

ML Sachverständigen GmbH · Emil-Feinendegen-Str. 43 · 47809 Krefeld

fireedge GmbH
Am Kreuzweg 25
63526 Erlensee

**Gutachterliche Stellungnahme mit Handlungsempfehlungen
zur praktischen Anwendung vom 23.03.2022**

Gutachten Nr.: 201-PG-2021
(Bei Rückfragen bitte immer angeben!)

Thema:

Brandschutztechnische Bewertung für elektrische Funktionserhaltsverteiler
nach MLAR Abschnitt 5.2.2 c) als „offenes System-eos“

Projekt:

Funktionserhaltsverteiler nach MLAR Abschnitt 5.2.2 c als „offenes System-eos“

Bearbeiter:

Dipl. Ing. Manfred Lippe
Frank Möller

- öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der IHK Mittlerer Niederrhein für den anlagentechnischen Brandschutz.
- Zertifizierter Sachverständiger Brandschutz – Gebäudetechnischer Brandschutz (EIPOSCERT)

**ML Sachverständigen
Gesellschaft mbH**
Emil-Feinendegen-Str. 43
47809 Krefeld

Telefon 02151-15506-11
Telefax 02151-15506-12
Brandschutz@MLPartner.de
www.MLPartner.de

Büro Würzburg
Hoffeldäcker 27
97084 Würzburg

Telefon 0931-66074-52
Telefax 0931-66074-53

201-PG-2021 vom 23.03.2022 - Seite 1 von 36

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Manfred Lippe, Krefeld

öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger von

- der IHK Mittlerer Niederrhein für den baulichen und anlagentechnischen Brandschutz,

- der HWK Düsseldorf für das Installateur- und Heizungsbauerhandwerk

Mitglied der Ingenieurkammer-Bau Nordrhein-Westfalen, Beratender Ingenieur, 715746

Lothar Allhenn, Würzburg

öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger von

- der HWK für Unterfranken Würzburg für das Gas- und Wasserinstallateurhandwerk,

- der HWK für Unterfranken Würzburg für das Zentralheizungs- und Lüftungsbauerhandwerk

Sachverständiger für gebäudetechnischen Brandschutz (EIPOS e. V./IHK-Bildungszentrum Dresden gGmbH)

HRB 10044, AG Krefeld · Steuernummer 117/5824/1921 · USt-IdNr.: DE232556697

Bankverbindung:

Commerzbank Krefeld

IBAN: DE28 3204 0024 0202 2150 00

BIC: COBADEFFXXX



Verteiler der Originale (1-fach)

fireedge GmbH

Verteiler der pdf-Datei inkl. Anlagen:

fireedge GmbH

info@fireedge.de

Die gutachterliche Stellungnahme umfasst insgesamt 36 Seiten und 3 Anlagen.



Gliederung der brandschutztechnischen Bewertung

1.	Anlass und Aufgabenstellung	4
2.	Anlagen, Beurteilungsgrundlagen und verwendete Quellen.....	4
3.	Baurechtliche Hinweise und Anforderungen zur Anwendung der baurechtlichen Regelwerke.....	5
3.1	Grundlegende Anforderungen zum elektrischen Funktionserhalt.....	5
4.	An- und Verwendbarkeitsnachweis Brandschutzgehäuse (BSG).....	7
5.	Zusätzlicher Nachweis zum Funktionserhalt	8
5.1	Allgemeines	8
5.2	Versuchsaufbau der spezifischen Nachweisführung	10
5.3	Prüfergebnisse der spezifischen Nachweisführung.....	19
5.4	Ermittlung des erforderlichen Luftvolumenstroms	24
6.	Grundlagen der Planung und Ausführung.....	27
6.1	Aufstellung Gehäuse	27
6.2	Ergänzende Anforderungen zur Bewertung des Funktionserhaltes gemäß den beispielhaften Varianten der Bilder 19 bis 21	28
6.3	Brandschutzgehäuse (BSG) als „offenes System-eos“ <u>ohne</u> Zusatzabsicherung über eine Brandschutzklappe EI 90S	29
6.4	Brandschutzgehäuse (BSG) als „offenes System-eos“ mit Zusatzabsicherung über eine Brandschutzklappe EI 90S	30
6.5	Brandschutzgehäuse (BSG) als „offenes System-eos“ bei einem Zu- und Abluftanschluss mit zwischengeschalteten L90-Lüftungsleitungen	31
6.6	Ausführung und Steuerung der Lüftung	32
6.7	Nichtbrandfall.....	33
7.	Nachweisverfahren und Dokumentation	34
8.	Zusammenfassung	35



1. Anlass und Aufgabenstellung

Die ML Sachverständigen Gesellschaft mbH wurde von der Firma fireedge GmbH damit beauftragt den elektrischen Funktionserhalt von Brandschutzgehäusen nach MLAR Abschnitt 5.2.2 c) als „offenes System“ zu bewerten.

Unter „offenem System“ versteht man ein Brandschutzgehäuse, welches über die gesamte Dauer des elektrischen Funktionserhalts durch einen angeschlossenen Lüfter gekühlt wird.

Diese gutachterliche Stellungnahme dient der Konkretisierung der Anforderungen an den elektrischen Funktionserhalt im Brandfall gemäß MLAR auf Basis durchgeführter Brandversuche bei der Materialprüfungsanstalt (MPA) Universität Stuttgart

Diese Dokument dient als Planungsgrundlage und enthält Handlungsempfehlungen zur praktischen Anwendung.

2. Anlagen, Beurteilungsgrundlagen und verwendete Quellen

- Anlage 1 > Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / Allgemeine Bauartgenehmigung Z-86.1-101, Brandschutzgehäuse mit einer Feuerwiderstandsdauer von mind. 90 Minuten bei einer Brandbeanspruchung von außen, Typ edgcase, ewg90/esg90
- ohne Anlage > Prüfungsbericht 903 8928 000/Rhr, Brandprüfung an Brandschutzgehäusen (Brand von außen), Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart.
- ohne Anlage > Allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis (AbP P-2400/365/17-MPA BS bzw. AbP P-2400/346/17-MPA BS) L90 Lüftungskanal.
- ohne Anlage > Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) Ausgabe 2021/1, Stand 17.01.2022
- ohne Anlage > Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR), Fassung 10.02.2015 zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom 03.09.2020
- ohne Anlage > Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie (M-LüAR), Fassung 29.09.2005, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom 03.09.2020
- ohne Anlage > DIN 4102-12:1998-11, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen Teil 12: Funktionserhalt von elektrischen Kabelanlagen – Anforderungen und Prüfung
- ohne Anlage > Kommentar zur MLAR, 5. Auflage, der Autoren Lippe, Czepuck, Möller, Reintsema
- ohne Anlage > Kommentar zur M-LüAR, 3. Auflage, der Autoren Lippe, Czepuck, Mertens, Vogelsang



3. Baurechtliche Hinweise und Anforderungen zur Anwendung der baurechtlichen Regelwerke

Die von der Bauministerkonferenz (ARGEBAU) veröffentlichte Musterwelt der Planungs-, Bemessungs- und Ausführungsregeln werden im Rahmen der Technischen Baubestimmungen von den meisten Bundesländern ohne wesentliche Veränderungen übernommen.

3.1 Grundlegende Anforderungen zum elektrischen Funktionserhalt

Die grundlegenden Anforderungen an den Funktionserhalt von elektrischen Leitungsanlagen im Brandfall werden im Abschnitt 5.1 der MLAR beschrieben.

Zitat Anfang

5.1.1 ¹Die elektrischen Leitungsanlagen für bauordnungsrechtlich vorgeschriebene sicherheitstechnische Anlagen müssen so beschaffen oder durch Bauteile abgetrennt sein, dass die sicherheitstechnischen Anlagen im Brandfall ausreichend lang funktionsfähig bleiben (Funktionserhalt).

Zitat Ende

Der Begriff Leitungsanlagen wird im Abschnitt 2.1 der MLAR wie folgt definiert.

Zitat Anfang

¹Leitungsanlagen sind Anlagen aus Leitungen, insbesondere aus elektrischen Leitungen oder Rohrleitungen, sowie aus den zugehörigen Armaturen, Hausanschlusseinrichtungen, Messeinrichtungen, Steuer-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen, Netzgeräten, Verteilern und Dämmstoffen für die Leitungen. ²Zu den Leitungen gehören deren Befestigungen und Beschichtungen. Lichtwellenleiter-Kabel und elektrische Kabel gelten als elektrische Leitungen.

Zitat Ende

Die Anforderungen an Brandschutzgehäuse, zur Unterbringung von Verteilern mit elektrischem Funktionserhalt im Brandfall, basieren auf dem Abschnitt 5.2.2 der MLAR.

Zitat Anfang

5.2.2 Verteiler von elektrischen Leitungsanlagen mit Funktionserhalt nach Abschnitt 5.3 müssen

- a) In eigenen, für andere Zwecke nicht genutzten Räumen untergebracht werden, die gegenüber anderen Räumen durch Wände, Decken und Türen mit einer Feuerwiderstandsfähigkeit entsprechend der notwendigen Dauer des Funktionserhalts und – mit Ausnahme der Türen – aus nichtbrennbaren Baustoffen abgetrennt sind,
- b) durch Gehäuse abgetrennt werden, für die durch einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis die Funktion der elektrotechnischen Einbauten des Verteilers im Brandfall für die notwendige Dauer des Funktionserhalts nachgewiesen ist oder



- c) mit Bauteilen (einschließlich ihrer Abschlüsse) umgeben werden, die eine Feuerwiderstandsfähigkeit entsprechend der notwendigen Dauer des Funktionserhalts haben und – mit Ausnahme der Abschlüsse – aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, wobei sichergestellt werden muss, dass die Funktion der elektrotechnischen Einbauten des Verteilers im Brandfall für die Dauer des Funktionserhalts gewährleistet ist; der Nachweis des Funktionserhalts der elektrotechnischen Einbauten ist zu dokumentieren.

Zitat Ende

Die notwendige Dauer des Funktionserhalts, der im Abschnitt 5.1.1 genannten Anlagen wird im Abschnitt 5.3 Dauer des Funktionserhalts konkretisiert.

Zitat Anfang

Die Dauer des Funktionserhalts der Leitungsanlagen muss mindestens 90 Minuten betragen bei

- a) automatische Feuerlöschanlagen und Wasserdruckerhöhungsanlagen
- b) maschinelle Rauchabzugsanlagen und Druckbelüftungsanlagen für notwendige Treppenträume in Hochhäusern sowie für Sonderbauten, für die solche Anlagen im Einzelfall verlangt werden...
- c) Bettenaufzüge in Krankenhäusern und anderen baulichen Anlagen mit entsprechender Zweckbestimmung und Feuerwehraufzügen...

Zitat Ende

Hinweis:

Gebäudefunkanlagen (BOS-Funk) sind im Abschnitt 5.3 nicht explizit mit aufgeführt. Diese Anlagen dienen ebenfalls der Unterstützung wirksamer Rettungs- und Löscharbeiten. Aus diesem Grund wird im Abschnitt A 2.1.15.6 der MVV TB darauf hingewiesen, dass die zur Stromversorgung notwendige elektrische Leitungsanlage so beschaffen oder durch Bauteile abgetrennt sein müssen, dass die Anlagen im Brandfall ausreichend lang funktionsfähig bleiben. Hier erfolgt ebenfalls ein Verweis auf die MLAR.

Zitat Anfang

Die Dauer des Funktionserhalts der Leitungsanlagen muss mindestens 30 Minuten betragen bei

- a) Sicherheitsbeleuchtungsanlagen
- b) Personenaufzüge mit Brandfallsteuerungen
- c) Brandmeldeanlagen einschließlich der zugehörigen Übertragungsanlagen
- d) Alarmierungsanlagen
- e) Natürliche Rauchabzugsanlagen (Rauchableitung durch thermischen Auftrieb)
- f) Maschinellen Rauchabzugsanlagen und Rauchschutzdruckanlagen (wenn keine 90 Minuten erforderlich sind)

Zitat Ende

Anmerkung:

Die zulässigen Erleichterungen zum Funktionserhalt der einzelnen Anlagen sind im Abschnitt 5.3 der MLAR detailliert beschrieben.



Erläuterung zu den grundlegenden Anforderungen

Eine elektrische Leitungsanlage mit Funktionserhalt im Brandfall kann folgende Bestandteile umfassen:

- Stromversorgungsanlage mit ggf. notwendigen Stromquellen für Sicherheitszwecke, wie z. B. Stromerzeugungsaggregat, wiederaufladbare Batterien
- Verteiler (Zentralen, Verteiler, Schalt- und Steuereinrichtungen)
- Kabel- und Leitungsanlagen mit und ohne integrierten Funktionserhalt
- Angeschlossene Aggregate, Pumpen, Betriebsmittel, Aktoren und Sensoren, wie z. B. Brandmelder, Entrauchungsventilatoren, elektrische Sprinklerpumpen, Sicherheitsleuchten, Signalgeber

Welche Bestandteile der Leitungsanlage vom elektrischen Funktionserhalt ausgenommen werden dürfen ergibt sich aus den zulässigen Erleichterungen, welche im Abschnitt 5.3 der MLAR im Detail beschrieben sind.

In der Regel sind, die unter dem Begriff Verteiler zusammengefassten Bestandteile der Leitungsanlage (wie z. B. Steuerungen und Zentralen) nicht so beschaffen, dass diese im Brandfall Ihre Funktion aufrechterhalten können.

Dahingehend werden diese wie im Abschnitt 5.1.1 der MLAR beschrieben durch Bauteile mit entsprechender Feuerwiderstandsfähigkeit abgetrennt.

Zur Unterbringung von Verteilern, an die Anforderungen zum Funktionserhalt gestellt werden, sind im Abschnitt 5.2.2 verschiedene Varianten zum Schutz vor Brandeinwirkung aufgeführt.

Anmerkung:

Andere Lösungen zum Schutz von Verteilern, wie z. B. die Unterbringung in benachbarten Brandabschnitten usw. sind abhängig von der jeweiligen Anlage und können im Rahmen der Fachplanung unabhängig von dieser gutachterlichen Stellungnahme angewendet werden.

4. An- und Verwendbarkeitsnachweis Brandschutzgehäuse (BSG)

Gemäß Abschnitt B 3.1 (Allgemeines Technische Gebäudeausrüstung) der MVV TB in Verbindung mit der Tabelle B 3.2.1.32 ist aufgeführt das Verteiler in elektrischen Leitungsanlagen mit Anforderungen an den Funktionserhalt im Brandfall eines Verwendbarkeitsnachweises nach § 17 Abs.1 MBO bedürfen.

Bei Bauarten kommt der § 16a MBO zur Anwendung.

Die zu betrachtenden Brandschutzgehäuse verfügen über eine Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / Allgemeine Bauartgenehmigung (abZ/aBg).

Dieser Nachweis bezieht sich auf Brandschutzgehäuse mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten bei einer Brandbeanspruchung von außen.



Brandschutzgehäusetypp:



- edgecase ewg90 (hängend)
- edgecase esg90 (stehend)

Unter Punkt 1.1 „Zulassungsgegenstand und Verwendungsbereich“ der abZ/aBg ist folgender Sachverhalt festgehalten.

Zitat Anfang

Das jeweilige Brandschutzgehäuse ist als Bauteil mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten zur Ummantelung eines Verteilers für elektrische Leitungsanlagen nach den landesrechtlichen Vorschriften über Leitungsanlagen (Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen gemäß Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR Abschnitt 5.2.2 c) nachgewiesen.

Das Brandschutzgehäuse ist in brandschutztechnischer Hinsicht nachgewiesen. Die Funktion der elektrischen Einbauten des vorgenannten Verteilers im Brandfall ist im Rahmen dieses Bescheids nicht nachgewiesen.

Zitat Ende

Hinweis:

Die Ausführung, Aufstellung, Kabeleinführung und Montage der Brandschutzgehäuse muss dem o. g. Verwendbarkeitsnachweis entsprechen. Durch die bauausführende Firma, die das Brandschutzgehäuse aufgestellt bzw. angebaut hat, muss für jedes Bauvorhaben eine Übereinstimmung der Bauart mit der allgemeine Bauartgenehmigung abgegeben werden.

5. Zusätzlicher Nachweis zum Funktionserhalt

5.1 Allgemeines

Wie bereits unter Punkt 4 beschrieben, sind die Brandschutzgehäuse zur Ummantelung von Verteilern nach Abschnitt 5.2.2 c) mit einer Feuerwiderstandsdauer von mind. 90 Minuten geeignet und zugelassen.

Bezüglich des Nachweises der elektrotechnischen Funktion der Einbauten, über die Dauer des Funktionserhaltes, sind jedoch weitergehende Nachweise erforderlich und zu dokumentieren.

Bei Verteilern mit einer Standardausstattung, wie z. B. Brandmelderzentralen oder Stromversorgungssystemen der Sicherheitsbeleuchtung mit einem Funktionserhalt von 30 Minuten wird häufig der Nachweis über Abschnitt 5.2.2 b) MLAR geführt. D. h. die elektrotechnischen Einbauten werden gemeinsam mit dem Brandschutzgehäuse einer Brandprüfung unterzogen.

Diese Art der Nachweisführung ist jedoch nur bei Standardkonfigurationen praktikabel, bei denen später im Projekt immer die geprüfte Kombination zur Anwendung kommt.



Bei individuellen Ausrüstungen der Brandschutzgehäuse mit unterschiedlichsten elektrotechnischen Einbauten, die projektbezogen stark variieren können, ist diese Art der Nachweisführung auch unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit nicht geeignet.

Insbesondere bei einer Dauer des Funktionserhalts von mind. 90 Minuten sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, um die Innentemperaturen und die Luftfeuchtigkeit innerhalb der Gehäuse so zu reduzieren, dass die Einbauten funktionsfähig bleiben.

Verteiler mit einem Funktionserhalt von mind. 90 Minuten, für z. B. maschinelle Rauchabzugsanlagen (MRA), Rauchschutz-Druckanlagen (RDA), Sicherheitsstromversorgungsanlagen (SV) und BOS-Funkanlagen können sehr individuell aufgebaut sein, sodass in den meisten Fällen eine Unterbringung in einem Brandschutzgehäuse nach Abschnitt 5.2.2 c) erforderlich ist.

Folgende Einflussfaktoren wirken im Brandfall auf den Funktionserhalt von elektrischen Einbauten innerhalb der Brandschutzgehäuse:

a) Temperatur

- Temperatureintrag von außen über die Gehäusekonstruktion
- Temperatureintrag von außen über die eingeführten elektrischen Leitungen (Kupfer-Leiter)
- Eigenerwärmung der elektrischen Einbauten (Verlustleistung)

b) Luftfeuchtigkeit

- Feuchtigkeitseintrag über die Konstruktion bei gipshaltigen Platten
- Feuchtigkeitseintrag über die eingeführten Kabel

c) Verschmutzungsgrad

- Einfluss auf die Leitfähigkeit bei hohem Feuchtigkeitsanteil

Hinweis:

Im Rahmen der für die jeweiligen sicherheitstechnischen Anlagen vorgesehenen Wartungs- bzw. Inspektionsintervalle sind die Brandschutzgehäuse bei Bedarf zu reinigen, um diesen Einflussfaktor zu verhindern bzw. zu reduzieren.

Zielstellung eines Brandschutzgehäuses als „offenes System-eos“ ist es, dass durch eine aktive Lüftung bei Bedarf Temperatur und Luftfeuchtigkeit aus dem Gehäuseinneren abgeführt wird. Die Steuerung erfolgt automatisch.





Bild 1: Beispiel einer spezifischen Ausrüstung innerhalb des Brandschutzgehäuses

5.2 Versuchsaufbau der spezifischen Nachweisführung

Entscheidend für die Beurteilung der Funktionsfähigkeit elektrotechnischer Einbauten ist der Nachweis der Luftfeuchtigkeit und des Temperaturverlaufs innerhalb des Gehäuses, über die geforderte Dauer des Funktionserhalts.

Aus diesem Grund hat die Firma fireedge GmbH die Materialprüfanstalt (MPA) Universität Stuttgart zu Forschungszecken damit beauftragt, die Brandschutzgehäuse, als „offenes System-eos“, einer Brandprüfung zu unterziehen.

Die Untersuchung erfolgte in Anlehnung an die Norm DIN EN 1363-1 (Feuerwiderstandsprüfungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen) bei Leergehäusen mit angeschlossener Lüftungsfunktion.

Zitat aus dem Prüfbericht 903 8928 000/Rhr

Die DIN EN 1363-1 regelt den generellen Versuchsverlauf von Brandversuchen, so dass in Anlehnung an diese Norm der Verlauf der Objekttemperatur und der Lufttemperaturen innerhalb des Brandschutzgehäuse während der Brandbeanspruchung von außen nach der Einheits-temperaturzeitkurve (ETK) als Kenngröße aufgezeichnet wurde.

Zitat Ende

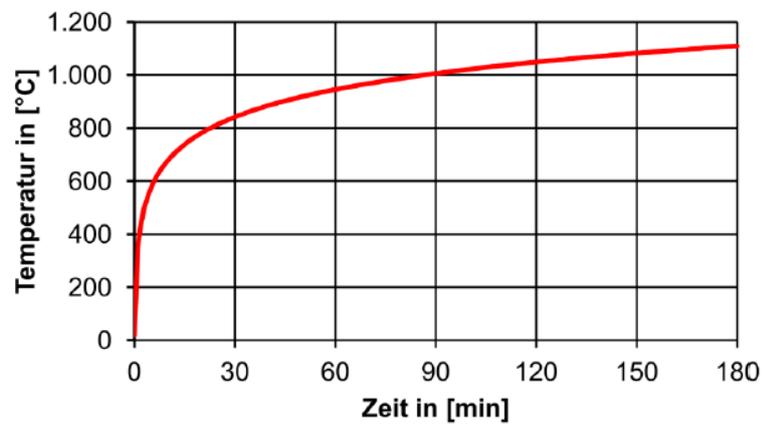


Bild 2: ETK: Einheits-Temperaturzeitkurve

Der Brandversuch wurde über die zur Klassifizierung hinausgehende Zeitdauer von 90 Minuten um weitere 10 Minuten (Summe 100 Minuten) als Sicherheitsreserve verlängert.

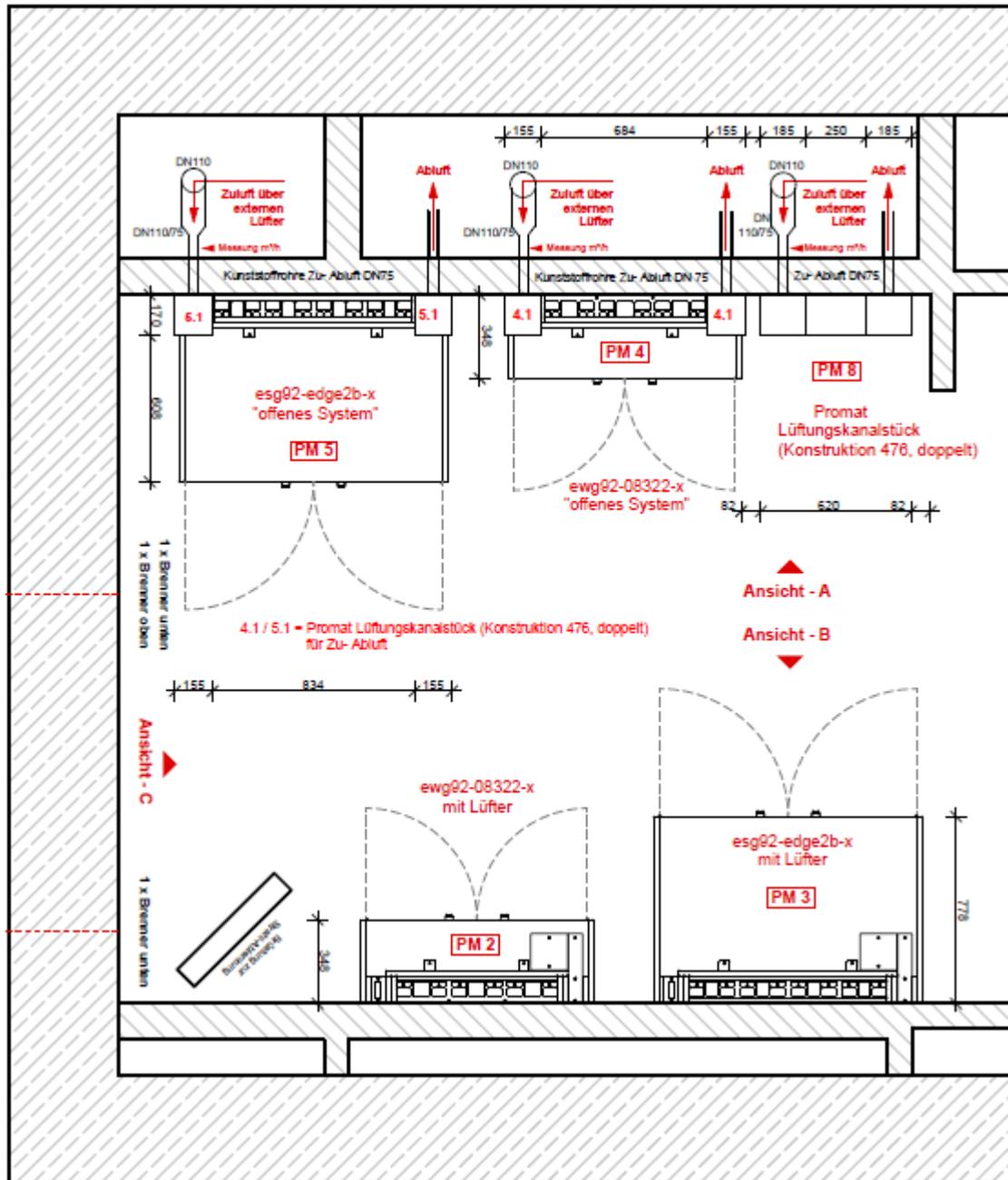


Bild 3: Anordnung der Prüfkörper (Auszug aus dem o.g. Prüfbericht)

Die Prüfkörper PM 5, PM 4 und PM 8 gehören zum Versuchsaufbau des „offenen Systems“

Prüfkörper PM 5

Standgehäuse Typ edgecase90 (abZ / aBg Z-86.1-101), Raumvolumen 1,24 m³
Kabelbelegung Kupferquerschnitt 2.700 mm² (gesamt), maximaler Einzelquerschnitt 4x95 mm²

Prüfkörper PM 4

Wandgehäuse Typ edgecase90 (abZ / aBg Z.-86.1-101), Raumvolumen 0,2 m³
Kabelbelegung Kupferquerschnitt 2.130 mm² (gesamt), maximaler Einzelquerschnitt 5x70 mm²

Prüfkörper PM 8

Eigenständiger Lüftungskanal 5 lfm L90/EI90(v_e,h_o i↔o)-S 3, Promat PROMATECT-LS-Lüftungsleitung (AbP P-2400/365/17-MPA BS / AbP P-2400/346/17-MPA BS). Durchflussquerschnitt 45 cm². Der zweilagige Kanal wurde dreiseitig an die Wand des Prüfofens montiert.

Anmerkungen zum Prüfaufbau:

Die im Bild 3 ersichtlichen Prüfkörper PM 2 sind baugleich zu PM4. PM3 ist baugleich zu PM5. PM2 und PM3 sind bei der Prüfung als geschlossenes System unabhängig vom Forschungsprojekt „offenes System-eos“ mitgeprüft worden. Diese orientierende Prüfung dient zur Erteilung einer allgemeinen Bauartgenehmigung oder allgemein bauaufsichtlichen Zulassung gemäß der zum Zeitpunkt der Prüfung aktuellen Beschlusslage des SVA „Brandschutz für Leitungsanlagen“ des DIBt. Im Vergleich der Oberflächentemperaturen zwischen den geschlossenen Systemen (PM2, PM3) und den "offenen Systemen-eos (PM4, PM5) sind diese im letzteren Fall wesentlich geringer.

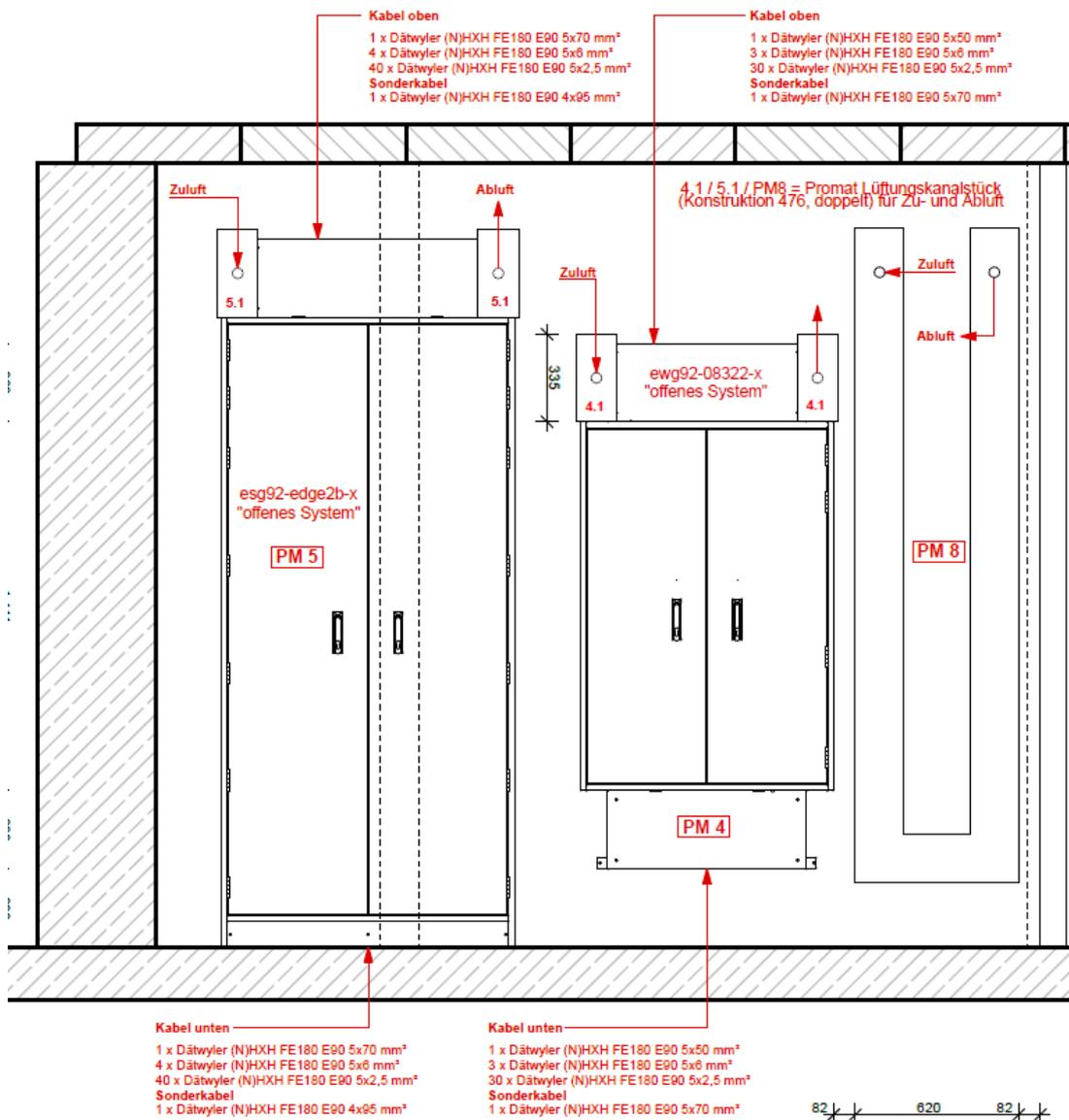


Bild 4: Frontalansicht des Prüfaufbaus (Auszug aus dem o. g. Prüfbericht)



Bild 5: Brandschutzgehäuse (PM2) mit Zu- und Abluftöffnung (Standardanwendungsfall) als geschlossenes System geprüft (Lüftungsöffnungen im Brandfall geschlossen)



Bild 6: Brandschutzgehäuse (PM 4) mit aufgesetztem Standardbausatz für das Lüftungskanalstück L90/E190. Geprüft als „offenes System-eos“ (Lüftungsöffnungen im Brandfall offen)



Bild 7: Kernlochbohrung durch die feuerbeständige Wand als Zu- und Abluftöffnung



Bild 8: Prüfkörper PM 4, PM 5 und PM 8 im Brandprüfofen



Bild 9: L90/EI90 Lüftungskanal (geöffnet)



Bild 10: Prüfkörper PM 4 und L90/EI90 Lüftungskanal

Die Brandschutzgehäuse (PM 4 und PM 5) sowie der separate Lüftungskanal (PM 8) waren jeweils an einen außerhalb des Brandraums aufgestellten Lüfter angeschlossen (siehe Bild 12 und Bild 13).

Die Belüftung der Brandschutzgehäuse ist mittels Radialgebläse vom Typ „OBR 200 M2 K der Firma AKPA LTD (Motor 220 V – 370 W, Volumenstromleistung 1.800 m³/h) erfolgt. Die Luftvolumenstromleistung konnte während der Prüfung manuell geregelt werden.

Hinweis:

Diese Zuluftventilatoren wurden für den Versuchsaufbau als exemplarisches Muster gewählt. Die Auswahl eines geeigneten Lüfters erfolgt projektspezifisch im Rahmen der Fachplanung unter Beachtung des erforderlichen Volumenstroms gemäß Auslegung der Planung (siehe Kapitel 5.4).

Durch die aufgesetzten Kanalstücke am Prüfkörper PM 4 und PM 5 wurde die kühlende Außenluft anschließend über den Zuluftkanal des Brandschutzgehäuses mit einer bodennahen Öffnung im Gehäuse in das Gehäuseinnere geleitet.

Der Brandschutz-Lüftungskanal L90/EI90 (PM 8) mit einer Länge von 5 m wurde zur Simulation des Wärmeeintrags bei Verwendung als Zuluftkanal im Brandraum mit geprüft. Dieser Kanal ist dafür gedacht, wenn die Zu- und Abluftöffnung nicht direkt am Standort des Brandschutzgehäuses durch die feuerbeständige Wand erfolgen kann.

Bezüglich des zusätzlichen Wärmeeintrags über den Lüftungskanal muss jedoch nur die Zuluftseite berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung des Wärmeeintrags erfolgt in der Formel gemäß Kapitel 5.4.

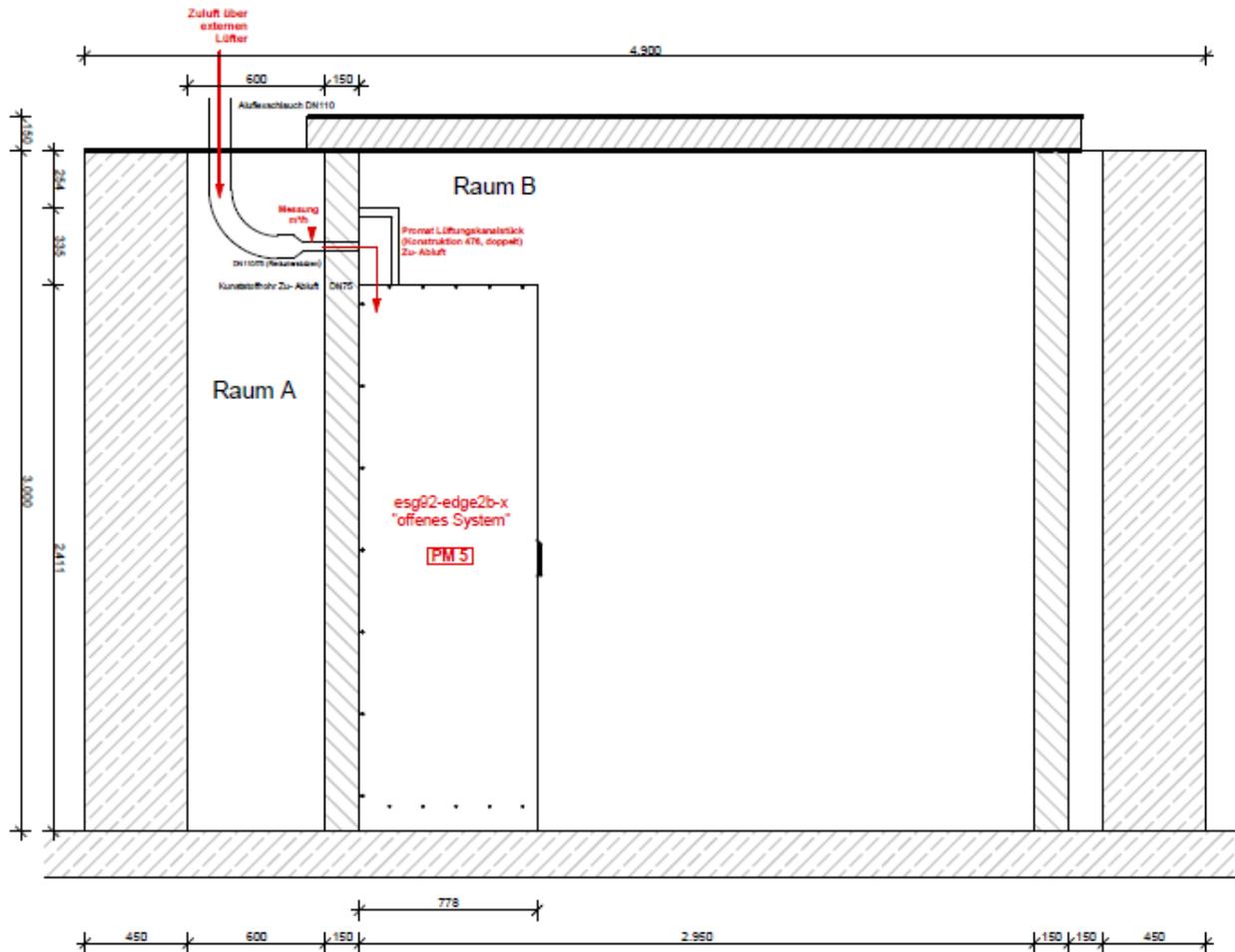


Bild 11: Darstellung der brandschutztechnischen Trennung durch eine feuerbeständige Wand gemäß Versuchsaufbau.



Bild 12: Anschlussleitungen zur Durchlüftung der Prüfkörper PM 4, PM 5 und PM 8
Innerhalb des Gehäuses wurden an mehreren Positionen Temperaturmessstellen angeordnet und eine mittige Messtelle für die Luftfeuchtigkeit.



Bild 13: Radialgebläse zur Durchlüftung der Prüfkörper PM 4, PM 5 und PM 8
Innerhalb des Gehäuses wurden an mehreren Positionen Temperaturmessstellen angeordnet und eine mittige Messtelle für die Luftfeuchtigkeit.

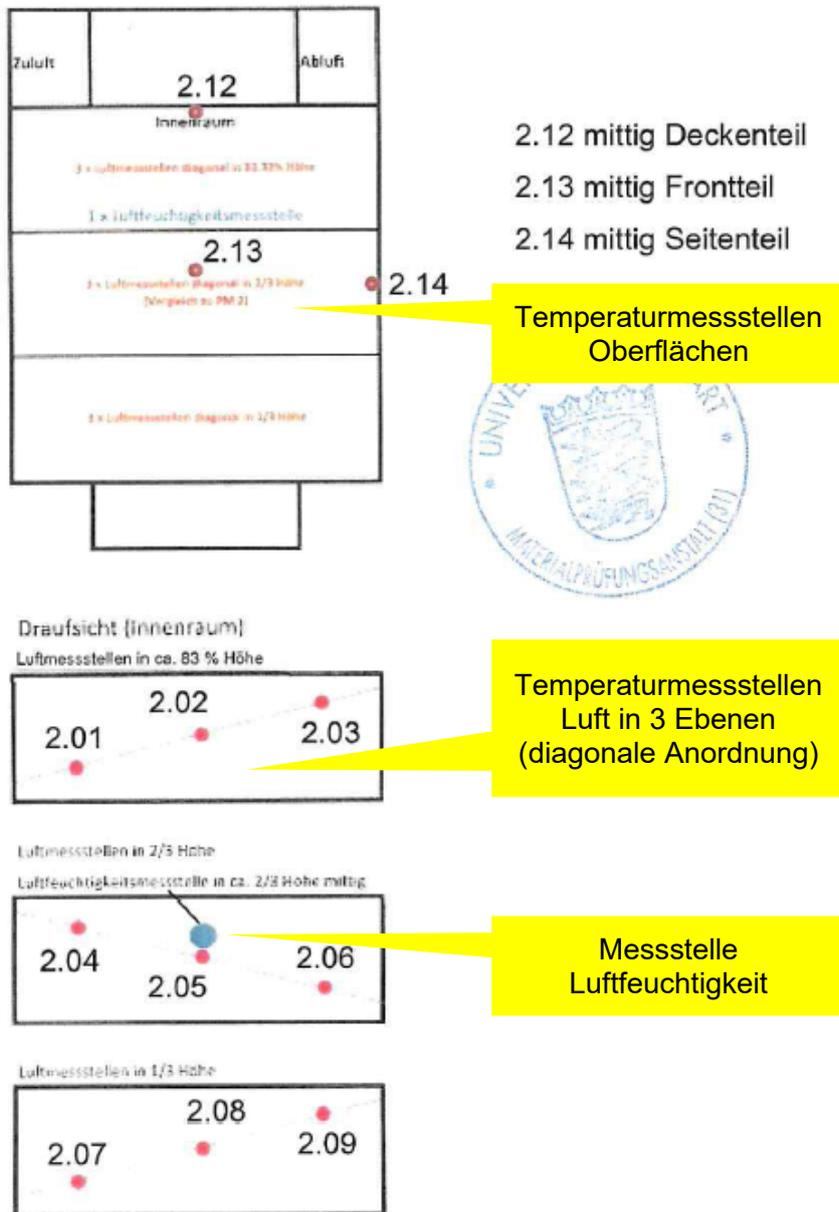


Bild 14: Messstellenanordnung Prüfkörper PM 4 (Auszug aus dem Prüfbericht)

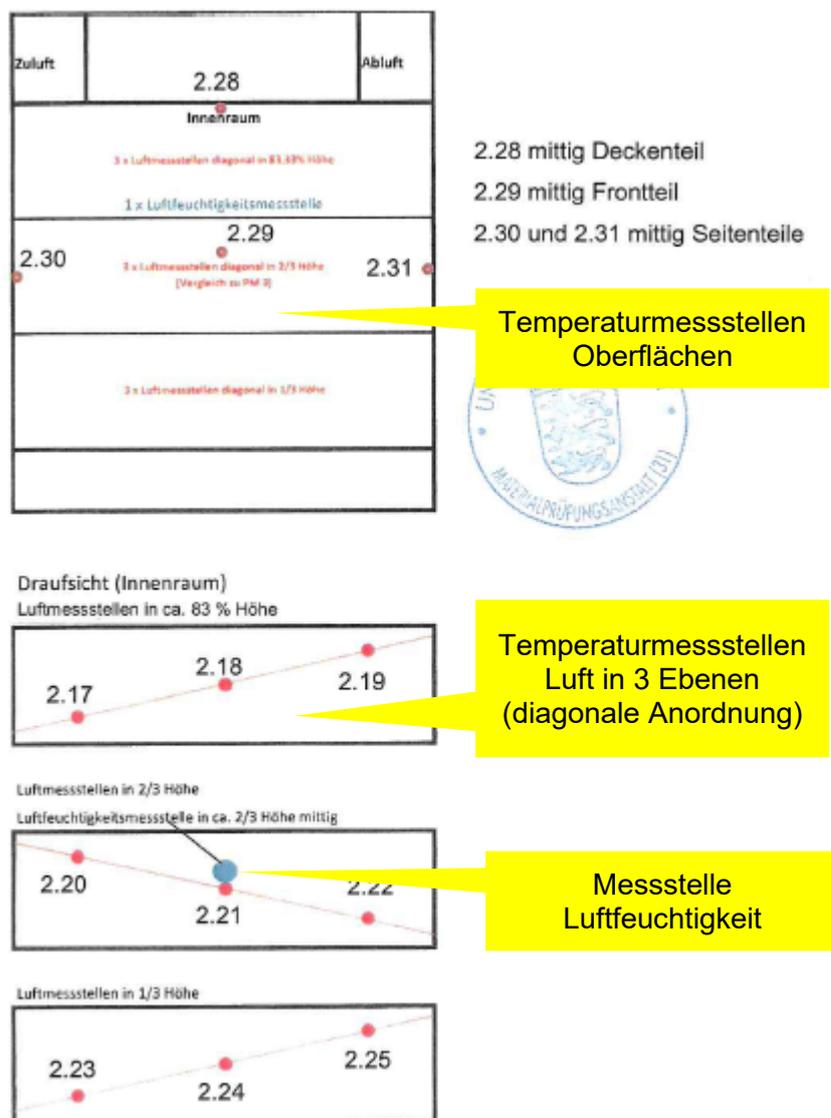


Bild 15: Messtellenanordnung Prüfkörper PM 5 (Auszug aus dem Prüfbericht)

Hinweis:

Die Messstellen am Prüfkörper PM8 waren unmittelbar am Ausgang des Lüftungskanals (5 m lang) angeordnet. Die Ergebnisse sind in der Formel Kapitel 5.4 berücksichtigt.

5.3 Prüfergebnisse der spezifischen Nachweisführung

Zielstellung des Brandversuchs war es, je nach Gehäusety, den notwendigen Luftvolumenstrom zu ermitteln damit am Ende der Brandbeanspruchung an der schlechtesten Luftmessstelle eine max. Temperatur von 50°C nicht überschritten wird ($\vartheta_{max} \leq 50^\circ\text{C}$).

Die Luftfeuchtigkeit soll dabei unter 80% gehalten werden ($\varphi_{max} \leq 80\%$).



Diese Werte wurden als Basis angenommen, da eine Vielzahl elektrischer Komponenten unter diesen Umgebungsbedingungen noch zuverlässig funktionieren.

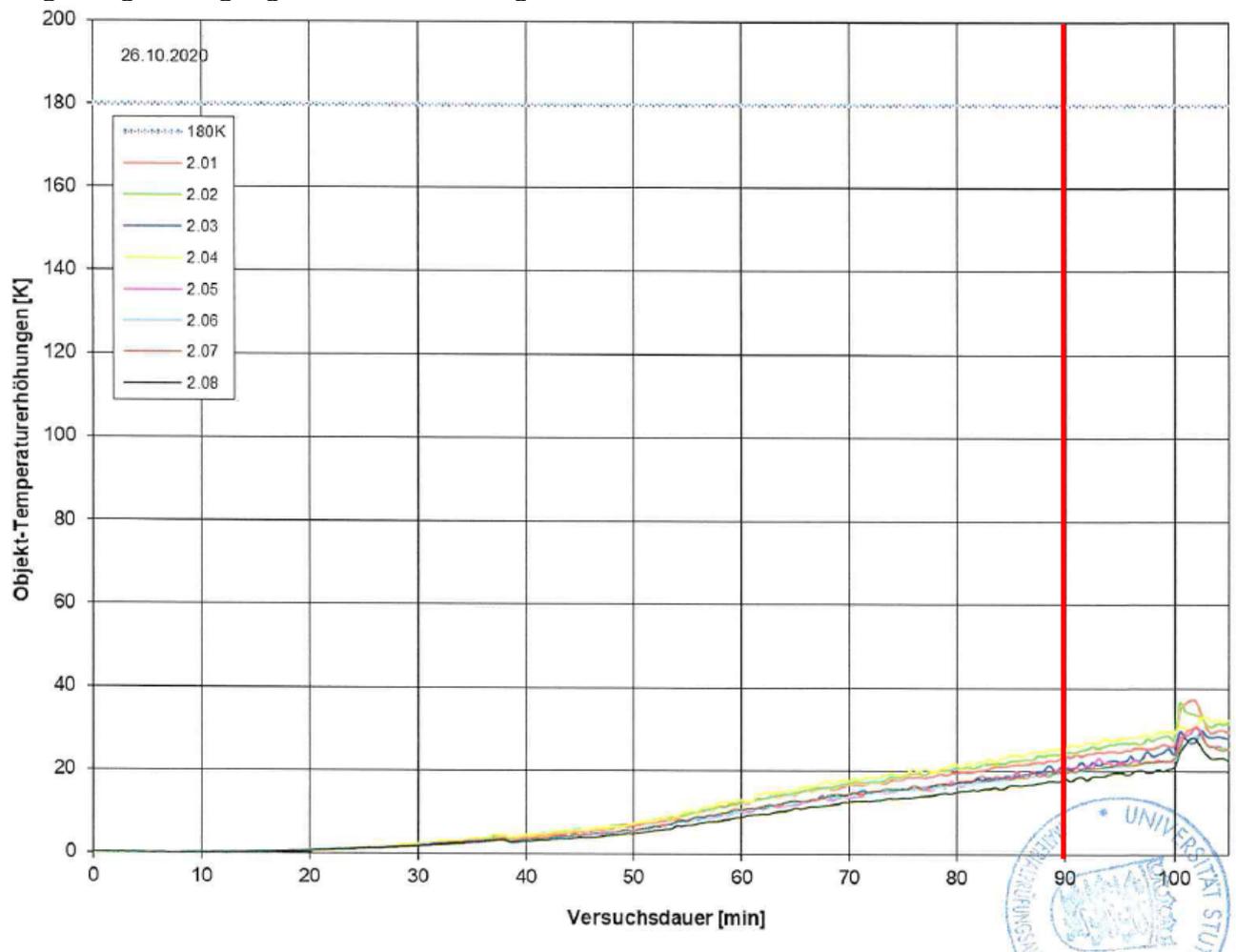


Bild 16: Temperaturerhöhung PM 4 (Messpunkte 2.01 bis 2.08 - Auszug aus dem Prüfbericht)

Zusammenfassung der Prüfergebnisse nach 90 Minuten Beflammungsdauer (Wandgehäuse Typ edgecase90, Raumvolumen 0,2 m³)

ϑ_{Start}	14,5 °C Temperatur Versuchsbeginn
φ_{Start}	58,5 % Luftfeuchtigkeit Versuchsbeginn
V_{Bmax}	91 m ³ /h Luftvolumenstrom Zulufteingang
ΔT_{Lmax}	25 K Temperaturerhöhung Luftmessstellen (Höchstwert)
ΔT_{Omax}	32 K Temperaturerhöhung Objektmessstelle (Höchstwert)
ϑ_{Lmax}	39,5 °C Temperatur (max.) Luftmessstelle (Höchstwert)
ϑ_{Omax}	46,5 °C Temperatur (max.) Objektmessstelle (Höchstwert)
φ_{max}	34,6 % Luftfeuchtigkeit nach 90 Min. Brandversuch

[K] = Kelvin

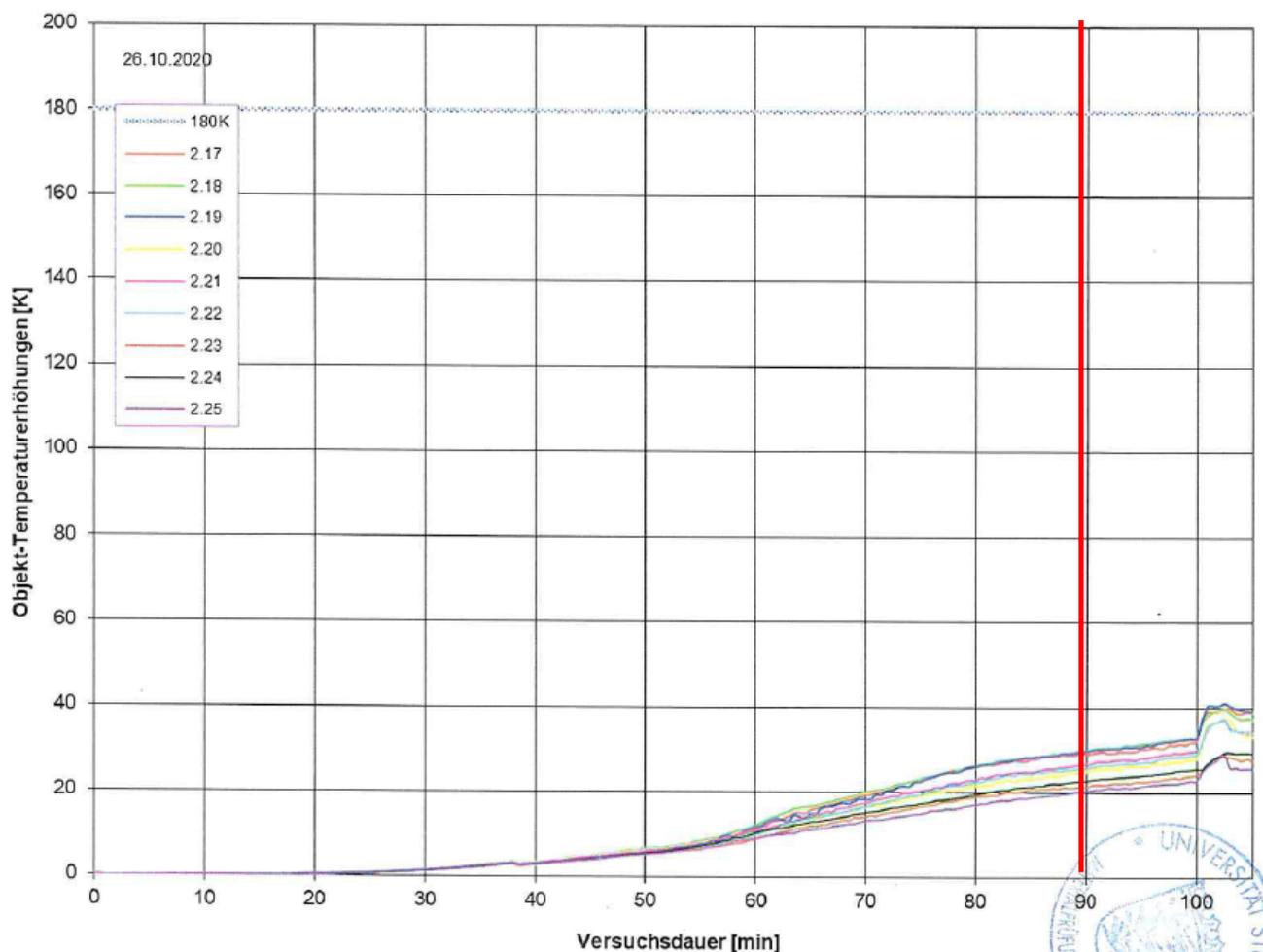


Bild 17: Temperaturerhöhung PM 5 (Messpunkte 2.17 bis 2.25 - Auszug aus dem Prüfbericht)

Zusammenfassung der Prüfergebnisse nach 90 Minuten Beflammungsdauer (Standgehäuse Typ edgecase90, Raumvolumen 1,24 m³)

ϑ_{Start}	14,5 °C Temperatur Versuchsbeginn
φ_{Start}	60,1 % Luftfeuchtigkeit Versuchsbeginn
V_{Bmax}	70 m ³ /h Luftvolumenstrom Zulufteingang (Konstant)
ΔT_{Lmax}	30 K Temperaturerhöhung Luftmessstelle (Höchstwert)
ΔT_{Omax}	51 K Temperaturerhöhung Objektmessstelle (Höchstwert)
ϑ_{Lmax}	44,5 °C Temperatur (max.) Luftmessstelle (Höchstwert)
ϑ_{Omax}	65,5 °C Temperatur (max.) Objektmessstelle (Höchstwert)
φ_{max}	79 % Luftfeuchtigkeit nach 90 Min. Brandversuch

[K] = Kelvin

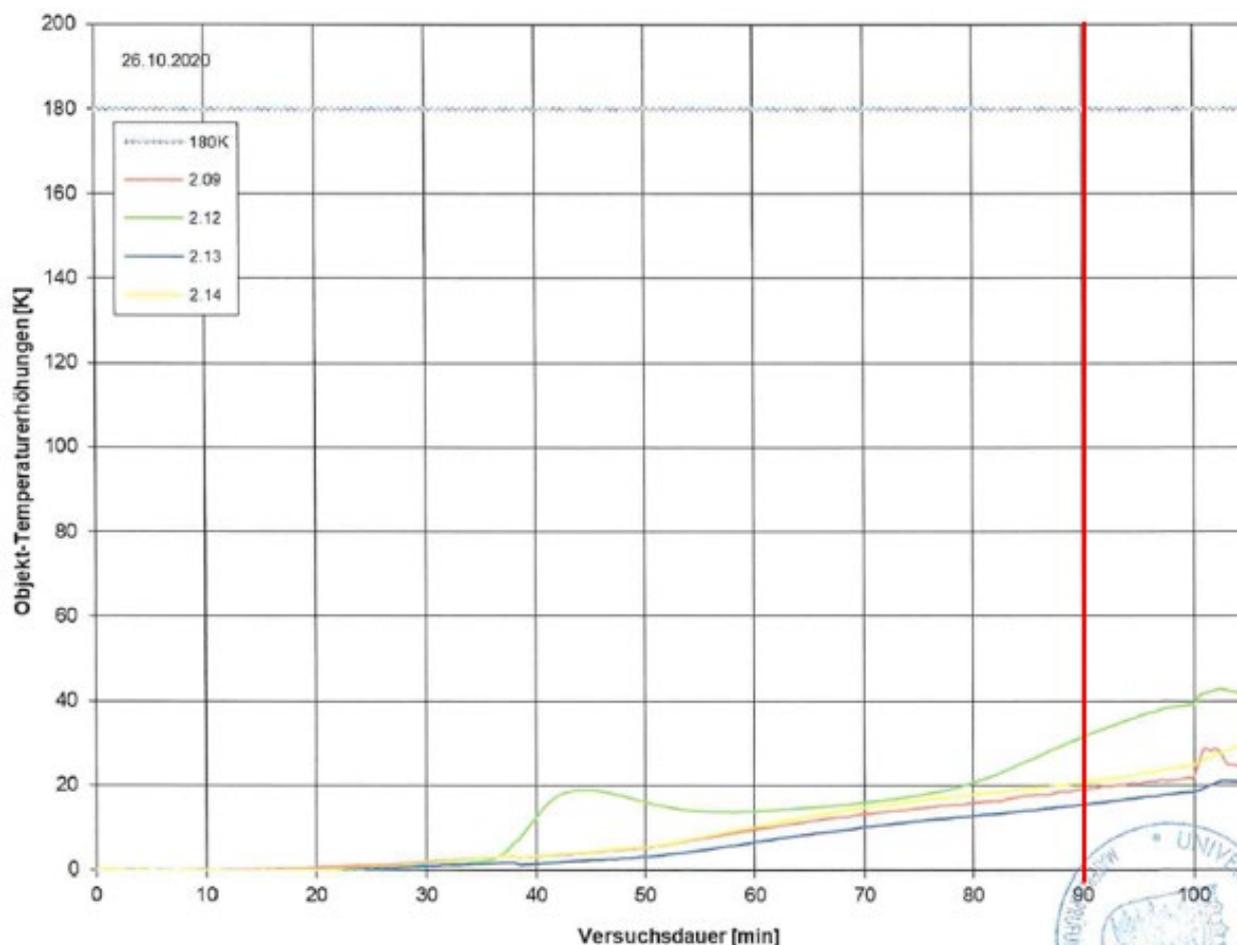


Bild 18: Temperaturerhöhung PM 8 (Lüftungskanal L90/EI90 Prüfkörper 2.09, 2.13, 2.14 - Auszug aus dem Prüfbericht)

ϑ_{Start}	14,5 °C Temperatur Versuchsbeginn
φ_{Start}	68,4 % Luftfeuchtigkeit Versuchsbeginn
$V_{B_{\text{max}}}$	145 m ³ /h Luftvolumenstrom Zulufteingang (Konstant)
$\Delta T_{L_{\text{max}}}$	19 K Temperaturerhöhung Luftmessstelle (Höchstwert)
$\vartheta_{L_{\text{max}}}$	33,5 °C Temperatur (max.) Luftmessstelle (Höchstwert)
φ_{max}	70,4 % Luftfeuchtigkeit nach 90 Min. Brandversuch

[K] = Kelvin

Bewertung der Ergebnisse

- Aus den Prüfergebnissen lässt sich ableiten, dass die aktive Belüftung des Brandschutzgehäuses deutlich zu einer Reduzierung der Innentemperaturen bei einer Brandbeanspruchung von 90 Minuten beiträgt. Die Luftfeuchtigkeit wird auf einem unkritischen Wert gehalten.
- Die Luft- und die Oberflächentemperaturen innerhalb des Gehäuses lagen im Mittel unterhalb der oben aufgeführten Maximalwerte. Der ungünstigste Messpunkt lag im Bereich der Türen.
- Das unter Punkt 5.4 aufgeführte Rechenverfahren zur Ermittlung des benötigten Luftvolumenstroms basiert auf Grundlage der höchsten während des Brandversuchs ermittelten Temperaturdifferenz. Hieraus ergibt sich eine ausreichende Sicherheitsreserve.
- Eine Erhöhung des Luftvolumenstroms hat unmittelbare Auswirkungen auf den Temperaturverlauf und die Luftfeuchtigkeit.
- Hierdurch ist es möglich den Luftvolumenstrom so zu regeln bzw. anzupassen, dass die maximal zulässigen Betriebstemperaturen der elektrotechnischen Einbauten, während der Dauer des Funktionserhalts nicht überschritten werden.

Hinweis:

Die Messstellen am Prüfkörper PM8 waren unmittelbar am Ausgang des Lüftungskanals (5 m lang) angeordnet. Die Ergebnisse sind in der Formel Kapitel 5.4 berücksichtigt.



5.4 Ermittlung des erforderlichen Luftvolumenstroms

Damit die elektrotechnischen Einbauten über die Dauer des Funktionserhalts von mind. 90 Minuten nicht vorzeitig ausfallen, sind die nach Herstellerangaben, maximal zulässigen Betriebstemperaturen und die maximal zulässige Luftfeuchtigkeit einzuhalten.

Auf Basis des durchgeführten Brandversuchs besteht die Möglichkeit mittels dem folgenden **thermischen Berechnungsverfahren** den erforderlichen Luftvolumenstrom zu ermitteln, um die Innentemperaturen des Brandschutzgehäuse den maximal zulässigen Betriebstemperaturen anzupassen.

Grundlagen für das Berechnungsverfahren Technische Be- und Entlüftung für den Brandfall

Allgemeine Ausgangsdaten bei Brandbeanspruchung 90 Minuten (Grundlagen als Ergebnisse aus dem Prüfbericht der MPA) ohne elektrische Einbauten

(BSG = Brandschutzgehäuse)

V_{bmax} ≥ 91 m³/h ΔTL _{max} = 30 K	Mindestvolumenstrom für BSG 0,2 bis 1,24 m³ bei einer maximal tolerierbaren Lufttemperaturerhöhung im Innenraum des BSG (Messwerte aus Brandversuch nach 90 Minuten Brandbeanspruchung von außen, auf Grundlage der ETK)
V_{bmax} ≥ 145 m³/h ΔTL _{max} = 19K + 30 K)	Mindestvolumenstrom für BSG 0,2 bis 1,24 m³ + Lüftungskanal L90/EI90 bis 5 m Länge (siehe PM8) im gleichen Brandraum wie das BSG bei einer maximal tolerierbaren Lufttemperaturerhöhung im Innenraum des BSG (Messwerte aus Brandversuch nach 90 Minuten Brandbeanspruchung von außen, auf Grundlage der ETK)
φ_{max} ≤ 80 %	Maximal tolerierbare Luftfeuchtigkeit für BSG 0,2 bis 1,24 m³ ohne elektrische Einbauten. (Messwerte aus Brandversuch nach 90 Minuten Brandbeanspruchung von außen, auf Grundlage der ETK)

Hinweise:

- Die oben aufgeführten Werte beschreiben den ungünstigsten Fall für die gesamte Bandbreite Raumvolumen BSG (0,2 - 1,24 m³) in zweiflügeliger Ausführung. Für eine 1-flügelige Ausführung sind diese Werte ebenso anwendbar.
- Für die Beurteilung der Temperaturbedingungen innerhalb des Gehäuses werden in erster Linie die Ergebnisse der Luftmessstellen herangezogen. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass die elektrotechnischen Einbauten in der Regel auf der Rückwand des Gehäuse montiert sind und hier aufgrund der Anordnung an einer feuerbeständigen Wand der geringste Temperatureintrag zu erwarten ist.



Berechnung des erforderlichen Luftvolumenstromes mit elektrischen Einbauten

P_{vmax} [W]	Verlustleistung der elektrischen Einbauten. Die Ermittlung erfolgt durch den Fachplaner anhand der im Innenraum des BSG eingebauten rechnerischen Verlustleistung der aktiven Einheiten (Wert für die folgende Beispielberechnung, z. B. 100 W)
ΔT_n [K] = ϑ_{BSG} [°C] – ϑ_{Zu} [°C]	Empfohlene Temperaturerhöhung aus der Differenz zwischen Temperatur im Innenraum des BSG und der Temperatur im Zulufräum (Normalbetrieb) (Wert für die folgende Beispielberechnung Normalbetrieb, z. B. 5 K)
f [m ³ /K/Wh]	Ausgleichsfaktor zur Höhenlage über NN = Luftdichte (Wert für die folgende Beispielberechnung z. B. 3,3 bei 250-500 m über NN) Ausgleichsfaktoren in Abhängigkeit von der Höhenlage des Projektes: $f = 3,1 \text{ m}^3 \text{ K/Wh}$ bei $h = (0 \text{ bis } 100 \text{ m über NN})$ $f = 3,2 \text{ m}^3 \text{ K/Wh}$ bei $h = (100 \text{ bis } 250 \text{ m über NN})$ $f = 3,3 \text{ m}^3 \text{ K/Wh}$ bei $h = (250 \text{ bis } 500 \text{ m über NN})$ $f = 3,4 \text{ m}^3 \text{ K/Wh}$ bei $h = (500 \text{ bis } 750 \text{ m über NN})$ $f = 3,5 \text{ m}^3 \text{ K/Wh}$ bei $h = (750 \text{ bis } 1000 \text{ m über NN})$ f = Ausgleichsfaktor der Luftdichte [m ³ K/Wh] h = Höhe über Meeresniveau [m] Quelle: Rittal – Technisches Systemhandbuch Luftkühlung

Hinweise:

- Die Summe der elektrischen Verlustleistung für die elektrischen Einbauten ist durch den Elektrofachplaner zu ermitteln.
- Die maximal zulässige Temperaturdifferenz ist durch den Elektrofachplaner zu ermitteln.
- Je nach Höhenlage des Objekts ist der entsprechende Ausgleichsfaktor anzuwenden.



Berechnungsformeln

$V_n \text{ [m}^3/\text{h]} = P_{v_{\max}} \text{ [W]} / \Delta T_n \text{ [K]} \times f \text{ [m}^3/\text{K/Wh]}$	Erforderlicher Luftvolumenstrom zum Abführen der elektrischen Verlustleistung
$V_g = V_{b_{\max}} + V_n$	Erforderlicher Luftvolumenstrom zum Abführen der elektrischen Verlustleistung und der maximalen Zusatzerwärmung im Brandfall (Messwert Brandversuch)
$\Delta T_g = \Delta T_n + \Delta T_{L_{\max}}$	Maximale Temperaturerhöhung im Innenraum des BSG = Temperaturerhöhung im Normalbetrieb + maximale Temperaturerhöhung im Brandfall (Messwert Brandversuch)

Beispielrechnung der Ventilatorleistung mit den o. g. Beispieldaten

$V_n = 100 / 5 \times 3,3 = 66 \text{ m}^3/\text{h}$	Ohne Berücksichtigung von Druckverlusten der Zuluftleitung außerhalb des BSG > (angenommene Verlustleistung der Einbauten 100 W)
$V_g = 91 \text{ m}^3/\text{h} + 66 \text{ m}^3/\text{h} = 157 \text{ m}^3/\text{h}$	Erforderlicher Luftvolumenstrom zur Wärmeabfuhr für BSG 0,2 bis 1,24 m ³ bei einer maximal tolerierbaren Lufttemperaturerhöhung im BSG
$V_g = 145 \text{ m}^3/\text{h} + 66 \text{ m}^3/\text{h} = 211 \text{ m}^3/\text{h}$	Erforderlicher Luftvolumenstrom zur Wärmeabfuhr für BSG 0,2 bis 1,24 m ³ + Lüftungskanal L90/EI90 bis 5 m Länge (siehe PM8) im gleichen Brandraum wie das BSG bei einer maximal tolerierbaren Lufttemperaturerhöhung im BSG
$\Delta T_g = \Delta T_n + \Delta T_{L_{\max}}$ $= 5K + 30K = 35K$	Maximale Temperaturerhöhung im Innenraum des BSG 0,2 bis 1,24 m ³ bei einer maximal tolerierbaren Lufttemperaturerhöhung im BSG
$\Delta T_g = \Delta T_n + \Delta T_{L_{\max}}$ $= 5K + 19K + 30K = 54K$	Maximale Temperaturerhöhung im Innenraum des BSG 0,2 bis 1,24 m ³ + Lüftungskanal L90/EI90 bis 5 m Länge (siehe PM8) im gleichen Brandraum wie das BSG bei einer maximal tolerierbaren Lufttemperaturerhöhung im BSG



6. Grundlagen der Planung und Ausführung

Im Folgenden werden wesentliche Punkte beschrieben, die bei der Planung und Montage der Brandschutzgehäuse „offenes System“ mit aktiver mechanischer Belüftung im Brandfall zu beachten sind.

Die aufgeführten Lüftungsbeispiele sind als Handlungsempfehlung zu verstehen.

Weitere Details sind den Herstellerangaben und der Montageanleitung der Firma fireedge GmbH zu entnehmen.

6.1 Aufstellung Gehäuse

Die Festlegung, ob Bestandteile der sicherheitstechnischen Anlagen (Verteiler im Sinne der MLAR), durch ein solches Brandschutzgehäuse (BSG) geschützt werden müssen, erfolgt durch den Fachplaner der jeweiligen Anlage.

Folgende Punkte sind bei der Aufstellung und Montage zu berücksichtigen:

- Die Montage und Ausführung des Brandschutzgehäuses (BSG) muss den Vorgaben der allgemein bauaufsichtlichen Zulassung / allgemeinen Bauartgenehmigung entsprechen. Dies gilt insbesondere für die Befestigung an einer mind. feuerbeständigen Wand.
- Oberhalb des Brandschutzgehäuses (BSG) dürfen sich keine andere Anlagen oder Einrichtungen befinden, die im Brandfall auf den Verteiler fallen und diesen vor Ablauf der Funktionserhaltungsdauer beschädigen können. Ggf. sind für vorhandenen Installationen entsprechende Trümmerschutzmaßnahmen vorzusehen (z. B. zusätzliche brandschutztechnisch ausgelegte Befestigungen bei Rohrleitungen oder Lüftungskanälen)
- Wenn der Verteiler im Wirkungsbereich einer Sprinkleranlage angeordnet wird, sind im Brandfall entsprechende Schutzmaßnahmen gegen eindringendes Sprühwasser zu treffen. Dies gilt insbesondere im Bereich der Leitungseinführungen von oben. Entsprechend dem VDE Prüfbericht haben die geschlossenen Gehäuse und dem verwendeten Lüftungskanal, mit im Brandraum verschlossenen Lüftungsöffnungen, eine Schutzklasse von IP 54.



6.2 Ergänzende Anforderungen zur Bewertung des Funktionserhaltes gemäß den beispielhaften Varianten der Bilder 19 bis 21

Da das Brandschutzgehäuse (BSG) im Brandfall aktiv belüftet werden kann, muss auch der Zuluftventilator und dessen Aufstellort im Rahmen der Fachplanung berücksichtigt werden. Das Prinzip des „offenen Systems“ sieht vor, dass der Zuluftventilator brandschutztechnisch getrennt (feuerbeständige Trennung durch Wände bzw. Decken bei Funktionserhalt 90 Minuten) vom Brandschutzgehäuse (BSG) aufgestellt wird.

Im erweiterten Sinn ist der Zuluftventilator und dessen Steuerung / Stromversorgung Bestandteil der elektrischen Leitungsanlage des Gesamtsystems. Der Funktionserhalt für den Lüfter wird entsprechend dem Schutzziel Abschnitt 5.1.1 MLAR durch bauliche Trennung erzielt (siehe hierzu auch Punkt 3 dieser Stellungnahme). Der Lüfter für das Brandschutzgehäuse befindet sich z. B. im benachbarten Brandabschnitt oder einer feuerbeständig abgetrennten Nutzungseinheit und wird somit durch bauliche Trennung vor Brandeinwirkung geschützt.

Im Rahmen der Fachplanung ist der Nachweis zu führen, dass der Lüfter so durch Bauteile (Wände / Decken) abgetrennt ist, dass bei einem Brand im Wirkungsbereich der sicherheitstechnischen Anlage, die Funktion des Lüfters für die Dauer des notwendigen Funktionserhalts gewährleistet ist.

Umgekehrt ist der Fall zu betrachten, dass bei einem Brand am Standort des Lüfters, die Funktion der sicherheitstechnischen Anlage nicht benötigt wird. Oder die Innentemperaturen im Brandschutzgehäuse ohne Lüfter, die maximal zulässige Betriebstemperatur der elektrischen Einbauten (aufgrund der Verlustleistung) für die Dauer des Funktionserhalts nicht überschreitet.

Bei der Fachplanung sind die unterschiedlichen Funktionsweisen der sicherheitstechnischen Anlagen unter Beachtung der zulässigen Erleichterungen zum Funktionserhalt zu berücksichtigen (siehe hierzu im Detail MLAR Abschnitt 5.3)

6.3 Brandschutzgehäuse (BSG) als „offenes System-eos“ ohne Zusatzabsicherung über eine Brandschutzklappe EI 90S

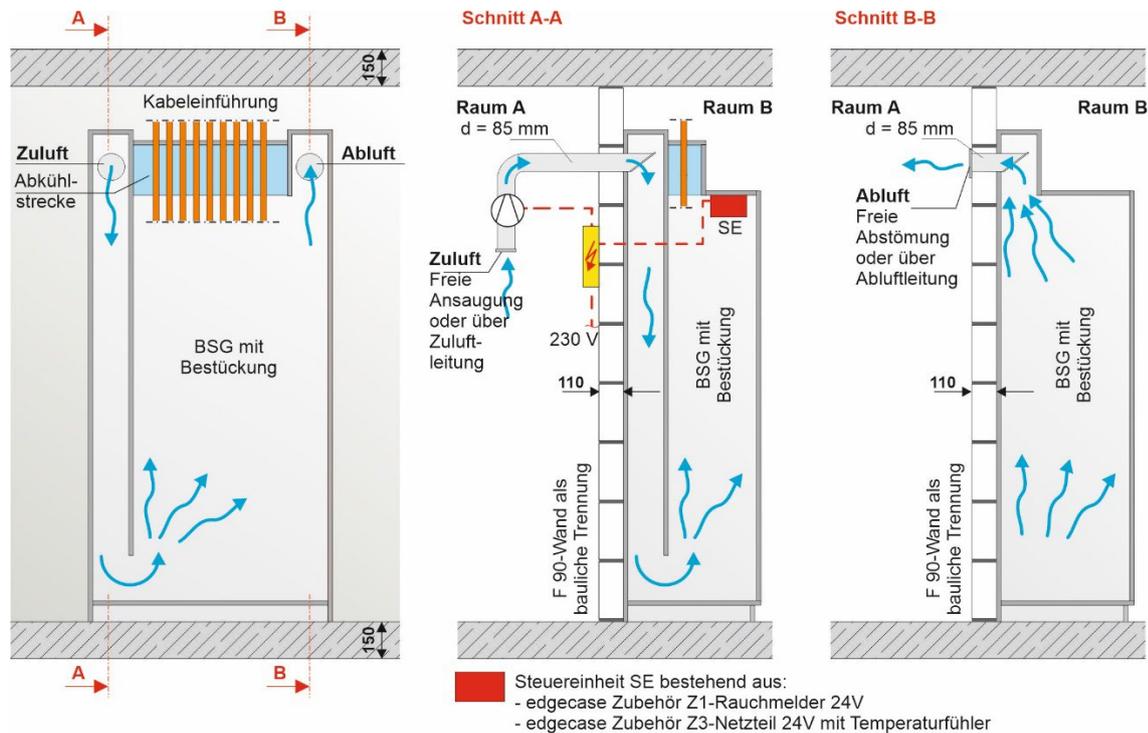


Bild 19: Beispielhafte Ausführung der maschinellen Belüftung und Abströmung des Brandschutzgehäuses in Verbindung mit einer baulichen Trennung zwischen Raum A und Raum B durch eine F90-Wand. Der Raum A wird in diesem Fall brandschutztechnisch gemeinsam mit dem Inhalt des Brandschutzgehäuses betrachtet. Die Größe der Kernlochbohrung war im Brandversuch ca. 85 mm.

Bauordnungsrechtlich wird immer nur von einem Brandereignis innerhalb eines Brandabschnittes ausgegangen. Die Brandausbreitung innerhalb des Brandabschnittes kann durch Trennwände und Decken mit entsprechender Feuerwiderstandsdauer zusätzlich begrenzt werden.

Funktionsbeschreibung zur Ausführung Variante Bild 19:

- Der Zuluftventilator wird entsprechend dem ermittelten **Volumenstrom V_g [m^3/h]** für den Brandfall im Aufstellraum des Brandschutzgehäuses (Raum B) ausgelegt. Die Ansteuerung des Zuluftventilators erfolgt über die Steuereinheit (SE) im Kopf des Brandschutzgehäuses (BSG).
- Die Steuereinheit SE (Z1 = Zubehör Rauchmelder 24V + Z3 = Netzteil mit Temperaturfühler 24V) des Zuluftventilators wird so eingestellt, dass dieser bei Überschreitung der maximal zulässigen Betriebstemperatur der elektrotechnischen Einbauten, anläuft und bei Erreichen einer unkritischen Temperatur wieder abschaltet. Die Steuerung des Zuluftventilators erfolgt entsprechend der projektierten Ein- und Ausschaltswelle. Dadurch wird gewährleistet, dass die maximale Betriebstemperatur für die elektrischen Einbauten im Brandschutzgehäuse (BSG) bei Normalbetrieb und im Brandfall nicht überschritten wird. Der Rauchmelder im Gehäuse schaltet bereits bei einer durch Brand entstehenden Rauchentwicklung im Raum A den Ventilator frühzeitig ab.

6.4 Brandschutzgehäuse (BSG) als „offenes System-eos“ mit Zusatzabsicherung über eine Brandschutzklappe EI 90S

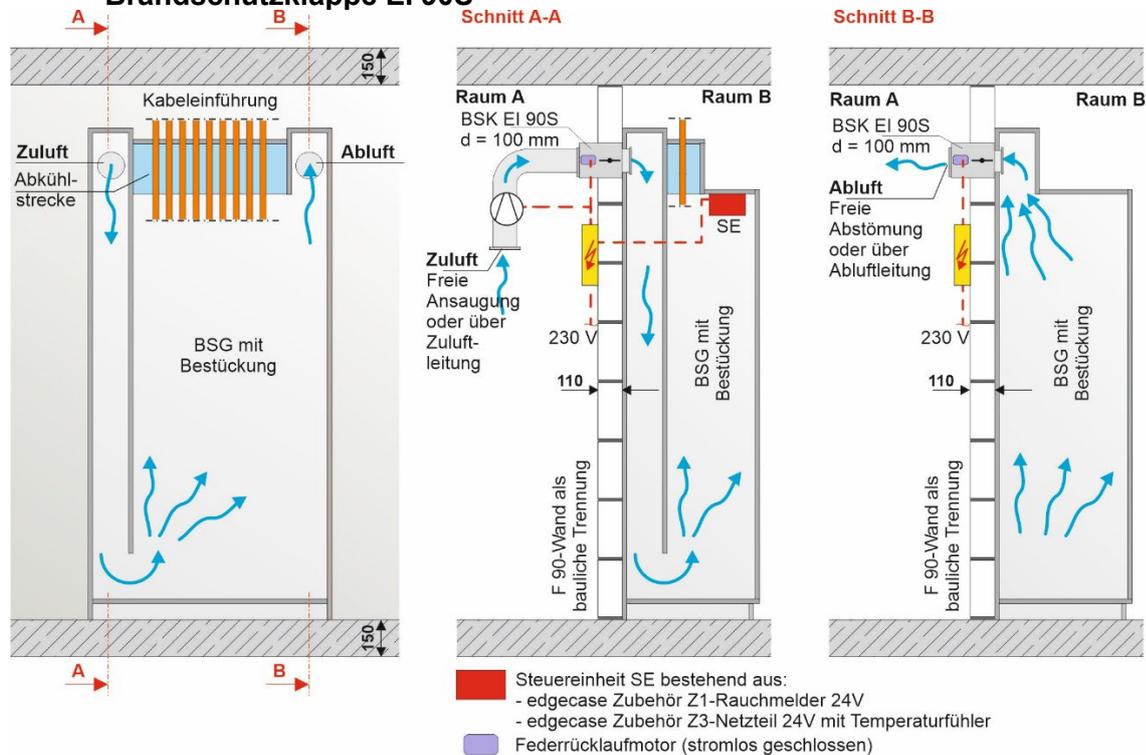


Bild 20: Beispielhafte Ausführung der maschinellen Belüftung und Abströmung des Brandschutzgehäuses in Verbindung mit einer baulichen Trennung zwischen Raum A und Raum B durch eine F90-Wand und integrierten Brandschutzklappen EI 90S, d = 100 mm, mit angebaubtem Federrücklaufmotor (stromlos geschlossen). Die Größe der Kernlochbohrung muss der Größe der Brandschutzklappe inkl. dem erforderlichen Restspalt zur Vermörtelung angepasst werden.

Bauordnungsrechtlich wird immer nur von einem Brandereignis innerhalb eines Brandabschnittes ausgegangen. Die Brandausbreitung innerhalb des Brandabschnittes kann durch Trennwände und Decken mit entsprechender Feuerwiderstandsdauer und Raumabschluss durch die eingebauten Brandschutzklappen sichergestellt werden.

Funktionsbeschreibung zur Ausführung Variante Bild 20:

- Der Zuluftventilator wird entsprechend dem ermittelten **Volumenstrom V_g [m^3/h]** für den Brandfall im Aufstellraum des Brandschutzgehäuses (Raum B) ausgelegt. Die Ansteuerung des Zuluftventilators erfolgt über den Temperaturfühler (TF) im Kopf des Brandschutzgehäuses (BSG).
- Die Steuereinheit SE (Z1 = Zubehör Rauchmelder 24V + Z3 = Netzteil mit Temperaturfühler 24V) des Zuluftventilators wird so eingestellt, dass dieser bei Überschreitung der maximal zulässigen Betriebstemperatur der elektrotechnischen Einbauten anläuft und bei Erreichen einer unkritischen Temperatur wieder abschaltet. Die Steuerung des Zuluftventilators erfolgt entsprechend der projektierten Ein- und Ausschaltsschwelle. Dadurch wird gewährleistet, dass die maximale Betriebstemperatur für die elektrischen Einbauten im Brandschutzgehäuse (BSG) bei Normalbetrieb und im Brandfall nicht überschritten wird. Der Rauchmelder im Gehäuse schaltet

bereits bei einer durch Brand entstehenden Rauchentwicklung im Raum A den Ventilator frühzeitig ab und lässt die Brandschutzklappen (Zu- und Abluft), über die Federrücklaufmotoren (stromlos geschlossen) zufahren. Dies stellt sicher, dass bei einem Brand im Raum A, keine Rauchgase oder heiße Brandgase in das Brandschutzgehäuse (BSG) gelangen können. Die Steuerungen des Brandschutzgehäuses werden vor überhöhten Temperaturen eines Brandes im Raum A weitgehend geschützt. Hierbei ist das Schutzziel entsprechend Beschreibung unter Punkt 6.2 zu berücksichtigen.

6.5 Brandschutzgehäuse (BSG) als „offenes System-eos“ bei einem Zu- und Abluftanschluss mit zwischengeschalteten L90-Lüftungsleitungen

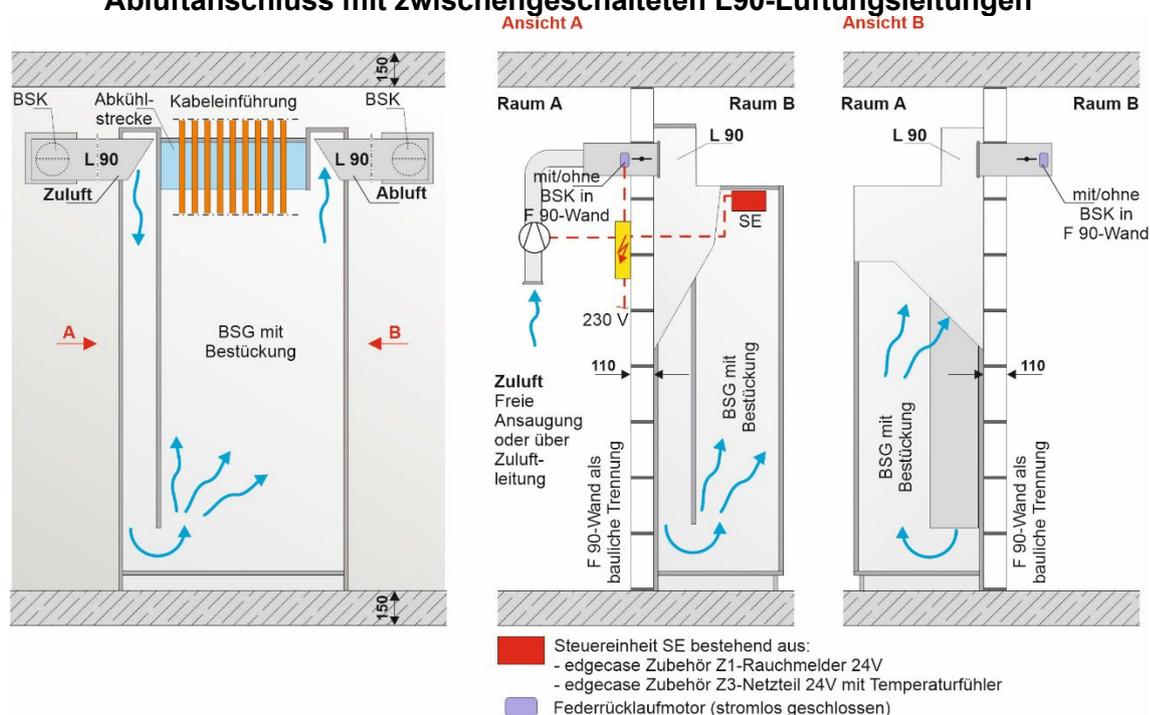


Bild 21: Beispielhafte Ausführung der maschinellen Belüftung und Abströmung des Brandschutzgehäuses in Verbindung mit einer baulichen Trennung zwischen Raum A und Raum B durch eine F90-Wand, bei einem Zu- und Abluftanschluss mit zwischengeschalteten L90-Lüftungsleitungen und integrierten Brandschutzklappen EI 90S, d = 100 mm, mit angebaubtem Federrücklaufmotor (stromlos geschlossen). Die Größe der Kernlochbohrung muss der Größe der Brandschutzklappe inkl. dem erforderlichen Restspalt zur Vermörtelung angepasst werden.

Funktionsbeschreibung zur Ausführung Variante Bild 21:

- Der Zuluftventilator wird entsprechend dem ermittelten **Volumenstrom V_g [m^3/h]** für den Brandfall im Aufstellraum des Brandschutzgehäuses (Raum B) ausgelegt. Die Ansteuerung des Zuluftventilators erfolgt über die Steuereinheit (SE) im Kopf des Brandschutzgehäuses (BSG).

Bei der Volumenstromberechnung sind die strömungstechnischen Einflüsse der Lüftungsleitungen zu berücksichtigen.

- Die Steuereinheit SE (Z1 = Zubehör Rauchmelder 24V + Z3 = Netzteil mit Temperaturfühler 24V) des Zuluftventilators wird so eingestellt, dass dieser bei Überschreitung der maximal zulässigen Betriebstemperatur der elektrotechnischen Einbauten anläuft und bei Erreichen einer unkritischen Temperatur wieder abschaltet. Die Steuerung des Zuluftventilators erfolgt entsprechend der projektierten Ein- und Ausschaltsschwelle. Dadurch wird gewährleistet, dass die maximale Betriebstemperatur für die elektrischen Einbauten im Brandschutzgehäuse (BSG) bei Normalbetrieb und im Brandfall nicht überschritten wird. Der Rauchmelder im Gehäuse schaltet bereits bei einer durch Brand entstehenden Rauchentwicklung im Raum A den Ventilator frühzeitig ab und lässt die Brandschutzklappen (Zu- und Abluft), über die Federrücklaufmotoren (stromlos geschlossen) zufahren. Dies stellt sicher, dass bei einem Brand im Raum A, keine Rauchgase oder heiße Brandgase in das Brandschutzgehäuse (BSG) gelangen können. Die Steuerungen des Brandschutzgehäuses werden vor überhöhten Temperaturen eines Brandes im Raum A weitgehend geschützt. Hierbei ist das Schutzziel entsprechend Beschreibung unter Punkt 6.2 zu berücksichtigen.
- Die Umsetzung kann je nach Planungsansatz mit und ohne Brandschutzklappen EI 90S erfolgen.
 - Mit Brandschutzklappen in der Zu- und Abluft, siehe Funktionsbeschreibung zu Bild 20
 - Ohne Brandschutzklappen in der Zu- und Abluft, siehe Funktionsbeschreibung zu Bild 19

6.6 Ausführung und Steuerung der Lüftung

Die Auswahl eines geeigneten Lüfters erfolgt durch den Fachplaner.

Der Zuluftventilator muss ausreichend leistungsfähig und dauerhaft betriebszuverlässig sein, eine ausreichende Feuchte-, korrosions- und temperaturbeständig, Schock- und Schwingfestigkeit aufweisen. Diese Anforderungen gelten für den Normal- und Brandfallbetrieb.

Der erforderliche Luftvolumenstrom des Zuluftventilators ergibt sich aus der Berechnung unter Punkt 5.4.

Die Raumtemperaturen am Standort des Lüfters müssen in einem Bereich liegen, dass die gewünschte Kühlfunktion gegeben ist.

Der Zuluftventilator wird generell mit dem berechneten Luftvolumenstrom **V_g [m^3/h]**, unabhängig vom Brandfallbetrieb und Nichtbrandfallbetrieb dimensioniert.

Die Stromversorgung des Lüfters muss ebenfalls die Anforderungen and den elektrischen Funktionserhalt im Brandfall erfüllen. Der Lüfter und dessen Steuerung müssen auch bei Ausfall der



allgemeinen Stromversorgung ausreichend lang mit Strom versorgt werden und funktionsfähig bleiben.

Der Anschluss kann z.B. über die Sicherheitsstromversorgungsanlage des Gebäudes oder die Stromversorgung der sicherheitstechnischen Anlage selbst erfolgen, wenn diese dafür geeignet ist. Hierzu sind die Vorgaben der DIN VDE zu beachten.

Die Steuerung des Lüfters erfolgt automatisch über ein Thermoelement (Bestandteil des Zubehörs Z3-Netzteil 24V) innerhalb des Brandschutzgehäuses. Die Einstellung hat so zu erfolgen, dass in jedem Fall vor dem Erreichen der maximal zulässigen Betriebstemperatur der elektrotechnischen Einbauten, der Lüfter eingeschaltet wird. Die Ein- und Ausschaltswelle ist im Rahmen der Fachplanung festzulegen.

Die Einhaltung der maximal zulässigen Betriebstemperaturen innerhalb des Brandschutzgehäuses gilt für den Brandfallbetrieb, sowie für den Nichtbrandfallbetrieb (Normalbetrieb) der Anlage.

Bei der Planung der elektrischen Leitungsanlagen zwischen Zuluftventilator und Brandschutzgehäuse sind ebenfalls die Anforderungen an den elektrischen Funktionserhalt im Brandfall zu berücksichtigen. Leitungsdurchführungen durch raumabschließende Bauteile mit Feuerwiderstand sind entsprechend Abschnitt 4 der MLAR zu verschließen.

Hinweis:

Die Zubehörteile Z1-Rauchmelder 24V+ das Z3-Netzteil 24V inkl. Temperaturfühler sind standardisierte Zubehörteile der Brandschutzgehäuse edgecase. Das Zubehör wird von fireedge anschlussfertig angeboten.

Die Funktionsprüfung des Zuluftventilators und der Steuerung muss im Rahmen der Inspektions- und Wartungsintervalle der sicherheitstechnischen Anlage regelmäßig geprüft und dokumentiert werden.

Eine Störung des Zuluftventilators bzw. der Steuerung muss zu einer automatischen Störmeldung führen. Die Störungsüberwachung kann optional auch über die sicherheitstechnische Anlage selbst erfolgen. Je nach Sicherheitskonzept kann es erforderlich sein die Störmeldung an eine ständig besetzte beauftragte Stelle weiterzuleiten.

6.7 Nichtbrandfall

Wie bereits unter Punkt 6.6 beschrieben, dürfen die maximal zulässigen Betriebstemperaturen der elektrotechnischen Einbauten, auch während des Normalbetriebs nicht überschritten werden. Die Steuerung des Zuluftventilators erfolgt unabhängig vom Brandfall entsprechend der projektierten Ein- und Ausschaltswelle.

Die elektrotechnischen Einbauten müssen für die dauerhafte Unterbringung innerhalb des Brandschutzgehäuses geeignet sein.



7. Nachweisverfahren und Dokumentation

Gemäß Abschnitt 5.2.2 c) MLAR ist der Nachweis des Funktionserhalts der elektrotechnischen Einbauten zu dokumentieren.

Folgende Nachweise, Dokumentationen und Bescheinigungen sind im Zusammenhang mit dem Brandschutzgehäuse mindestens erforderlich:

- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / Allgemeine Bauartgenehmigung des Brandschutzgehäuses (abZ / aBg Z-86.1-101). Übereinstimmungserklärung der bauausführenden Firma (Errichter der Anlage), die das Brandschutzgehäuse aufgestellt bzw. angebaut hat.
- Bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis der Absperrvorrichtungen (Zu- und Abluft). Übereinstimmungserklärung der bauausführenden Firma (Errichter), die die Absperrvorrichtungen eingebaut hat. Bei europäischen Verwendbarkeitsnachweisen wird die Ausstellung einer Fachunternehmererklärung empfohlen.
- Bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis der Kabelabschottungen (Bauteildurchführungen zum Zuluftventilator). Alternativ kann die Einzelkabeldurchführung auf Grundlage der MLAR, Abschnitt 4.3 „Erleichterungen“ ausgeführt werden.
- Übereinstimmungserklärung der bauausführenden Firma (Errichter), die die Absperrvorrichtungen eingebaut hat. Bei europäischen Verwendbarkeitsnachweisen wird die Ausstellung einer Fachunternehmererklärung empfohlen.
- (Optional wenn vorhanden) Allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis des L90/EI90 Lüftungskanals (AbP P-2400/365/17-MPA BS bzw. AbP P-2400/346/17-MPA BS). Übereinstimmungserklärung der bauausführenden Firma (Errichter), die den Kanal eingebaut hat).
- Übersicht der maximal zulässigen Betriebstemperaturen und der maximal zulässigen Luftfeuchtigkeit für die eingesetzten elektrotechnischen Einbauten.
- Berechnung des erforderlichen Luftvolumenstroms V_g [m³/h] für die aktive Belüftung des Brandschutzgehäuses (siehe Berechnungsformular gem. Anlage).
- Planungsunterlagen aus denen die brandschutztechnische Trennung des Lüfters und des Brandschutzgehäuses unter Beachtung der Schutzziele gemäß Abschnitt 5.1.1 der MLAR in Verbindung mit der Dauer des Funktionserhalts nach Abschnitt 5.3 MLAR hervorgeht.
- Technische Unterlagen des Zuluftventilators und der Lüftersteuerung. Nachweis der Störungsüberwachung.
- Inbetriebsetzungsprotokoll über die Funktionsprüfung der Lüftersteuerung und Störmeldung.
- Dokumentation der o. g. Funktionsprüfung im Rahmen der Inspektions- und Wartungsintervalle der sicherheitstechnischen Anlage.



- Falls projektspezifisch erforderlich, kann der Prüfbericht zur Brandprüfung Brandschutzgehäuse „offenes System-eos“ der MPA Universität Stuttgart, bei der Firma fireedge GmbH abgefragt werden

8. Zusammenfassung

Durch die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / allgemeine Bauartgenehmigung Z-86.1-101, Brandschutzgehäuse mit einer Feuerwiderstandsdauer von mind. 90 Minuten bei einer Brandbeanspruchung von außen wurde folgender An- und Verwendbarkeitsnachweis erbracht.

Punkt 1.1 „Zulassungsgegenstand und Verwendungsbereich“ der abZ/aBg

Zitat Anfang

Das jeweilige Brandschutzgehäuse ist als Bauteil mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten zur Ummantelung eines Verteilers für elektrische Leitungsanlagen nach den landesrechtlichen Vorschriften über Leitungsanlagen (Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen gemäß Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR Abschnitt 5.2.2 c) nachgewiesen.

Das Brandschutzgehäuse ist in brandschutztechnischer Hinsicht nachgewiesen. Die Funktion der elektrischen Einbauten des vorgenannten Verteilers im Brandfall ist im Rahmen dieses Bescheids nicht nachgewiesen.

Zitat Ende

Der Nachweis für die Funktion der elektrotechnischen Einbauten des Verteilers im Brandfall, für die Dauer des Funktionserhaltes, muss durch den Fachplaner der sicherheitstechnischen Anlage gemäß MLAR Abschnitt 5.2.2 c) erbracht und dokumentiert werden.

Zitat Anfang

5.2.2 Verteiler von elektrischen Leitungsanlagen mit Funktionserhalt nach Abschnitt 5.3 müssen

- c) mit Bauteilen (einschließlich ihrer Abschlüsse) umgeben werden, die eine Feuerwiderstandsfähigkeit entsprechend der notwendigen Dauer des Funktionserhaltes haben und – mit Ausnahme der Abschlüsse – aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen, wobei sichergestellt werden muss, dass die Funktion der elektrotechnischen Einbauten des Verteilers im Brandfall für die Dauer des Funktionserhaltes gewährleistet ist; der Nachweis des Funktionserhaltes der elektrotechnischen Einbauten ist zu dokumentieren.

Zitat Ende

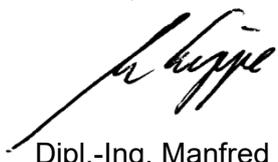
Die Nachweisführung und Dokumentation dient als Prüfunterlage für den Prüfsachverständigen der sicherheitstechnischen Anlage nach Baurecht.



Diese brandschutztechnische Bewertung dient als Planungsgrundlage und enthält Handlungsempfehlungen zur praktischen Anwendung im Rahmen der projektspezifischen Nachweisführung.

Die ordnungsgemäße Nachweisführung und Umsetzung liegt ausschließlich in der Verantwortung der ausführenden Planer und Errichterfirmen der sicherheitstechnischen Anlage.

Krefeld, den 23. März 2022



Dipl.-Ing. Manfred Lippe



ppa. Frank Möller



Anlagen

- Anlage 1 > Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / Allgemeine Bauartgenehmigung Z-86.1-101, Brandschutzgehäuse mit einer Feuerwiderstandsdauer von mind. 90 Minuten bei einer Brandbeanspruchung von außen, Typ edgcase, ewg90/esg90
- [Das Muster eines Berechnungsformulars mit Beispielrechnung und als Leerformular ist angefügt.](#)

Berechnungsformular zur Gutachterlichen Stellungnahme Nr.: 201-PG-2021



(Aktive Belüftung BSG edgecase90 im Normalbetrieb und im Brandfall - offenes System - "eos")

Projektbezeichnung / Adresse:

Musterprojekt, Musterstrasse 4, 12345 Musterort

Artikelnummer BSG edgecase90:
esg92-edge2

Innenvolumen BSG edgecase90:
1,24 m³

Formelzeichen / Formel

Bezeichnung

Nr.

Wert

Auswahl

1 - Allgemeine Ausgangsdaten aus Brandversuch Brandschutzgehäuse (BSG) edgecase90 - ohne elektr. Einbauten

$V_{bmax} \geq 91 \text{ m}^3/\text{h}$	Mindestvolumenstrom für BSG edgecase90 0,2 bis 1,24 m³ bei einer maximal tolerierbaren Lufttemperaturerhöhung im Innenraum des BSG	1.1	91,00	X
$\Delta T_{Lmax} = 30 \text{ K}$	(Messwerte aus Brandversuch nach 90 Min. Brandbeanspruchung von außen nach ETK)	1.2	30,00	
$V_{bmax} \geq 145 \text{ m}^3/\text{h}$	Mindestvolumenstrom für BSG edgecase90 0,2 bis 1,24 m³ + Lüftungskanal LEI90 bis 1,24 m Länge im gleichen Brandraum wie das BSG bei einer maximal tolerierbaren Lufttemperaturerhöhung im Innenraum des BSG	1.3	145,00	
$\Delta T_{Lmax} = 19\text{K} + 30 \text{ K} = 49\text{K}$	(Messwerte aus Brandversuch nach 90 Min. Brandbeanspruchung von außen nach ETK)	1.4	49,00	
$\varphi_{max} \leq 80 \%$	Maximal tolerierbare Luftfeuchtigkeit für BSG edgecase90 0,2 bis 1,24 m³ (Messwert aus Brandversuch nach 90 Min. Brandbeanspruchung von außen nach ETK)	1.5	80	

2 - Allgemeine Ausgangsdaten zur Ermittlung des Luftvolumenstromes im Normalbetrieb mit elektr. Einbauten

$P_{vmax} [\text{W}]$	Verlustleistung der elektrischen Einbauten. Die Ermittlung erfolgt durch den Fachplaner anhand der im Innenraum des BSG eingebauten rechnerischen Verlustleistung der aktiven Komponenten	2.1	100,00	
$\Delta T_n [\text{K}] = \vartheta_{Zu} [^{\circ}\text{C}] - \vartheta_{BSG} [^{\circ}\text{C}]$	Temperatur im Zulufrum ($\vartheta_{Zu} [^{\circ}\text{C}]$)	2.2	20,00	
	Temperatur im Innenraum des BSG ($\vartheta_{BSG} [^{\circ}\text{C}]$)	2.3	25,00	
	Temperaturerhöhung aus Differenz zwischen Temperatur im Innenraum des BSG und Temperatur im Zulufrum, Berechnung aus [2.1], [2.3]	2.4	5,00	
$f [\text{m}^3/\text{K}/\text{Wh}]$	Ausgleichsfaktor zur Höhenlage über NN = Luftdichte Ausgleichsfaktor in Abhängigkeit von der Höhenlage des Projektes: f = 3,1 m³ K/Wh bei h = (bis 100 m über NN) f = 3,2 m³ K/Wh bei h = (100 bis 250 m über NN) f = 3,3 m³ K/Wh bei h = (250 bis 500 m über NN) f = 3,4 m³ K/Wh bei h = (500 bis 750 m über NN) f = 3,5 m³ K/Wh bei h = (750 bis 1000 m über NN) f = Ausgleichsfaktor der Luftdichte [m³ K/Wh] h = Höhe über Meeresniveau [m]	2.5	3,30	

3 - Berechnung des Luftvolumenstromes im Normalbetrieb mit elektr. Einbauten

$V_n [\text{m}^3/\text{h}] = P_{vmax} [\text{W}] / \Delta T_n [\text{K}] \times f [\text{m}^3/\text{K}/\text{Wh}]$	Erforderlicher Luftvolumenstrom zum Abführen der elektrischen Verlustleistung, Berechnung aus [2.1], [2.4], [2.5] ohne Berücksichtigung von Druckverlusten in der Zulufrumleitung außerhalb des BSG	3.1	66,00	
--	--	-----	-------	--

4 - Berechnung des Luftvolumenstromes und der maximalen Temperaturerhöhung im Brandfall mit elektr. Einbauten

$V_g [\text{m}^3/\text{h}] = V_n + V_{bmax}$	Erforderlicher Luftvolumenstrom zum Abführen der elektrischen Verlustleistung und der maximalen Zusatzerwärmung im Brandfall, Berechnung aus [3.1], [1.1] oder [1.3]	4.1	157,00	
$\Delta T_g [\text{K}] = \Delta T_n + \Delta T_{Lmax}$	Maximale Temperaturerhöhung im Innenraum des BSG = Temperaturerhöhung im Normalbetrieb + maximale Temperaturerhöhung im Brandfall, Berechnung aus [2.4], [1.2] oder [1.4]	4.2	35,00	

Bemerkungen

Ort, Datum

Unternehmen, Stempel, Unterschrift

Berechnungsformular zur Gutachterlichen Stellungnahme Nr.: 201-PG-2021

(Aktive Belüftung BSG edgcase90 im Normalbetrieb und im Brandfall - offenes System - "eos")



Projektbezeichnung / Adresse:

Artikelnummer BSG edgcase90:

Innenvolumen BSG edgcase90:

Formelzeichen / Formel

Bezeichnung

Nr.

Wert

Auswahl

1 - Allgemeine Ausgangsdaten aus Brandversuch Brandschutzgehäuse (BSG) edgcase90 - ohne elektr. Einbauten

$V_{bmax} \geq 91 \text{ m}^3/\text{h}$	Mindestvolumenstrom für BSG edgcase90 0,2 bis 1,24 m³ bei einer maximal tolerierbaren Lufttemperaturerhöhung im Inneraum des BSG (Messwerte aus Brandversuch nach 90 Min. Brandbeanspruchung von außen nach ETK)	1.1	91,00	X
$\Delta T_{Lmax} = 30 \text{ K}$		1.2	30,00	
$V_{bmax} \geq 145 \text{ m}^3/\text{h}$	Mindestvolumenstrom für BSG edgcase90 0,2 bis 1,24 m³ + Lüftungskanal L90/EI90 bis 5 m Länge im gleichen Brandraum wie das BSG bei einer maximal tolerierbaren Lufttemperaturerhöhung im Innenraum des BSG (Messwerte aus Brandversuch nach 90 Min. Brandbeanspruchung von außen nach ETK)	1.3	145,00	
$\Delta T_{Lmax} = 19\text{K} + 30 \text{ K} = 49\text{K}$		1.4	49,00	
$\varphi_{max} \leq 80 \%$	Maximal tolerierbare Luftfeuchtigkeit für BSG edgcase90 0,2 bis 1,24 m³ (Messwert aus Brandversuch nach 90 Min. Brandbeanspruchung von außen nach ETK)	1.5	80	

2 - Allgemeine Ausgangsdaten zur Ermittlung des Luftvolumenstromes im Normalbetrieb mit elektr. Einbauten

$P_{vmax} [\text{W}]$	Verlustleistung der elektrischen Einbauten. Die Ermittlung erfolgt durch den Fachplaner anhand der im Innenraum des BSG eingebauten rechnerischen Verlustleistung der aktiven Komponenten	2.1	
$\Delta T_n [\text{K}] = \vartheta_{Zu} [^\circ\text{C}] - \vartheta_{BSG} [^\circ\text{C}]$	Temperatur im Zulufrum ($\vartheta_{Zu} [^\circ\text{C}]$)	2.2	
	Temperatur im Innenraum des BSG ($\vartheta_{BSG} [^\circ\text{C}]$)	2.3	
	Temperaturerhöhung aus Differenz zwischen Temperatur im Innenraum des BSG und Temperatur im Zulufrum, Berechnung aus [2.2], [2.3]	2.4	
$f [\text{m}^3/\text{K}/\text{Wh}]$	<p>Ausgleichsfaktor zur Höhenlage über NN = Luftdichte</p> <p>Ausgleichsfaktoren in Abhängigkeit von der Höhenlage des Projektes:</p> <p>$f = 3,1 \text{ m}^3 \text{ K}/\text{Wh}$ bei $h = (0 \text{ bis } 100 \text{ m über NN})$</p> <p>$f = 3,2 \text{ m}^3 \text{ K}/\text{Wh}$ bei $h = (100 \text{ bis } 250 \text{ m über NN})$</p> <p>$f = 3,3 \text{ m}^3 \text{ K}/\text{Wh}$ bei $h = (250 \text{ bis } 500 \text{ m über NN})$</p> <p>$f = 3,4 \text{ m}^3 \text{ K}/\text{Wh}$ bei $h = (500 \text{ bis } 750 \text{ m über NN})$</p> <p>$f = 3,5 \text{ m}^3 \text{ K}/\text{Wh}$ bei $h = (750 \text{ bis } 1000 \text{ m über NN})$</p> <p>$f = \text{Ausgleichsfaktor der Luftdichte} [\text{m}^3 \text{ K}/\text{Wh}]$</p> <p>$h = \text{Höhe über Meeresniveau} [\text{m}]$</p>	2.5	

3 - Berechnung des Luftvolumenstroms im Normalbetrieb mit elektr. Einbauten

$V_n [\text{m}^3/\text{h}] = P_{vmax} [\text{W}] / \Delta T_n [\text{K}] \times f [\text{m}^3/\text{K}/\text{Wh}]$	Erforderlicher Luftvolumenstrom* zum Abführen der elektrischen Verlustleistung, Berechnung aus [2.1], [2.4], [2.5] *ohne Berücksichtigung von Druckverlusten in der Zulufrumleitung außerhalb des BSG	3.1	
--	--	-----	--

4 - Berechnung des Luftvolumenstroms und der maximalen Temperaturerhöhung im Brandfall mit elektr. Einbauten

$V_g [\text{m}^3/\text{h}] = V_n + V_{bmax}$	Erforderlicher Luftvolumenstrom zum Abführen der elektrischen Verlustleistung und der maximalen Zusatzerwärmung im Brandfall, Berechnung aus [3.1], [1.1] oder [1.3]	4.1	
$\Delta T_g [\text{K}] = \Delta T_n + \Delta T_{Lmax}$	Maximale Temperaturerhöhung im Innenraum des BSG = Temperaturerhöhung im Normalbetrieb + maximale Temperaturerhöhung im Brandfall, Berechnung aus [2.4], [1.2] oder [1.4]	4.2	

Bemerkungen

Ort, Datum

Unternehmen, Stempel, Unterschrift