prinzipiell nach dem in der DIN 18230 angegebenen Verfahren berechnet.

Dabei wird zunächst die Masse des zu bewertenden Gegenstandes bestimmt. Kann er nicht gewogen werden, dann wird die Masse aus dem Volumen und dem spezifischen Gewicht errechnet.

Die Masse des Gegenstandes wird mit dem unteren Heizwert multipliziert, der entweder der DIN 18230-3 oder den Herstellerangaben entnommen wird.

Das Produkt aus Masse und unterem Heizwert ist mit dem Abbrandfaktor m zu multiplizieren.

Der Abbrandfaktor m ist ein Beiwert, mit dem die Brandlast zur Berücksichtigung des Brandverhaltens der brennbaren Stoffe in der jeweiligen Art, Form und Verteilung zu bewerten ist. Die Werte für den Abbrandfaktor m aus DIN 18230-3 sind zu verwenden. Da nicht für alle Lagerungsarten und -stoffe die Abbrandfaktoren bestimmt sind, wird dieser teilweise abgeschätzt.

3.2 Maximale Brandlast

Die maximale Brandlast in einem Teilbereich der Halle darf 600 kWh nicht überschreiten.

3.3 Maximale Wärmestrahlung bei einem Freistreifen von 3,5 m Breite

Bei einer Brandleistung von 1,5 MW beträgt die Wärmestrahlung am feuerabgewandten Rand des 3,5 m breiten Freistreifens 10 kW/m². Dies ist die entsprechend der Genehmigung zulässige maximale Wärmestrahlung.

4 Randbedingungen für die Aufstellungsexponaten

Im Regelfall werden Ausstellungsexponate eine geringere rechnerische Brandlast als 600 kWh besitzen. Daher kann der Freistreifen, d.h. der Abstand von Ausstellungsexponaten untereinander oder von Gruppen von Ausstellungsexponaten voneinander, reduziert werden:

Es gelten dabei folgende Randbedingungen:

4.1 Ausstellungsfläche

Die Ausstellungsfläche in der Halle des Paul-Löbe-Hauses ist der zwischen den Stufenreihen abgesenkte Hallenbereich mit einer Länge von ca. 100 m und einer Breite von ca. 8,50 m.

4.2 Breite von Freistreifen aufgrund des Dominoeffektes

Wenn ein Exponat aus einer Gruppe von Ausstellungsstücken in einer Gruppe umfällt, darf es kein Exponat aus einer anderen Gruppe treffen (Dominoeffekt). Es ist ein Kippen über die Breitseite anzunehmen.

4.3 Breite von Freistreifen aufgrund der in der Teilfläche tatsächlich vorhandenen Brandlast

4.3.1 Größe der Wärmestrahlung in Abhängigkeit von der Brandleistung und Entfernung

Schneider gibt in [3] eine Beziehung zwischen der Brandleistung von Holzkrippen und der Flammenhöhe an.

Danach beträgt die Flammenhöhe (Gl. (3.5.2))

$$l = \frac{0,20 * Q_c^{0,61}}{\sqrt{D}}$$

Dabei ist Q_c die Brandleistung und D der Durchmesser des Brandherdes. Bei einer üblicherweise anzusetzenden maximalen Brandleistung von 300 kW/m^2 ergibt sich ein Durchmesser der Brandfläche von

$$D = \sqrt{\frac{4}{3,14} * \frac{Q_c}{300}}$$

Für die Flammenhöhe folgt daraus:

$$l = \frac{0,20 * Q_c^{0,61}}{\sqrt{D}}$$

Da die Flamme im Wesentlichen ein Dreieck bildet, kann daraus ein äquivalentes Flammenrechteck berechnet werden: Dabei wird die Grundseite beibehalten, weil sich in diesem Bereich die benachbarten Gegenstände befinden können.

Dieses äquivalente Flammenrechteck besitzt eine Breite von D und eine Höhe von l m.

Die mittlere Flammentemperatur wird der Abbildung 3.5.2 in [3] für Methangasdiffusionsflammen entnommen. Sie beträgt $800^\circ\text{C} = 1073 \text{ K}$.

Analog zu der Einteilung von Lagerbereichen durch 3,5 m breite Freistreifen nach der Musterindustriebaurichtlinie für Lagerhöhen bis zu 4,50 m wird nunmehr die Wärmestrahlung der Flamme auf die in der Entfernung A befindlichen Gegenstände berechnet. Hierbei wird das in den Anhängen C und D beschriebene Verfahren für die Berechnung der Wärmeübertragung auf außenliegende Stahlbauteile nach Eurocode 3 (Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten) [4] angewendet.

Dabei ergibt sich der Wärmestrom durch Strahlung nach Gleichung C.6 zu:

$$I = \Phi * \varepsilon * \sigma * T^4$$

Dabei ist Φ der Gesamtkonfigurationsfaktor nach Anhang D, ε der Emissionswert der Flamme, T die Temperatur der Flamme und σ die Stefan-Boltzmann-Konstante ($56,7 * 10^{-12} \text{ kW/m}^2\text{K}^4$).

Der Emissionswert wird mit 1,0 (Maximalwert) angesetzt.

Der Gesamtkonfigurationsfaktor ergibt sich nach Anhang D, Gleichung D.1 von [3] für den Fall, dass die empfangende Fläche parallel zur strahlenden Fläche steht zu:

$$\Phi = \frac{1}{2 * \pi} \left[\frac{a}{\sqrt{1+a^2}} * \arctan\left(\frac{b}{\sqrt{1+a^2}}\right) + \frac{b}{\sqrt{1+b^2}} * \arctan\left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}}\right) \right]$$

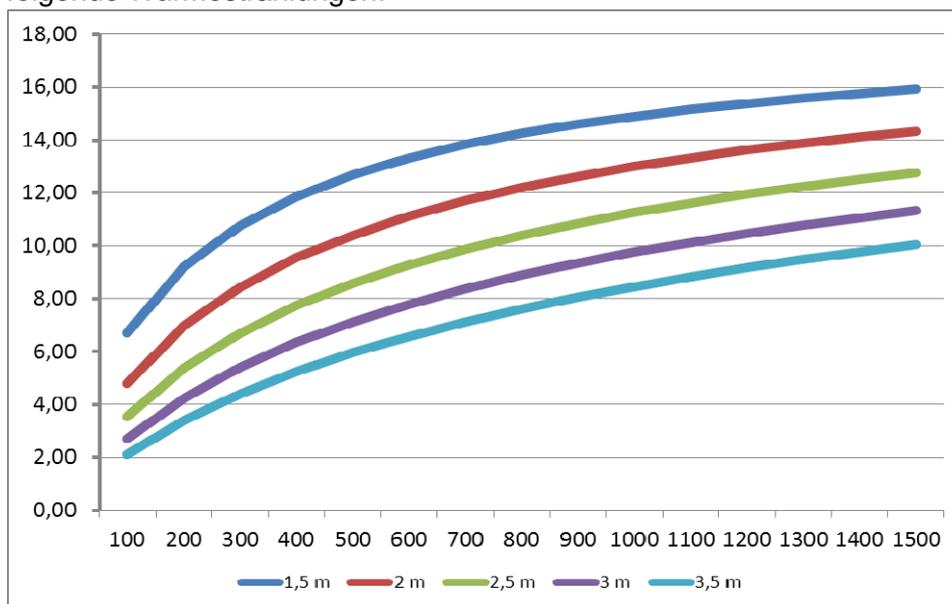
dabei ist

$a = l/A$ (Höhe der strahlenden Fläche geteilt durch die Entfernung zur empfangenden Fläche)

und

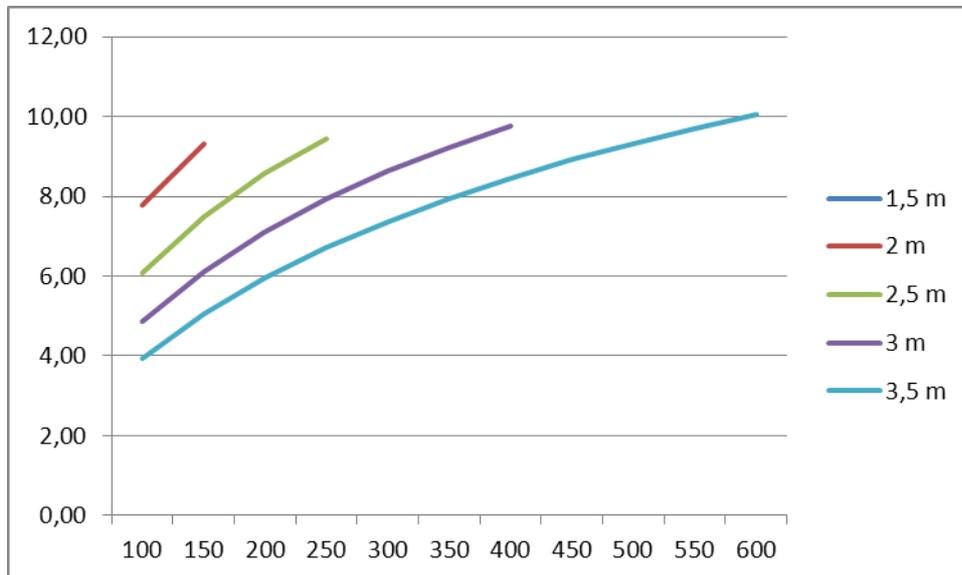
$b = D/A$ (Breite der strahlenden Fläche geteilt durch die Entfernung zur empfangenden Fläche)

In Abhängigkeit von der Brandleistung Q_c und der Entfernung A ergeben sich folgende Wärmestrahlungen:



4.3.2 Erforderliche Freistreifen in Abhängigkeit von der rechnerischen Brandlast

Wird die Wärmestrahlung über die rechnerische Brandlast aufgetragen, dann ergibt sich folgendes Bild:



Daraus folgen in Abhängigkeit von der rechnerischen Brandlast folgende Freistreifenbreiten:

Rechnerische Brandlast	Freistreifenbreite
100	1,50 m
150	2,00 m
200	2,50 m
250	2,50 m
300	3,00 m
350	3,00 m
400	3,00 m
450	3,50 m
500	3,50 m
550	3,50 m
600	3,50 m

5 Prinzipielles Vorgehen bei der Ausstellungsgestaltung

5.1 Teilfläche

5.1.1 Ermittlung der Brandlast der Teilfläche

Anhand der unter 6 beschriebenen Beispiele wird die Brandlast der Teilfläche (einzelnes Exponat oder Gruppe von Ausstellungsgegenständen) ermittelt.

5.1.2 Breite der Freifläche beim Kippen über die Breitseite

Anhand der Höhe des Ausstellungsstückes wird die Breite des erforderlichen Abstandes beim Kippen über die Breitseite ermittelt, sofern das Exponat nicht mit einer Bodenplatte verschraubt ist, die ein Kippen ausschließt.

5.1.3 Breite des Freistreifens aufgrund der Brandlast der Teilfläche

Anhand der unter 5.1.1 ermittelten Brandlast wird aus 4.3.2 die erforderliche Freistreifenbreite ermittelt.

5.2 Benachbarte Teilfläche

5.2.1 Ermittlung der Brandlasten der benachbarten Teilfläche

Anhand der unter 6 beschriebenen Beispiele wird die Brandlast der Teilfläche (einzelnes Exponat oder Gruppe von Ausstellungsgegenständen) ermittelt.

5.2.2 Breite der Freifläche beim Kippen über die Breitseite

Anhand der Höhe des Ausstellungsstückes wird die Breite des erforderlichen Abstandes beim Kippen über die Breitseite ermittelt, sofern das Exponat nicht mit einer Bodenplatte verschraubt ist, die ein Kippen ausschließt.

5.2.3 Breite des Freistreifens aufgrund der Brandlast der Teilfläche

Anhand der unter 5.2.1 ermittelten Brandlast wird aus 4.3.2 die erforderliche Freistreifenbreite ermittelt.

5.3 Erforderliche Freistreifenbreite zwischen zwei Teilflächen

Der Abstand zweier benachbarter Teilflächen ist der höchste unter 5.1.2, 5.1.3, 5.2.2 und 5.2.3 ermittelte Wert.

6 Beispielhafte Brandlasten

6.1 Brandlast kleiner Messestand



Ein kleiner Messestand besteht aus einer Pop Up Faltwand (FA.03), inkl. Magnetbefestigungstechnik, 3 Bahnen an Front und 2 an der Seite, inkl. Aufnahme für einen LCD Monitor (bis 26 Zoll) inkl. Aluminium Faltheke.

Maße: Faltwand: B 285 x H 224,5 cm / Theke: B 148 x H 90 cm

Informationsmaterial: 25 kg Papier

$$q_{R \text{ Tisch}} = 0,54 \text{ m} \times 1,48 \text{ m} \times 0,026 \text{ m} \times 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,8 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \times 0,4 = 30 \text{ kWh}$$

$$q_{R \text{ B}} = 0,90 \text{ m} \times 2 \times (0,40 \text{ m} + 1,20 \text{ m}) \times 0,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 12,2 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \times 1,0 = 7 \text{ kWh}$$

$$q_{R \text{ Faltwand}} = 2,80 \text{ m} \times 2,20 \text{ m} \times 0,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 12,2 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \times 1,0 = 23 \text{ kWh}$$

$$q_{R \text{ Infomaterial}} = 25 \text{ kg} \times 4,8 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \times 0,8 = 96 \text{ kWh}$$

Monitor: 50 kWh

Gesamt: 30 kWh + 7 kWh + 23 kWh + 96 kWh + 50 kWh = 206 kWh/ Stand

6.2 Brandlast mittlerer Messestand



Ein mittlerer Messestand besteht aus einer Pop Up Faltwand sowie 1 Viertelkreistheke (PR.06) und 2 Infotheken (Pr.07)

Maße: Faltwand: B 224 x H 224 cm / Theke PR.06: B 148 x H 90 x T 54 cm / Theke PR.07: B 50 x H 90 x T 54 cm

Infomaterial : 25 kg Papier

$$q_{R\ PR.06} = 0,54\ m \times 1,48\ m \times 0,026\ m \times 750\ \frac{kg}{m^3} \times 4,8\ \frac{kWh}{kg} \times 0,4 = 30\ kWh$$

$$q_{R\ PR.07} = \frac{0,54\ m^2}{4} \times 3,14 \times 0,026\ m \times 750\ \frac{kg}{m^3} \times 4,8\ \frac{kWh}{kg} \times 0,4 \times 2 = 18\ kWh$$

$$q_{R\ B} = 0,90\ m \times (8 \times 0,40\ m + 2 \times (0,40\ m + 1,20\ m)) \times 0,2\ \frac{kg}{m^2} \times 12,2\ \frac{kWh}{kg} \times 1,0 = 15\ kWh$$

$$q_{R\ Faltwand} = 2,20\ m \times 2,20\ m \times 0,3\ \frac{kg}{m^2} \times 12,2\ \frac{kWh}{kg} \times 1,0 = 16\ kWh$$

$$q_{R\ Infomaterial} = 25\ kg \times 4,8\ \frac{kWh}{kg} \times 0,8 = 96\ kWh$$

Gesamt: 30 kWh + 18 kWh + 15 kWh + 16 kWh + 96 kWh = 175 kWh / Stand

6.3 Brandlast großer Messestand



Ein großer Messestand besteht aus einer Faltschrank Breite 285 cm, 2 St. Rollup 80x200 cm, 2 St Prospektständer faltbar, Tisch und 4 Stühle, 1 St Messetheke Pr.03 Breite ca.98 cm.

Infomaterial : 25 kg Papier

$$q_{R \text{ PR.03}} = 0,54 \text{ m} \times 0,98 \text{ m} \times 0,026 \text{ m} \times 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,8 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \times 0,4 = 20 \text{ kWh}$$

$$q_{R \text{ B}} = 0,90 \text{ m} \times 2 \times (0,40 \text{ m} + 0,80 \text{ m}) \times 0,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 12,2 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \times 1,0 = 5 \text{ kWh}$$

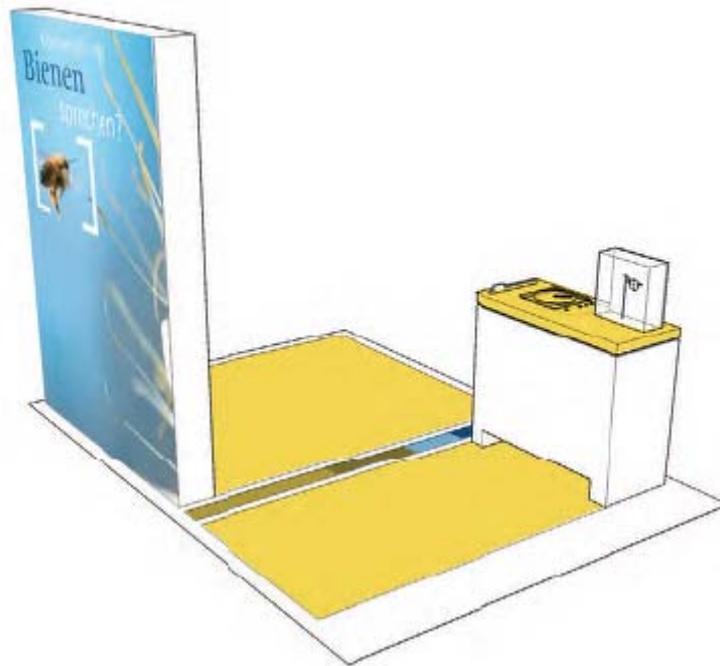
$$q_{R \text{ Faltschrank}} = 2,80 \text{ m} \times 2,20 \text{ m} \times 0,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 12,2 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \times 1,0 = 23 \text{ kWh}$$

$$q_{R \text{ Infomaterial}} = 25 \text{ kg} \times 4,8 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \times 0,8 = 96 \text{ kWh}$$

Tisch und 4 Stühle, Beleuchtung, Rollups: 150 kWh

Gesamt: 20 kWh + 5 kWh + 23 kWh + 96 kWh + 150 kWh = 294 kWh/ Stand

6.4 Stelen mit Tisch



Die Module bestehen aus:

1. Standplatte: Stahl, lackiert
2. Bodenbelag: PVC Boden Vinyl Flooring Deluxe, B1
3. Labormöbel: MDF lackiert
4. Teaserwand und Stele: Innengestell aus Aluminiumprofil, Grafikflächen aus Alu Dibond

Die Brandlast eines solchen Moduls kann wie folgt abgeschätzt werden:

Standplatte: ohne

Bodenbelag: $3\text{ m} \times 2\text{ m} \times 2\text{ kg/m}^2 \times 4,8\text{ kWh/kg} \times 0,2 = 12\text{ kWh}$

Labormöbel: $(2 \times (0,9\text{ m} \times 0,8\text{ m} + 0,49\text{ m} \times 0,8\text{ m} + 0,49\text{ m} \times 0,9\text{ m})) \times 0,019\text{ m} \times 600\text{ kg/m}^3 \times 4,8 \times 0,5 = 43\text{ kWh}$

Einbauten: Pauschal 200 kWh

Stehle: $(2 \times (0,18\text{ m} \times 2,10\text{ m} + 1,47\text{ m} \times 2,10\text{ m} + 0,18\text{ m} \times 1,47\text{ m})) \times 5\text{ kg/m}^2 \times 9,8 \times 0,5 = 91\text{ kWh}$

Insgesamt ergibt dies eine Brandlast von $12\text{ kWh} + 43\text{ kWh} + 200\text{ kWh} + 91\text{ kWh} = 346\text{ kWh}$

6.5 Ausstellung mit Stelltafeln 1



Beleuchtete Wandflügel, jeweils 4 m x 2,5 m bestehend aus 4 mm Dibondplatten in Metallgestellen.

Die Brandlast ergibt sich zu

Stellwände: $2 \times 2,5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 4,75 \text{ kg/m}^2 \times 9,8 \text{ kWh/kg} \times 0,5 = 465 \text{ kWh}$

6.6 Ausstellungssechseck



Eckige Säule mit jeweils 1 m breiten Kanten, 2,20 m hoch aus 16 mm dicker Spanplatte.

Die Brandlast ergibt sich zu

Stellwände: $6 \times 2,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 12 \text{ kg/m}^2 \times 4,8 \text{ kWh/kg} \times 0,8 = 608 \text{ kWh}$

6.7 Ausstellung mit Bildschirmen



Halbhohe Stelltafeln als Verkleidung aus Dibondplatten mit jeweils drei Monitoren und dazugehörigen PC.

Die Brandlast ergibt sich zu:

Stellwände: $2 \times 3 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 4,75 \text{ kg/m}^2 \times 9,8 \text{ kWh/kg} \times 0,5 = 140 \text{ kWh}$

3 Monitore und 3 PC: $(3 + 3) \times 50 \text{ kWh} = 300 \text{ kWh}$

Gesamt: $140 \text{ kWh} + 300 \text{ kWh} = 440 \text{ kWh}$

6.8 Ausstellung mit Stehlen



Die Stehlen aus bestehen aus Dibondplatten:

Folgende rechnerische Brandlast kann ermittelt werden:

$$2 \times 3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 4,75 \text{ kg/m}^2 \times 9,8 \text{ kWh/kg} \times 0,5 = 210 \text{ kWh}$$

6.9 THW



Vier Figuren aus Kunststoff mit Bekleidung, insgesamt 100 kg Gewicht:

$$100 \text{ kg} \times 9,8 \text{ kWh/kg} \times 0,8 = 784 \text{ kWh}$$

In diesem Fall sind möglicherweise zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

7 Rechenwerte zur Ermittlung der Brandlasten:

Im Bericht M92191/03 sind vereinfachte Rechenwerte vorgesehen, die hier größenordnungsmäßig ermittelt werden.

Alu-Dibond

5 mm Alu-Dibond ca. 5,6 kg

Unterer Heizwert $H_{ui} = 7,8 \text{ kWh/kg}$

Normalentflammbar mit nichtbrennbarer Bekleidung: $m = 0,8$

$$Q_R = 5,6 \text{ kg/m}^2 \times 7,8 \text{ kWh/kg} \times 0,8 = 34 \text{ kWh/m}^2$$

Holzwerkstoff normalentflammbar

Holzwerkstoffplatte ca. 12 kg/m²

Unterer Heizwert $H_{ui} = 4,8 \text{ kWh/kg}$

Normalentflammbar: $m = 1$

$$Q_R = 12 \text{ kg/m}^2 \times 4,8 \text{ kWh/kg} \times 1 = 58 \text{ kWh/m}^2$$

Holzwerkstoff schwerentflammbar

Holzwerkstoffplatte ca. 12 kg/m²

Unterer Heizwert $H_{ui} = 4,8 \text{ kWh/kg}$

schwerentflammbar: $m = 0,2$

$$Q_R = 12 \text{ kg/m}^2 \times 4,8 \text{ kWh/kg} \times 0,2 = 12 \text{ kWh/m}^2$$

Normalentflammbare Materialien

Unterer Heizwert $H_{ui} = 7,8 \text{ kWh/kg}$

Normalentflammbar: $m = 1,0$

$$Q_R = 1 \times 7,8 \text{ kWh/kg} \times 1,0 = 8 \text{ kWh/kg}$$

Schwerentflammbare Materialien

Unterer Heizwert $H_{ui} = 7,8 \text{ kWh/kg}$

schwerentflammbar: $m = 0,2$

$$Q_R = 1 \times 7,8 \text{ kWh/kg} \times 0,2 = 1,56 \text{ kWh/kg}$$

Prospekte

Wert für Holz:

5 kWh/kg

Elektrische AV-Geräte

Geschätzt:

50 kWh/Gerät

8 Zusammenfassung

Die bisherigen Ausstellungen wurden beispielhaft bewertet und ein Verfahren zur Abstandsermittlung angegeben.

Ein vereinfachtes Verfahren enthält der Bericht M92191 / 03.



Dipl.-Ing. Helmuth Bachmann