

Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH

Dipl.-Ing. Rainer Gellings
Staatlich anerkannter Sachverständiger
für die Prüfung des Brandschutzes
Prüfingenieur für Brandschutz

Büro Wesel:
Weseler Straße 84
46487 Wesel
Tel.: 0 28 03 / 30 80-0
Fax: 0 28 03 / 30 80-129

Büro Kleve:
Tel.: 0 28 21 / 7 13 98-0
Fax: 0 28 21 / 7 13 98-29

Verfasser: M. Engelberg, B.Sc.
Projekt Nr.: 1360(E)-21

info@heins-brandschutz.de
www.heins-brandschutz.de

2. Fortschreibung zum Brandschutznachweis nach § 65(1) BauO LSA

Projekt: Magdeburger Verkehrsbetriebe
Straßenbahnbetriebshof Nord
hier: Werkstattgebäude FB 1

Bauherrschaft: MVB – Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH & Co. KG
Otto-von-Guericke-Straße 25
39104 Magdeburg

Entwurfsverfasser: Planungsgruppe Gesting | Knipping | Schone
Architekten | Generalplaner PartmbB
Baumwollbörse 107
Wachtstraße 17-24
28195 Bremen

Stand: 26. November 2021

Dieser Nachweis umfasst: 70 Seiten, 6 Anlagen

| Inhaltsverzeichnis | Seite |
|--|--------------|
| 1 AUFTRAG UND AUFGABENSTELLUNG | 5 |
| 2 BEURTEILUNGSGRUNDLAGE | 7 |
| 2.1 Unterlagen | 7 |
| 2.2 Besprechungstermine | 9 |
| 2.3 Bauvorschriften und technische Regeln | 10 |
| 2.4 Literatur | 11 |
| 3 GEBÄUDEBESCHREIBUNG AUS BRANDSCHUTZTECHNISCHER SICHT | 12 |
| 3.1 Werkstattgebäude (FB 1) | 12 |
| 4 BRANDSCHUTZTECHNISCHE BEURTEILUNG | 14 |
| 4.1 Lage und Zugänglichkeit | 14 |
| 4.2 Löschwasserversorgung | 15 |
| 4.3 Löschwasser-Rückhaltung | 16 |
| 4.4 System der äußeren und inneren Abschottung | 16 |
| 4.4.1 Gebäudeabschluss | 16 |
| 4.4.2 Brandabschnitte / Brandbekämpfungsabschnitte / Gebäudetrennwände | 17 |
| 4.4.3 Rauchabschnitte | 19 |
| 4.4.4 Wände, Pfeiler und Stützen | 19 |
| 4.4.5 Trennwände | 21 |
| 4.4.6 Decken | 22 |
| 4.4.7 Wand- und Deckenbekleidungen, Fußbodenbeläge | 23 |
| 4.4.8 Außenwände | 23 |
| 4.4.9 Bedachung | 24 |
| 4.5 Rettungswege | 24 |
| 4.5.1 Notwendige Flure | 24 |
| 4.5.2 Notwendige Treppen | 25 |
| 4.5.3 Notwendige Treppenräume | 25 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 4.5.4 | Rettungswegführung | 27 |
| 4.5.4.1 | Allgemeine Anforderungen | 27 |
| 4.5.4.2 | Ausführung | 28 |
| 4.5.5 | Sicherheitsbeleuchtung | 29 |
| 4.6 | Höchstzulässige Zahl der Nutzer, Grundzüge der Evakuierung | 29 |
| 4.7 | Haustechnische Anlagen | 30 |
| 4.7.1 | Feuerstätten | 30 |
| 4.7.2 | Aufzüge | 30 |
| 4.7.3 | Technikräume und elektrische Betriebsräume | 30 |
| 4.7.4 | Leitungsanlagen | 30 |
| 4.8 | Lüftungsanlagen | 31 |
| 4.9 | Rauch- und Wärmeabzugsanlagen | 32 |
| 4.9.1 | Wärmeabzug | 32 |
| 4.9.2 | Rauchableitung | 32 |
| 4.10 | Alarmierungseinrichtungen | 34 |
| 4.11 | Anlagen, Einrichtungen und Geräte zur Brandbekämpfung | 34 |
| 4.11.1 | Handfeuerlöscher | 34 |
| 4.11.2 | Wandhydranten | 34 |
| 4.11.3 | Gebäudefunkanlage | 35 |
| 4.12 | Sicherheitsstromversorgungsanlagen | 35 |
| 4.13 | Brandmeldeanlagen | 35 |
| 4.14 | <i>Steuerungstechnische Zusammenhänge</i> | 36 |
| 4.15 | Feuerwehrpläne | 36 |
| 4.16 | Betriebliche Maßnahmen zur Brandverhütung | 36 |
| 4.16.1 | Brandschutzordnung | 36 |
| 4.16.2 | Brandschutzbeauftragter | 37 |
| 4.16.3 | Organisatorische Maßnahmen zur Brandverhütung | 37 |
| 4.16.4 | <i>Flucht- und Rettungspläne</i> | 38 |
| 4.16.5 | Brandschutz während der Bauausführung | 38 |
| 4.16.6 | Prüfung technischer Anlagen | 38 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 4.17 | Abweichende Ausführungen zu den materiellen Anforderungen | 39 |
| 4.18 | Rechenverfahren des Brandschutzingenieurwesens | 40 |
| 4.18.1 | Anwendung der DIN 18230-1 | 40 |
| 4.18.2 | Brandbekämpfungsabschnitt „Werkstatt“ | 41 |
| 4.18.2.1 | Ermittlung der äquivalenten Branddauer $t_{\text{ä}}$ | 41 |
| 4.18.2.2 | Rechnerische Brandbelastung q_R | 42 |
| 4.18.2.3 | Umrechnungsfaktor c | 45 |
| 4.18.2.4 | Wärmeabzugsfaktor ω | 46 |
| 4.18.2.5 | Zulässige Brandbekämpfungsabschnittsgröße | 48 |
| 4.18.3 | Ebenennachweise | 49 |
| 4.18.3.1 | Ebene 0 | 50 |
| 4.18.3.2 | Ebene 1 | 56 |
| 4.18.3.3 | Ebene 2 | 61 |
| 4.18.4 | Erforderliche Feuerwiderstandsdauer der Bauteile | 66 |
| 5 | ZUSAMMENFASSUNG | 69 |

1 Auftrag und Aufgabenstellung

Die Planungsgruppe Gesting | Knipping | Schone plant für die MVB – Magdeburger Verkehrsbe-
triebe GmbH & Co. KG den Neubau des Straßenbahnbetriebshofs Nord in Magdeburg.

Für die Gebäude „Werkstattgebäude“ (FB 1), „Reststoffsammelstelle“ (FB 2), „Abstellhalle“ (FB 3)
und „Betriebshofwartgebäude“ (FB 4) auf dem Betriebsgelände des Straßenbahnbetriebshofs Nord am
„August-Bebel-Damm“ in 39126 Magdeburg wurden jeweils eigene Brandschutznachweise erstellt, in
denen die objektspezifischen bauordnungsrechtlichen Anforderungen zusammengestellt werden. In
diesen Nachweisen werden zusätzlich die allgemeinen Anforderungen des Betriebsgeländes (Zugäng-
lichkeit etc.) ebenfalls erfasst. In dem vorliegenden Brandschutznachweis wird das **Werkstattgebäude
(FB 1)** aus brandschutztechnischer Sicht bewertet.

Mit Datum vom 31. August 2018 wurde durch das Sachverständigenbüro Brandschutz Dr. Heins &
Partner -Ingenieure- aus 47533 Kleve ein Brandschutznachweis für das Werkstattgebäude FB 1 aufge-
stellt (s. /U28/). In dem ursprünglichen Nachweis wurde die geplante Baumaßnahme aus brandschutz-
technischer Sicht bewertet. Im Rahmen des Prüfverfahrens durch den Prüfenieur für Brandschutz
haben sich Änderungen am Brandschutznachweis ergeben, die zusammen mit weiteren Planungsände-
rungen in eine Fortschreibung zum Brandschutznachweis mit Datum vom 01. Oktober 2019 (s. /U32/)
eingearbeitet wurden. Dieses sog. Blaudeckerverfahren wurde am 26. November 2020 (s. /U33/) durch
den Fachbereich Vermessungsamt und Baurecht der Landeshauptstadt Magdeburg genehmigt.

Im Rahmen der weiteren Ausführungsplanung haben sich weitere Änderungen ergeben, die eine Fort-
schreibung zum Brandschutznachweis erforderlich machen. Diese Änderungen sind:

- Die Lage der Bewegungsflächen sowie der Unterflurhydranten auf dem Betriebsgelände wurde
aufeinander abgestimmt, sodass diese nun in unmittelbarer Nähe zueinander liegen.
- Der nordwestliche Teile des Gebäudes (vorrangig im Bereich des Brandabschnitts BA1) wird
um ein Untergeschoss erweitert.
- Zur Erschließung des neuen Untergeschosses werden die Treppenträume TR1 und TR2 bis in
selbiges verlängert. Des Weiteren wird die Treppe T8 nun ebenfalls bis in das Untergeschoss
geführt.
- Die Brandwand in Achse 21 wird in Achse 19 verlegt, sodass sich die Brandabschnittsfläche
des BA1 verringert und die Fläche des Brandbekämpfungsabschnitts „Werkstatt“ vergrößert.

- Die Folienwerkstatt sowie die Archivräume im südwestlichen Teil des Obergeschosses (Ebene +4,00 m) werden brandschutztechnisch abgetrennt um die erforderlichen Wärmeabzugsflächen für diese Ebene zu reduzieren.
- Für die Technikebene +6,00 m wird in Abstimmung mit dem Prüfenieur ein zweiter Rettungsweg hergestellt. Dieser führt über die Dachflächen zu einer Außentreppe und von dort zur Treppe T5. Die Treppe T5 wird im Zuge dieser Umplanung in einem notwendigen Treppenraum geführt.
- Kleinere Grundrissänderungen

Das Sachverständigenbüro Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH aus 46487 Wesel wurde mit der erforderlichen Fortschreibung des Brandschutznachweises beauftragt. Die brandschutztechnische Bewertung der von den Änderungen betroffenen Bereiche des Gebäudes erfolgt auf Grundlage der Bauordnung des Landes Sachsen-Anhalt (BauO LSA /R2/) sowie der Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL /R7/). Die Inhalte des vorliegenden Brandschutznachweises richten sich nach § 15 BauVorlVO /R4/. Die Ausgangsgenehmigung /U33/ für die nicht von den Änderungen betroffenen Bereiche des Gebäudes bleibt nach altem Recht weiterhin bestehen.

Der Brandschutznachweis stützt sich auf Planungsunterlagen, die von der Planungsgruppe Gesterling | Knipping | Schone erstellt wurden. In den Anlagen zu diesem Brandschutznachweis sind unter anderem die wesentlichen Anforderungen an die trennenden Bauteile und die Führung der Rettungswege eingetragen. Diese Pläne sind keine Bauantragspläne und ersetzen nicht die Bauzeichnungen. Die Anlagen dienen dem Entwurfsverfasser zur Übernahme der brandschutztechnischen Anforderungen in den Lageplan, die Bauzeichnungen und die Baubeschreibung (§ 15(1) BauVorlVO).

Der vorliegende Brandschutznachweis stellt die zweite Fortschreibung des Brandschutznachweises vom 31. August 2018 (s. /U28/) dar. Inhaltliche Änderungen gegenüber der ersten Fortschreibung /U32/ werden in *kursiver und lilafarbener Schrift* hervorgehoben.

2 Beurteilungsgrundlage

2.1 Unterlagen

Für die brandschutztechnische Beurteilung wurden dem Unterzeichner die nachfolgenden Unterlagen zur Verfügung gestellt:

Betriebsgelände

/U1/ *Lageplan – Brandschutzeintragung, Plannummer BHN.A.0.4.0037.LP, Maßstab 1:500, Datum 08.09.2021*

Werkstattgebäude (FB 1)

/U2/ *FB1 Werkstatt, Grundriss Untergeschoss -4,27, per Mail erhalten am 15.11.2021*

/U3/ *FB1 Werkstatt, Grundriss Untergeschoss UK Sohle -0,60 AP Gesamt, per Mail erhalten am 15.11.2021*

/U4/ *FB1 Werkstatt, Grundriss Erdgeschoss AP Gesamt, per Mail erhalten am 15.11.2021*

/U5/ *FB1 Werkstatt, Grundriss Obergeschoss AP Gesamt, per Mail erhalten am 25.11.2021*

/U6/ *FB1 Werkstatt, Grundriss Technikgeschoss AP Gesamt, per Mail erhalten am 25.11.2021*

/U7/ *FB1 Werkstatt, Grundriss Dachaufsicht AP Gesamt, per Mail erhalten am 25.11.2021*

/U8/ FB1 Werkstatt, Grundriss Dachgeschoss gesamt 1-50, Plannummer BHN.A.1.5.1294.DA, Maßstab 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2

/U9/ FB 1 Werkstatt, Schnitte, Plannummer BHN.A.1.4.SN.1105.a, Maßstab 1:100, Datum 19.07.2019

/U10/ FB1 Werkstatt, Schnitt C, Plannummer BHN.A.1.5.1362.SC, Maßstab 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2

/U11/ FB1 Werkstatt, Schnitt E T-01, Plannummer BHN.A.1.5.1364.SE, Maßstab 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2

/U12/ FB1 Werkstatt, Schnitt E T-02, Plannummer BHN.A.1.5.1365.SE, Maßstab 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2

/U13/ *FB1 Werkstatt, Schnitt G-G+J-J_Blaudecker 2, Plannummer BHN.A.1.4.1100.SGJ, Maßstab 1:100, Vorabzug, Datum 10.08.2021*

/U14/ *FB1 Werkstatt, Schnitt F-F_Blaudecker 2, Plannummer BHN.A.1.4.1101.SF, Maßstab 1:100, Vorabzug, Datum 10.08.2021*

/U15/ FB1 Werkstatt, Schnitt H T-01, Plannummer BHN.A.1.5.1367.SH, Maßstab 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2

- /U16/ FB1 Werkstatt, Schnitt H T-02, Plannummer BHN.A.1.5.1368.SH,
Maßstab 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2
- /U17/ FB1 Werkstatt, Schnitt F T-01, Plannummer BHN.A.1.5.1372.SF,
Maßstab 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2
- /U18/ FB1 Werkstatt, Schnitt F T-02, Plannummer BHN.A.1.5.1373.SF,
Maßstab 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2
- /U19/ FB1 Werkstatt, Ansicht Norden-01, Plannummer BHN.A.1.5.1379.AN,
Maßstab 1:200 bzw. 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2
- /U20/ FB1 Werkstatt, Ansicht Norden-02, Plannummer BHN.A.1.5.1380.AN,
Maßstab 1:200 bzw. 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2
- /U21/ FB1 Werkstatt, Ansicht Norden-03, Plannummer BHN.A.1.5.1381.AN,
Maßstab 1:200 bzw. 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2
- /U22/ FB1 Werkstatt, Ansicht Süden-01, Plannummer BHN.A.1.5.1382.AN,
Maßstab 1:200 bzw. 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2
- /U23/ FB1 Werkstatt, Ansicht Süden-02, Plannummer BHN.A.1.5.1383.AN,
Maßstab 1:200 bzw. 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2
- /U24/ FB1 Werkstatt, Ansicht Süden-03, Plannummer BHN.A.1.5.1384.AN,
Maßstab 1:200 bzw. 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2
- /U25/ FB1 Werkstatt, Ansicht Osten, Plannummer BHN.A.1.5.1385.AN,
Maßstab 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2
- /U26/ FB1 Werkstatt, Ansicht Westen, Plannummer BHN.A.1.5.1386.AN,
Maßstab 1:50, Datum 28.06.2019, Index WP2

weitere Unterlagen

- /U27/ Gesprächsvermerk der Spiekermann GmbH Consulting Engineers aus 39108 Magdeburg zum Ortstermin am 18.01.2018 beim Amt für Brand- und Katastrophenschutz, Peter-Paul-Straße 12 in 39106 Magdeburg, Thema: „Beratungstermin mit der Feuerwehr und dem Bauordnungsamt zum geplanten Planfeststellungsverfahren für den Betriebshof Nord“, per Email erhalten am 26.01.2018
- /U28/ Brandschutznachweis nach § 65(1) BauO LSA (Projekt Nr.: 1360-15), aufgestellt durch das Sachverständigenbüro Brandschutz Dr. Heins & Partner -Ingenieure- aus 47533 Kleve, am 31. August 2018
- /U29/ Nachforderung von Unterlagen nach Prüfung des Brandschutznachweises vom 31.08.2018 für das Werkstattgebäude FB1 (AZ BS01-0045/B-NK/6322/18), Herr Dipl.-Ing. Volker Porschke, vom Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt anerkannter Prüfenieur für Brandschutz aus 39124 Magdeburg, vom 15.01.2019
- /U30/ Stellungnahme zum Schreiben des Prüfenieurs vom 15.01.2019 (AZ BS01-0045/B-NK/6322/18), aufgestellt durch das Sachverständigenbüro Brandschutz Dr. Heins & Partner -Ingenieure- aus 47533 Kleve, am 18. April 2019

- /U31/ Vermerk Nr. 19/01 zur Stellungnahme Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH vom 18.04.2019, Herr Dipl.-Ing. Volker Porschke, vom Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt anerkannter Prüfenieur für Brandschutz aus 39124 Magdeburg, vom 29.07.2019
- /U32/ *1. Fortschreibung zum Brandschutznachweis nach § 65(1) BauO LSA (Projekt Nr.: 1360(E1)-19), aufgestellt durch das Sachverständigenbüro Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH aus 47533 Kleve, vom 01. Oktober 2019*
- /U33/ *Planfeststellungsbeschluss für das Bauvorhaben „Neubau Straßenbahnbetriebshof Nord“ (AZ: 62-375-MVB-004/18), ausgestellt durch den Fachbereich Vermessungsamt und Bau-recht der Landeshauptstadt Magdeburg, vom 26 November 2020*

2.2 Besprechungstermine

Am 18. Januar 2018 wurde der Brandschutznachweis in seinen Grundzügen bei der Berufsfeuerwehr der Stadt Magdeburg vorgestellt. Die wesentlichen Inhalte des Gesprächs wurden in dem Gesprächsvermerk der Spieckermann GmbH /U27/ zusammengefasst. Teilnehmer waren

- von der Berufsfeuerwehr der Stadt Magdeburg
Herr Sandmann,
- von der Bauaufsicht der Stadt Magdeburg
Herr Hartmann und Frau Masch,
- von der Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH & Co. KG
die Herren Kersten, Rathsack, Voigtland und Eberhard,
- von der Planungsgruppe Gesting – Knipping
Herr Schwalenberg,
- von der Spieckermann GmbH
Herr Rieger,
- von dem Ingenieurbüro Bruns & Partner
Herr Schmidt,
- der Prüfenieur für Brandschutz
Herr Porschke,
- von Brandschutz Dr. Heins & Partner -Ingenieur-
Herr Dr. Heins.

2.3 Bauvorschriften und technische Regeln

Auf folgende Gesetze, Verordnungen und technische Regeln wird als Beurteilungsgrundlage zurückgegriffen:

- /R1/ Bauordnung des Landes Sachsen-Anhalt (BauO LSA) in der Fassung vom 10. September 2013 (GVBl. LSA 2013, 440, 441), zuletzt geändert am 26. Juli 2018, (GVBl. LSA S. 187)
- /R2/ *Bauordnung des Landes Sachsen-Anhalt (BauO LSA) in der Fassung vom 10. September 2013 (GVBl. LSA 2013, 440, 441), zuletzt geändert am 18. November 2020, (GVBl. LSA S. 660)*
- /R3/ *Verwaltungsvorschrift zur Einführung Technischer Baubestimmungen (VV TB), Runderlass des Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr vom 17.03.2021 (25/24011/04)*
- /R4/ Verordnung über Bauvorlagen und bauaufsichtliche Anzeigen (Bauvorlagenverordnung - BauVorIVO) vom 08. Juni 2006 (GVBl. LSA 2006, 351), zuletzt geändert am 25. Juli 2014 (GVBl. LSA S. 377)
- /R5/ Verordnung über technische Anlagen und Einrichtungen nach Bauordnungsrecht (TAnIVO) vom 29. Mai 2006 (GVBl. LSA 2006 S. 337), in der Fassung vom November 2006 (GVBl. LSA 2006 S. 519)
- /R6/ Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL), Juli 2014
- /R7/ *Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL), Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, Fassung Mai 2019*
- /R8/ Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL) Erläuterungen, Juli 2014
- /R9/ Richtlinie zur Bemessung von Löschwasser-Rückhalteanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe (LöRüRL), August 1992
- /R10/ Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie – MLAR), in der Fassung vom 10. Februar 2015 (Redaktionsstand 05. April 2016)
- /R11/ Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen (Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie – M-LüAR), mit Stand vom 29. September 2005, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom 11. Dezember 2015
- /R12/ Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen, vom 19. Oktober 2009
- /R13/ Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr, in der Fassung vom Februar 2007, zuletzt geändert durch Beschluss der Fachkommission Bauaufsicht vom Oktober 2009
- /R14/ DIN 4066: Hinweisschilder für die Feuerwehr; Juli 1997
- /R15/ DIN 14095: Feuerwehrpläne für bauliche Anlagen; Mai 2007
- /R16/ DIN 14096: Brandschutzordnung – Regeln für das Erstellen und das Aushängen; Mai 2014
- /R17/ DIN 14210: Löschwasserteiche; Juli 2003

- /R18/ DIN 14675: Brandmeldeanlagen – Aufbau und Betrieb; April 2012
- /R19/ DIN 18017-3: Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster – Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren; September 2009
- /R20/ DIN 18230-1: Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 1: Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer; September 2010
- /R21/ DIN 18230-3: Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 3: Rechenwerte; August 2002
- /R22/ DIN 18234-2: Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten – Teil 2: Verzeichnis von Dächern, welche die Anforderungen nach DIN 18234-1 erfüllen; geschlossene Dachflächen; Mai 2018
- /R23/ DIN 18234-3: Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten – Teil 3: Durchdringungen, Anschlüsse und Abschlüsse von Dachflächen – Anforderungen und Prüfung; Mai 2018
- /R24/ DIN 18234-4: Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten – Teil 4: Verzeichnis von Durchdringungen, Anschlüssen und Abschlüssen von Dachflächen, welche ohne weiteren Nachweis die Anforderungen nach DIN 18234-3 erfüllen; Mai 2018
- /R25/ DIN EN ISO 7010: Graphische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen – Registrierte Sicherheitszeichen; Oktober 2012
- /R26/ *DIN ISO 23601: Sicherheitskennzeichnung – Flucht- und Rettungspläne; November 2021*
- /R27/ DIN VDE 0833-2: Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall – Teil 2: Festlegungen für Brandmeldeanlagen; Oktober 2017
- /R28/ Technische Regeln für Arbeitsstätten, ASR A2.2: Maßnahmen gegen Brände; November 2012

2.4 Literatur

- /L1/ SIA-Dokumentation 81: Brandrisikobewertung-Berechnungsverfahren.
Hrsg.: SIA – Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein

3 Gebäudebeschreibung aus brandschutztechnischer Sicht

Das bestehende Betriebsgelände des Straßenbahnbetriebshofs Nord liegt am August-Bebel-Damm in 39126 Magdeburg. Auf diesem Gelände sind die Errichtung eines neuen Werkstattgebäudes (FB 1), einer Reststoffsammelstelle (FB 2), einer Abstellhalle (FB 3) sowie eines Betriebshofwartgebäudes (FB 4) geplant. Die Lage der Gebäude auf dem Betriebsgelände ist in Abb. 1 dargestellt.

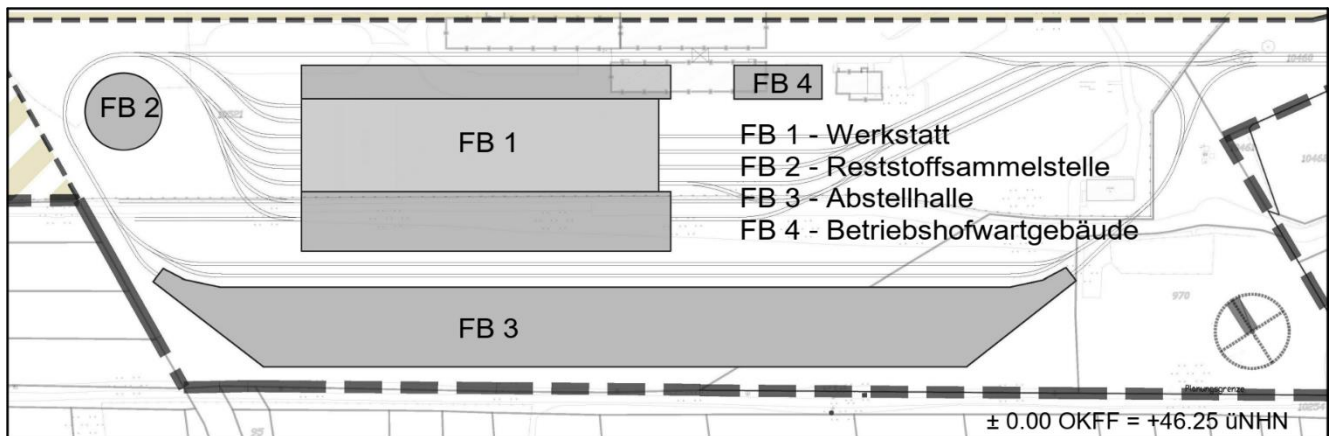


Abbildung 1: Übersichtsplan Betriebsgelände

3.1 Werkstattgebäude (FB 1)

Das Werkstattgebäude (FB 1) erstreckt sich in Ost-West Richtung über eine Länge von ca. 157 m, bei einer Breite von ca. 79 m. Die Grundfläche des Gebäudes beträgt max. 11.870 m² im Erdgeschoss. Die Höhe des Gebäudes beträgt gemessen von der Geländeoberfläche bis OK Attika im Bereich der Achsen A bis E und K bis M ca. 9 m und im Bereich der Achsen E bis K ca. 14,5 m. Das Gebäude dient der Wartung und Reparatur von Straßenbahnen. Hierzu werden bis zu 15 Wartungsplätze mit Gruben und Arbeitsbühnen für Dacharbeiten eingerichtet. Betriebsräume befinden sich auf der Nord- (Achse L bis M) und Südseite (Achse A bis B) des Gebäudes. Der Fußboden des höchstgelegenen Aufenthaltsraum liegt ca. 4,25 m oberhalb der Geländeoberfläche. Nach § 2(3) BauO LSA handelt es sich bei dem Werkstattgebäude (FB 1) aufgrund seiner Größe und Nutzung um ein Gebäude der **Gebäudeklasse 3**.

Das Gebäude fällt in den Anwendungsbereich der MIndBauRL (Abschnitt 2 MIndBauRL). Es erhält eine Brandmeldeanlage mit Aufschaltung zur Leitstelle der Berufsfeuerwehr Magdeburg. Damit kann das Gebäude der **Sicherheitskategorie K 2** „Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte mit automatischer Brandmeldeanlage“ zugeordnet werden.

Das Gebäude hat Aufenthaltsräume, Lagerräume und anlagentechnische Einrichtungen im Erdgeschoss und auf bis zu zwei Ebenen. *Im Untergeschoss sind weitere Lagerräume sowie Umkleieräume vorhanden.* Die tragenden und aussteifenden Bauteile werden in Massivbauweise hergestellt. Das Dachtragwerk wird in Stahlbauweise ausgeführt. Die Brandbelastung ist durch die beschränkte Nutzung durch die Wartung von Straßenbahnfahrzeugen definiert. Die zulässige Größe des Brandbekämpfungsabschnitts wird nach Abschnitt 7.4 MIndBauRL ermittelt. Die Anforderungen an die Bauteile werden aus *Abschnitt 7.5.1 MIndBauRL /R7/* abgeleitet. Die Bemessung erfolgt durch eine Brandlastberechnung nach DIN 18230-1 /R20/.

Auf der Nordseite des Werkstattgebäudes (FB 1, Achse L bis M) sind *auf drei Geschossen (Brandabschnitt 1)* bzw. zwei Geschossen (Brandabschnitt 2) Büroräume, Umkleiden und Sanitärräume, Werkstätten, Lager- und Archivräume eingerichtet, die durch eine Brandwand in der Achse L von der Werkstatt abgetrennt werden. Die Nutzungen im Bereich der Achsen *19* bis 24 und 34 bis 36 werden aus brandschutztechnischer Sicht der Werkstatt zugeschlagen (s. Anlagen 3 und 4).

Die vertikale Erschließung des Werkstattgebäudes (FB 1) erfolgt im Wesentlichen über drei notwendige Treppenräume (TR1, TR2 und TR3) und eine interne Treppe (T8) an der Nordseite sowie *über einen notwendigen Treppenraum (TR5) und eine notwendige Treppe ohne Treppenraum (T4) an der Südseite.* Die Technikebene +4,00 m in der Mitte des Gebäudes (Achse D – E / 22 – 27) wird über die notwendige Treppe T6 erschlossen. Die Erschließung der Technikebene in ca. 6,00 m Höhe erfolgt über die Treppe T7. *Des Weiteren befindet sich auf der südlichen Dachfläche des Erdgeschosses (Achse B / 25-26) eine Außentreppe (T10). Diese führt zur Dachfläche des Obergeschosses zur Erschließung der Technikebene +6,00 m.* Darüber hinaus stehen für die verschiedenen Gruben im Untergeschoss insg. *26 Treppen* zur Verfügung (T_{Gr}1.1 bis T_{Gr}12.2, s. Anlagen 2 und 3). Die Arbeitsbühnen für Dacharbeiten werden über insg. sechs Treppen (T_{Bü}1, T_{Bü}5, T_{Bü}6, T_{Bü}7, T_{Bü}8/9, T7) erschlossen. Somit verfügt das Werkstattgebäude im Gesamten über *36 Treppen*, die in Abstimmung mit dem Prüferingenieur für Brandschutz als notwendige Treppen bezeichnet werden (s. Kapitel 4.5.2). Die Rettungswege des Werkstattgebäudes (FB 1) werden baulich sichergestellt. Aufstellflächen für Rettungsgeräte der Feuerwehr sind nicht erforderlich.

Im Brandfall ist die Berufsfeuerwehr der Stadt Magdeburg zuständig.

4 Brandschutztechnische Beurteilung

4.1 Lage und Zugänglichkeit

Das Betriebsgelände liegt im Norden der Stadt Magdeburg am August-Bebel-Damm und ist von dieser öffentlichen Verkehrsfläche aus für Einsatzkräfte der Feuerwehr anfahrbar. Im Osten wird das Grundstück durch den August-Bebel-Damm begrenzt. Im Norden, Süden und Westen schließen sich weitere Grundstücke an.

Das Betriebsgelände kann aus östlicher Richtung vom August-Bebel-Damm aus befahren werden. Über die betriebseigenen Verkehrsflächen kann das Werkstattgebäude (FB 1) gut erreicht werden. Jeder Brandabschnitt bzw. Brandbekämpfungsabschnitt kann von mind. einer Seite aus von der Feuerwehr angefahren und betreten werden (Abschnitt 5.2.1 MIndBauRL). Aufstellflächen für Hubrettungsfahrzeuge der Feuerwehr sind für das Werkstattgebäude (FB 1) nicht erforderlich, da beide Rettungswege baulich sichergestellt werden.

Aufgrund der Grundfläche des Werkstattgebäudes (FB 1) von mehr als 5.000 m² erhält das Gebäude eine für die Feuerwehr befahrbare Umfahrt (Abschnitt 5.2.2 MIndBauRL).

Aufgrund der Ausdehnung des Betriebsgeländes und des Abstands des Werkstattgebäudes (FB 1) zur öffentlichen Verkehrsfläche werden Bewegungsflächen in Abstimmung mit der Berufsfeuerwehr Magdeburg angelegt (s. Protokoll /U27/). *Die Bewegungsflächen sind so angelegt, dass sich diese in unmittelbarer Nähe zu einem Hydranten befinden. An der Löschwasserentnahme des Löschwasserteichs befindet sich eine weitere Bewegungsfläche.* Gleise im Bereich der Zufahrten und Bewegungsflächen werden befahrbar und begehbar hergestellt. Die Bewegungsflächen sind schematisch im Lageplan (s. Anlage 1) dargestellt.

Die Zufahrten und Bewegungsflächen werden unter Beachtung der Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr /R13/ hergestellt. Sie werden ständig freigehalten, durch Einbauten nicht eingeschränkt sowie dauerhaft gekennzeichnet. Die Flächen für die Feuerwehr werden verbindlich im amtlichen Lageplan eingetragen.

Der Zugang zum Betriebsgelände wird über ein Feuerwehrschrüsseldepot mit Freischaltung durch die Brandmeldeanlage sichergestellt. Die Planung wird vor der Ausführung mit der Berufsfeuerwehr Magdeburg abgestimmt.

4.2 Löschwasserversorgung

Gemäß Abschnitt 5.1 MIndBauRL wird der Löschwasserbedarf im Einvernehmen mit der Brandschutzdienststelle unter Berücksichtigung der Flächen der Brandabschnitte bzw. der Brandbekämpfungsabschnitte sowie der Brandlasten festgelegt. Hierbei ist von einem Löschwasserbedarf über einen Zeitraum von zwei Stunden

- von mindestens 96 m³/h bei Abschnittsflächen bis zu 2.500 m² und
- von mindestens 192 m³/h bei Abschnittsflächen von mehr als 4.000 m²

auszugehen.

Für das hier in Rede stehende Werkstattgebäude (FB 1) ergibt sich ein Löschwasserbedarf von mind. **192 m³/h**. Es wird daher eine Löschwasserversorgung bereitgestellt, die über eine Zeitdauer von mind. zwei Stunden diese geforderte Löschwassermenge bereitstellt.

Durch die öffentliche Trinkwasserversorgung alleine kann der o. g. Grundschutz nicht gewährleistet werden. Daher wird im Osten des Betriebsgeländes ein Löschwasserteich nach DIN 14210 /R17/ angelegt. Die Löschwasser-Entnahmestelle des Teichs wird entsprechend Ziffer 5.2 DIN 14210 hergestellt und ist über eine Feuerwehrezufahrt nach der Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr erreichbar. *In unmittelbarer Nähe zur Löschwasser-Entnahmestelle, befindet sich eine Bewegungsfläche.* Es wird sichergestellt, dass dauerhaft eine Löschwassermenge von mind. 384 m³ aus dem Teich entnommen werden kann. Der Teich wird dauerhaft und gut sichtbar nach DIN 4066-B3 /R14/ gekennzeichnet (Ziffer 5.6 DIN 14210).

Über ein auf dem Betriebsgelände vorhandenes Hydrantennetz kann ebenfalls eine Löschwasserentnahme möglich. *Das Hydrantennetz wird über einen unterirdischen Löschwassertank versorgt. Der Löschwassertank befindet sich im Erdreich unterhalb der Abstellhalle (FB 3). Der Löschwassertank ist ausreichend bemessen, um die erforderliche Löschwassermenge der Feuerwehr für die Gebäude (hier: 192 m³/h über zwei Stunden) sowie die erforderliche Wassermenge für die Sprinkleranlage vorzuhalten. Der Tank verfügt über ein Volumen von ca. 900 m³.* Die Planung der hier erforderlichen Pumpen wird vor der Ausführung mit der Berufsfeuerwehr Magdeburg abgestimmt.

Gemäß § 11(3) Ziffer 10 BauVorlVO werden die Hydranten und anderen Stellen zur Löschwasserentnahme in den Lageplan, der gemäß § 11(2) BauVorlVO von einem geeigneten Fachplaner oder vom Entwurfsverfasser erstellt wird, eingetragen.

4.3 Löschwasser-Rückhaltung

In dem Werkstattgebäude (FB 1, z. B. in den Räumen „1.0.534 Fett- u. Öllager“ oder „1.01.199 Gefahrstoffe“) werden wassergefährdende Stoffe in kleinen Mengen für den täglichen Bedarf und unterhalb der Mengenschwellen gelagert. Nach Abschnitt 2.1 der Löschwasser-Rückhalte-Richtlinie (LöRüRL /R9/) sind Maßnahmen zur Löschwasserrückhaltung erforderlich, wenn Stoffe

- der WGK 1 mit mehr als 100 t je Lagerabschnitt,
- der WGK 2 mit mehr als 10 t je Lagerabschnitt,
- der WGK 3 mit mehr als 1 t je Lagerabschnitt

gelagert werden. Werden wassergefährdende Stoffe unterschiedlicher Wassergefährdungsklassen zusammengelagert, so werden die jeweiligen Stoffmengen zu einer Wassergefährdungsklasse umgerechnet. Dabei gilt:

- 1 t eines WGK 3 Stoffs entsprechen 10 t eines WGK 2 Stoffs und
- 1 t eines WGK 2 Stoffs entsprechen 10 t eines WGK 1 Stoffs.

Werden die o. g. Mengenschwellen überschritten, sind Maßnahmen zur Löschwasserrückhaltung gemäß LöRüRL erforderlich. Der Betreiber ist dafür verantwortlich, dass die zulässigen Stoffmengen nicht überschritten werden.

Unabhängig von den Maßnahmen zur Löschwasserrückhaltung werden die wasserrechtlichen Vorschriften zum Schutz des Bodens und der Gewässer vor Verunreinigungen bei Leckagen beachtet und umgesetzt.

4.4 System der äußeren und inneren Abschottung

4.4.1 Gebäudeabschluss

Das Werkstattgebäude (FB 1) ist freistehend auf dem Betriebsgelände errichtet und der Abstand des Gebäudes zu den Nachbargrenzen beträgt mehr als 2,5 m. Die Errichtung von Brandwänden als Gebäudeabschlusswände im Sinne von § 29(2) BauO LSA ist somit nicht erforderlich.

4.4.2 Brandabschnitte / Brandbekämpfungsabschnitte / Gebäudetrennwände

Unter Bezug auf Abschnitt 3.12 MIndBauRL handelt es sich bei dem Werkstattgebäude (FB 1) um einen Industriebau der Sicherheitskategorie K 2 (Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte mit automatischer Brandmeldeanlage). Das Gebäude wird aus brandschutztechnischer Sicht in einen Brandbekämpfungsabschnitt und zwei Brandabschnitte aufgeteilt.

Brandbekämpfungsabschnitt

Der große Werkstattbereich bildet zusammen mit den kleineren Werkstätten sowie den Technik- und Nebenräumen im Erdgeschoss sowie den Betriebs- und Technikebenen in 4 m bzw. 6 m Höhe einen Brandbekämpfungsabschnitt (s. Anlagen 3 bis 5, gelbe Schraffur). Der Brandbekämpfungsabschnitt verfügt somit über zwei Ebenen oberhalb des Erdgeschosses. *Entsprechend Abschnitt 3.4 MIndBauRL in Verbindung mit Abschnitt 5.4.1 MIndBauRL sind die Räume im nordöstlichen Untergeschoss (u. a. Umkleiden) durch feuerbeständige Wände von den offenen Grubenbereichen der Werkstatt abgetrennt (s. Kapitel 4.4.5). Die Fläche des zusammenhängenden Untergeschosses beträgt mit ca. 778 m² deutlich weniger als die max. zulässige Fläche von 1.000 m².*

Die Brandbekämpfungsabschnittsfläche setzt sich aus der Grundfläche der Werkstatt im Erdgeschoss und der Ebenen zusammen. Die Fläche beträgt *max. 13.360 m²* und ist kleiner als die max. zulässige Fläche gemäß dem Berechnungsverfahren nach Abschnitt 7.4 MIndBauRL (s. Kapitel 4.18).

Brandabschnitte

Im nördlichen Teil des Gebäudes (Achsen L bis M) sind zwei Brandabschnitte vorhanden (s. Anlagen 3 und 4). Diese verfügen jeweils über ein Erdgeschoss und ein Obergeschoss. *Der Brandabschnitt BA1 besitzt zusätzlich ein Untergeschoss.* Nach Tabelle 2 MIndBauRL sind Brandabschnitte der Sicherheitskategorie K 2 mit zwei oberirdischen Geschossen und Brandabschnittsflächen von max. 3.600 m² zulässig, sofern die tragenden und aussteifenden Bauteile mind. feuerbeständig hergestellt sind. Ein gesonderter Nachweis für Wärmeabzugsflächen ist in diesem Fall nicht erforderlich.

Die Brandabschnittsfläche des Brandabschnitts 1 beträgt im Obergeschoss max. 720 m². *Das Untergeschoss des Brandabschnitts 1 ist max. 955 m² groß.* Der Brandabschnitt 2 ist max. 690 m² (Obergeschoss) groß. Die tragenden und aussteifenden Bauteile sind massiv hergestellt und erfüllen die Vorgaben an feuerbeständige Bauteile. Die Anforderungen des Abschnitts 6.2 MIndBauRL werden somit erfüllt.

Die Brandabschnitte bzw. der Brandbekämpfungsabschnitt sind untereinander durch Brandwände abgetrennt (s. Anlagen 2, 3 und 4). Die Brandwände sind auch unter zusätzlicher mechanischer

Beanspruchung feuerbeständig hergestellt und bestehen aus nichtbrennbaren Baustoffen. Untergeordnete Verglasungen (z. B. *zu den Werkstätten im Erdgeschoss* oder zum Lager im Obergeschoss) werden feuerbeständig (EI 90) hergestellt. Die Brandwände des Gebäudes sind nicht über Dach geführt.

Gegen diese Abweichung zu Abschnitt 5.10.3 MIndBauRL bestehen aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken, da

- die Dachflächen des nördlichen Gebäudeteils in einem Abstand von mind. *6,15 m* (Höhendifferenz zwischen höherem und niedrigerem Gebäudeteil) und in den übrigen Bereichen mind. 1,0 m (s. Anlage 5) in mind. feuerbeständiger Bauweise hergestellt sind und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen (abgeklappte Brandwand) und
- die Dämmstoffe in diesen Bereichen aus nichtbrennbaren Baustoffen (Baustoffklasse A) bestehen.

Brennbare Baustoffe werden nicht über die Brandwände oder den oberen Abschluss dieser Wände sowie den feuerbeständigen Dachflächen (s. o) geführt (§ 29(7) BauO LSA bzw. Abschnitt 5.10.2 MIndBauRL).

Im Bereich von versetzten Brandwänden werden die jeweilige Decke einschließlich ihrer unterstützenden Bauteile entsprechend § 29(4) BauO LSA feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt. An den Außenwänden sind die Brandwände nicht versetzt. Die Abschlüsse in den Brandwänden sind feuerbeständig, dicht- und selbstschließend.

Die Treppenträume liegen z. T. im Verlauf der Brandwände. Die Abschlüsse sind auf beiden Seiten der Brandabschnittstrennung feuerhemmend, rauchdicht und selbstschließend.

Aus brandschutztechnischer Sicht bestehen gegen diese Erleichterungen zu § 29(8) BauO LSA sowie § 29(9) BauO LSA keine Bedenken, da

- die Treppenträume als brandlastfreie Schleusen wirken und
- ein Brandüberschlag über zwei feuerhemmende, rauchdichte und selbstschließende Abschlüsse nicht zu erwarten ist.

4.4.3 Rauchabschnitte

In dem Werkstattgebäude (FB 1) bilden eigene Rauchabschnitte

- der Brandbekämpfungsabschnitt,
- die Brandabschnitte,
- die Geschosse der Brandabschnitte,
- die durch raumabschließende Wände mit Feuerwiderstand abgetrennten Räume und Nutzungen und
- die Treppenträume.

4.4.4 Wände, Pfeiler und Stützen

Brandbekämpfungsabschnitt

Die Anforderungen an die tragenden und aussteifenden Bauteile des Brandbekämpfungsabschnitts werden gemäß Abschnitt 7.6.1 MIndBauRL durch ein Brandlastberechnungsverfahren nach DIN 18230-1 bestimmt (s. Kapitel 4.18). Aus der Berechnung der Brandlasten (q_R) erfolgt über die äquivalente Branddauer (t_a) die Bestimmung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer der Bauteile (erf t_F). Die einzelnen Bauteile des Brandbekämpfungsabschnitts werden in die folgenden unterschiedlichen Brandsicherheitsklassen nach Abschnitt 7.2 MIndBauRL eingeteilt.

Tabelle 1: erforderliche Feuerwiderstandsklasse der Bauteile entsprechend ihrer Brandsicherheitsklassen

| Brandsicherheitsklassen (Bauteile nach Abschnitt 7.2 MIndBauRL) | erforderliche Feuerwiderstandsfähigkeit im BBA | erforderliche Feuerwiderstandsfähigkeit in der Ebene 1 |
|--|---|---|
| SK _b 3: Bauteile mit hohen Anforderungen | feuerhemmend | <i>feuerbeständig</i> |
| SK _b 2: Bauteile mit mittleren Anforderungen | ohne definierten Feuerwiderstand | <i>hochfeuerhemmend</i> |
| SK _b 1: Bauteile mit geringen Anforderungen | ohne definierten Feuerwiderstand | <i>feuerhemmend</i> |
| Bauteile des Dachtragwerkes nach Abschnitt 7.2.4 MIndBauRL | ohne definierten Feuerwiderstand | ohne definierten Feuerwiderstand |

Brandsicherheitsklasse SK_b3 (Abschnitt 7.2.1 MIndBauRL)

Entsprechend ihrer brandschutztechnischen Bedeutung werden an die nachfolgend genannten Bauteile hohe Anforderungen gestellt:

- Wände und Decken, die Brandbekämpfungsabschnitte zu den Seiten, nach oben und nach unten von anderen Brandbekämpfungsabschnitten trennen, Geschossdecken und Decken von Ebenen,
- Trennwände und Decken zur Abtrennung von Brandlasten nach DIN 18230-1 einschließlich ihrer Tragwerke,
- Tragende und aussteifende Bauteile, deren Versagen zum Einsturz der tragenden Konstruktion (Tragwerk, Gesamtkonstruktion) oder der Konstruktion des Brandbekämpfungsabschnitts führen kann,
- Lüftungsleitungen und dergleichen, die Brandbekämpfungsabschnitte überbrücken, einschließlich Brandschutzklappen,
- Installationsschächte und -kanäle, die Brandbekämpfungsabschnitte überbrücken,
- Feuerschutzabschlüsse, Rohrabschottungen, Kabelabschottungen und dergleichen in Bauteilen, die Brandbekämpfungsabschnitte trennen und
- Stützkonstruktion von Behältern mit $\Psi < 1$.

Brandsicherheitsklasse SK_b2 (Abschnitt 7.2.2 MIndBauRL)

Entsprechend ihrer brandschutztechnischen Bedeutung werden an die nachfolgend genannten Bauteile mittlere Anforderungen gestellt:

- Bauteile, deren Versagen nicht zum Einsturz der tragenden Konstruktion (Tragwerk, Gesamtkonstruktion) oder der Konstruktion des Brandbekämpfungsabschnitts führen kann, wie nicht aussteifende Decken von Ebenen; dies gilt nicht für raumabschließende Bauteile wie Geschossdecken und Trennwände,
- Bauteile des Dachtragwerkes, deren Versagen zum Einsturz der übrigen Dachkonstruktion des Brandbekämpfungsabschnitts führen kann, einschließlich ihrer Unterstützungen; dies gilt nicht für Bauteile des Dachtragwerkes, wenn ihr Versagen zum Einsturz der tragenden Konstruktion oder der Konstruktion des Brandbekämpfungsabschnitts führt,
- Lüftungsleitungen und dergleichen, die Bauteile mit geforderter Feuerwiderstandsfähigkeit überbrücken, einschließlich Brandschutzklappen,
- Installationsschächte und -kanäle, die Bauteile mit geforderter Feuerwiderstandsfähigkeit überbrücken und
- Feuerschutzabschlüsse, Rohrabschottungen, Kabelabschottungen und dergleichen in trennenden Bauteilen mit geforderter Feuerwiderstandsfähigkeit.

Brandsicherheitsklasse SK_b1 (Abschnitt 7.2.3 MIndBauRL)

Entsprechend ihrer brandschutztechnischen Bedeutung werden an Bauteile des Dachtragwerkes, sofern das Versagen einzelner Bauteile nicht zum Einsturz der übrigen Dachkonstruktion des Brandbekämpfungsabschnitts führt, geringe Anforderungen gestellt.

Die Einteilung der Bauteile in die Brandsicherheitsklassen erfolgt durch den konstruktiven Brandschutz (Statiker).

Die tragenden und aussteifenden Bauteile im Untergeschoss sind mind. feuerbeständig hergestellt.

Brandabschnitte

Die tragenden und aussteifenden Bauteile der beiden Brandabschnitte im nördlichen Teil des Gebäudes sind in Massivbauweise hergestellt und erfüllen unter Bezug auf Abschnitt 6.2 MIndBauRL aufgrund der Sicherheitskategorie K 2 und der Brandabschnittsflächen von jeweils weniger als 3.600 m² mind. die Anforderungen an feuerbeständige Bauteile.

4.4.5 Trennwände

Im Erdgeschoss des Brandbekämpfungsabschnitts sind die nachfolgenden Räume durch raumabschließende feuerbeständige Trennwände von den angrenzenden Räumen abgetrennt (s. Anlage 3):

- *die Batterielagerräume im Bereich des Treppenraums TR1 („1.0.084 Batterieraum Nickel“ und „1.0.085 Batterieraum Blei“),*
- *das Fett- und Öllager im Bereich der Treppe T6 („1.0.534 Fett- u. Öllager“),*
- *das Lager für Farben im Bereich der Treppe T4 („1.0.790 Farben-Lager“).*

Darüber hinaus sind die folgenden Räume/ Bereiche im Untergeschoss ebenfalls durch raumabschließende feuerbeständige Trennwände abgetrennt (s. Anlage 2):

- *das Lager 2 an der Treppe T8 zum Verschließen des offenen Deckendurchbruchs (s. Kapitel 4.4.6),*
- *der Raum „1.01.199 Gefahrstoffe“,*
- *alle Räume im Untergeschoss, die an einer der Gruben des Brandbekämpfungsabschnitts angrenzen (z. B. „1.01.216 Lager 1 Altteile“, „1.01.207 Überwachung Altteilelager“, „1.01.208 Lager 2 Altteile“).*

Die Nutzungseinheiten NE1 und NE2 im Erdgeschoss des Brandabschnitts BA2 sind untereinander durch eine öffnungslose, feuerbeständige Trennwand abgetrennt.

Die Räume zwischen den Achsen A-C und 15-20 im südwestlichen Obergeschoss (Folienwerkstatt, Archive, Sortierbereich und Flur13) sind durch feuerbeständige Trennwände von der übrigen Werkstatt abgetrennt. Öffnungen in diesen Wänden sind durch feuerhemmende, rauchdichte und selbstschließende Abschlüsse abgetrennt.

Die Trennwände sind bis an die jeweilige Rohdecke bzw. bis unter die Dachhaut geführt. Die Decken *unterhalb bzw.* oberhalb dieser Räume sind mind. raumabschließend und feuerbeständig hergestellt.

Der Abschluss zum Gefahrstofflagerraum im Untergeschoss ist feuerhemmend, rauchdicht und selbstschließend. Zum Lager 2 im Untergeschoss im Bereich der Treppe T8 ist ein feuerbeständiger, dicht- und selbstschließender Abschluss vorhanden. Im Übrigen sind Öffnungen in diesen Wänden durch mind. feuerhemmende, dicht- und selbstschließende Abschlüsse verschlossen.

4.4.6 Decken

Im Brandbekämpfungsabschnitt sind keine Geschossdecken vorhanden. Die Decken zu den Ebenen sind massiv ausgeführt und erfüllen die Anforderungen an SK_b3 Bauteile (Abschnitt 7.2.1 MInd-BauRL). Unter Bezug auf Abschnitt 3.8 MIndBauRL handelt es sich hierbei jedoch nicht um raumabschließende Decken, da sie lediglich Ebenen trennen. Bei der Berechnung der bewerteten Grundfläche nach Abschnitt 7.4 MIndBauRL wurde der Ausbreitungsfaktor entsprechend Tabelle 4 MIndBauRL berücksichtigt. Konservativ wurde hier durchgehend der Faktor $F_A = 1,7$ gewählt.

Die Decken über *sowie unter* den Räumen mit erhöhter Brandgefahr (s. Kapitel 4.4.5) sind raumabschließend und feuerbeständig hergestellt.

Die Geschossdecken der Brandabschnitte sind massiv hergestellt und erfüllen gemäß Tabelle 2 MInd-BauRL mind. die Anforderungen an feuerbeständige Bauteile. *Die Geschossdecken des Untergeschosses sind feuerbeständig hergestellt.*

Das Lager im Brandabschnitt 1 reicht über eine Deckenöffnung zwischen den Achsen 11 und 15 sowie im Bereich der notwendigen Treppe T8 *vom Untergeschoss* bis ins Obergeschoss. Gegen diese Abweichung zu Abschnitt 3.7 MIndBauRL bestehen aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken, da

- durch die vorhandene Brandmeldeanlage mit automatischen Brandmeldern Brände frühzeitig detektiert werden (s. Kapitel 4.13),
- das Lager von anderen Räumen durch mind. feuerbeständige Wände abgetrennt ist und
- *im Untergeschoss lediglich der unmittelbar angrenzende Treppen- bzw. Hubtischbereich mit einer Fläche von lediglich ca. 55 m² angebunden ist und zum übrigen Untergeschoss feuerbeständige Wände und ein feuerbeständiger, dicht- und selbstschließender Abschluss vorhanden ist (s. Anlage 2).*

4.4.7 Wand- und Deckenbekleidungen, Fußbodenbeläge

Die Bekleidungen, Putze, Dämmstoffe, Unterdecken und Einbauten innerhalb der Treppenräume bestehen aus nichtbrennbaren Baustoffen. Die Bodenbeläge, ausgenommen Gleitschutzprofile, sind mind. schwerentflammbar hergestellt (§ 34(5) BauO LSA).

An die Wand- und Deckenbekleidungen sowie Fußbodenbeläge in den übrigen Bereichen des Werkstattgebäudes (FB 1) werden aus brandschutztechnischer Sicht hinsichtlich der Feuerwiderstandsklasse sowie der Baustoffklasse keine Anforderungen gestellt.

4.4.8 Außenwände

Die nichttragenden Außenwände sowie die nichttragenden Teile von tragenden Außenwänden bestehen gemäß § 27(2) BauO LSA aus nichtbrennbaren Baustoffen. Die Oberflächen und Bekleidungen der Außenwände einschließlich der Dämmstoffe und Unterkonstruktionen sind aus mind. schwerentflammenden Baustoffen hergestellt (§ 27(3) BauO LSA). Brennbarer Baustoffe dürfen nicht brennend abfallen oder abtropfen (Abschnitt 5.12.1 MIndBauRL).

In den Bereichen, in denen Brandwände an die Außenwände anschließen, wird in einer Breite von mind. 1 m die Außenwand einschließlich ihrer Bekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt (Abschnitt 5.10.3 MIndBauRL).

4.4.9 Bedachung

Die Dächer des Werkstattgebäudes (FB 1) sind als Flachdächer ausgeführt. Die Bedachungen sind gemäß § 31(1) BauO LSA gegen eine Brandbeanspruchung von außen durch Flugfeuer und strahlende Wärme ausreichend lang widerstandsfähig hergestellt (harte Bedachung). Diese Anforderungen gelten nicht für erforderliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (Abschnitt 5.13.4 MIndBauRL).

Nach Abschnitt 5.13.1 MIndBauRL sind zusammenhängende Dachflächen mit einer Fläche von mehr als 2.500 m² so auszubilden, dass eine Brandweiterleitung innerhalb des Brandbekämpfungsabschnitts über das Dach behindert wird. Das Dach des Obergeschosses zwischen den Achsen A und E entspricht den Vorgaben der DIN 18234-2 /R22/. Die Durchdringungen im Dachbereich sind entsprechend DIN 18232-3 /R23/ bzw. DIN 18232-4 /R24/ (Verzeichnis von Durchdringungen) ausgeführt. Eine Brandweiterleitung über das Dach wird somit behindert. Die übrigen Dachflächen sind aufgrund des Dachaufbaus (s. Ansichten Werkstatt) sowie des oberen Abschlusses der Brandwände nicht als zusammenhängende Dachflächen zu bewerten. Die Flächen innerhalb der Abschnitte sind jeweils kleiner als 2.500 m².

4.5 Rettungswege

4.5.1 Notwendige Flure

Die Errichtung von notwendigen Fluren in Produktions- und Lagerräumen ist nach den Anforderungen der MIndBauRL nicht erforderlich. Gemäß dem Kapitel „Zu 5.6.3“ der Erläuterungen zur Muster-Industriebau-Richtlinie /R8/ ist als Ersatz für die Anbindung an einen notwendigen Flur eine Sichtverbindung und ab einer Grundfläche der Räume von mehr als 20 m² eine Alarmierung der anwesenden Personen in geeigneter Weise erforderlich. Durch die im Gebäude vorhandene Alarmierungsanlage, die durch die automatischen Melder der Brandmeldeanlage ausgelöst wird, werden die anwesenden Personen im Brandfall frühzeitig gewarnt. Die Errichtung von notwendigen Fluren im gesamten Brandbekämpfungsabschnitt ist daher nicht erforderlich.

Für die Nutzungseinheiten im Erdgeschoss des Brandabschnitts BA2 mit Flächen von ca. 202 m² und ca. 262 m² sind keine notwendigen Flure erforderlich, da diese im Wesentlichen nahezu ausschließlich aus nur einem Raum mit direktem Anschluss an die notwendigen Treppenträume bestehen. In der Nutzungseinheit NE1 sind im Übrigen nur Sanitärräume (keine Aufenthaltsräume) vorhanden.

Die Fläche der Büro- und Verwaltungsnutzung im Brandabschnitt 2 im Obergeschoss zwischen den Achsen 25 bis 33 beträgt mit ca. 631 m² mehr als 400 m². Notwendige Flure im Sinne des § 35(1) BauO LSA sind nicht vorhanden. Gegen diese Erleichterung zu § 35(1) BauO LSA bestehen aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken, da

- durch die im Gebäude vorhandene Brandmeldeanlage mit automatischen Brandmeldern eine frühzeitige Alarmierung der Nutzer erfolgt und
- zwei bauliche Rettungswege vorhanden sind.

4.5.2 Notwendige Treppen

Die vertikale Erschließung des Werkstattgebäudes (FB 1) erfolgt über insgesamt **41 Treppen**, die in Abstimmung mit dem Prüfsachverständigen für Brandschutz als notwendige Treppen bezeichnet werden (s. /U29/ bis /U31/). Im Wesentlichen wird das Gebäude über die Treppen TR1 bis TR3 (nördlicher Verwaltungsbereich) erschlossen. **Die Treppe T8 dient der internen Erschließung des Hauptlagers im Brandabschnitt BA1 vom Untergeschoss bis ins Obergeschoss.** Die höherliegenden Ebenen in der Werkstatt sind über die Treppen T4 bis T7 erreichbar. Der Großteil der Treppen des Gebäudes stellen die Treppen zu bzw. in den Gruben unterhalb bzw. zu den Wartungsbühnen oberhalb der Schienenfahrzeuge dar (s. hierzu Anlagen 2 bis 5).

Die nutzbare Breite der Treppen inkl. der Podeste ist für den größten zu erwartenden Verkehr ausgelegt (§ 33(5) BauO LSA). Die tragenden Teile aller notwendigen Treppen sind entsprechend Abschnitt 5.6.10 MIndBauRL aus nichtbrennbaren Baustoffen hergestellt.

4.5.3 Notwendige Treppenräume

Die notwendigen Treppen im nördlichen Teil des Werkstattgebäudes (FB 1) werden jeweils in eigenen notwendigen Treppenräumen (TR1, TR2 und TR3) geführt. **Die beiden Treppen TR1 und TR2 führen vom Untergeschoss bis ins Obergeschoss. Die Treppe TR3 verbindet das Erdgeschoss mit dem Obergeschoss. Die Treppe TR5 im südöstlichen Teil des Gebäudes liegt ebenfalls in einem notwendigen Treppenraum und führt vom Erdgeschoss bis ins Obergeschoss.** Die inneren Umfassungswände sind feuerbeständig in der Bauart von Brandwänden hergestellt (Abschnitt 5.6.10 MIndBauRL) und werden bis unter die Dachhaut geführt (§ 34(4) BauO LSA). Die Außenwände der Treppenräume bestehen aus nichtbrennbaren Baustoffen (Baustoffklasse A). Den oberen Abschluss bildet das Dach. Die Abschlüsse in den Treppenraumwänden sind feuerhemmend, rauchdicht und selbstschließend. Entsprechend § 34(6) BauO LSA dürfen diese über lichtdurchlässige Seitenteile oder Oberlichter verfügen,

sofern die Gesamtbreite des Abschlusses 2,5 m nicht überschreitet. Die Treppenräume können im Erdgeschoss über einen unmittelbaren Ausgang ins Freie verlassen werden.

Die Treppenräume TR1 bis TR3 haben in jedem Geschoss Fenster mit einem freien Querschnitt von mind. 0,5 m², die geöffnet werden können (§ 34(8) BauO LSA). *Der Treppenraum TR5 verfügt über eine Öffnung zur Rauchableitung an oberster Stelle mit einem freien Querschnitt von mind. 1 m². Diese kann vom Erdgeschoss sowie obersten Treppenpodest geöffnet werden.* Die Bekleidungen, Putze, Dämmstoffe, Unterdecken und Einbauten innerhalb der Treppenräume bestehen aus nichtbrennbaren Baustoffen (Baustoffklasse A). Die Bodenbeläge, ausgenommen Gleitschutzprofile, sind mind. schwerentflammbar (Baustoffklasse B1) hergestellt (§ 34(5) BauO LSA).

Die Treppen T4 und T6 werden jeweils innerhalb eines Raums geführt. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um einen notwendigen Treppenraum nach § 34 BauO LSA. An die direkten Umfassungswände werden somit aus brandschutztechnischer Sicht keine weitergehenden Anforderungen gestellt.

Die notwendige Treppe T8 im Brandabschnitt BA1 führt vom Untergeschoss bis ins Obergeschoss und liegt nicht innerhalb eines notwendigen Treppenraums. Dies stellt eine Abweichung zu § 34(1) BauO LSA dar. Hiergegen bestehen aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken, da

- die einzelnen Geschosse der Nutzungseinheit, in der die Treppe T8 liegt, aufgrund der vorhandenen Lagernutzung und dem Hubtisch in einem engen funktionalen Zusammenhang zueinander stehen,*
- im Untergeschoss lediglich der unmittelbar angrenzende Treppenbereich mit einer Fläche von lediglich ca. 55 m² angebunden ist und zum übrigen Untergeschoss feuerbeständige Wände und ein feuerbeständiger, dicht- und selbstschließender Abschluss vorhanden ist (s. Anlage 2)*
- durch die vorhandene Brandmeldeanlage mit automatischen Brandmeldern eine frühzeitige Alarmierung der Nutzer sowie der Feuerwehr erfolgt,*
- für die Nutzungseinheit in jedem Geschoss eine weitere notwendige Treppe zur Verfügung steht, die in einem notwendigen Treppenraum (TR1) geführt wird und*
- die Nutzungseinheit durch mind. feuerbeständige Wände von den umliegenden Räumen/ Bereichen abgetrennt ist.*

4.5.4 Rettungswegführung

4.5.4.1 Allgemeine Anforderungen

Für Industriebauten mit einer Grundfläche von mehr als 1.600 m² sowie für Ebenen und Einbauten mit einer Grundfläche von mehr als 200 m² sind in jedem Geschoss zwei bauliche Rettungswege erforderlich. Produktions- und Lagerräume mit einer Grundfläche von mehr als 200 m² müssen gemäß Abschnitt 5.6.2 MIndBauRL mind. zwei Ausgänge haben. Einer der Rettungswege darf zu anderen Brandabschnitten oder zu anderen Brandbekämpfungsabschnitten führen (Abschnitt 5.6.3 MIndBauRL). Diese müssen Ausgänge ins Freie oder notwendige Treppenräume haben (Abschnitt 5.6.4 MIndBauRL). Die Rettungswege aus in Produktions- und Lagerräumen eingestellten Räumen (Einbauten) dürfen über den gleichen Produktions- und Lagerraum führen (Abschnitt 5.6.3 MIndBauRL).

Bei Ebenen darf der zweite Rettungsweg auch über eine notwendige Treppe ohne notwendigen Treppenraum in eine unmittelbar darunterliegende Ebene oder ein unmittelbar darunterliegendes Geschoss führen, sofern diese Ebene oder dieses Geschoss Ausgänge in mind. zwei sichere Bereiche hat (Abschnitt 5.6.3 MIndBauRL).

Von jeder Stelle eines Raums soll mind. ein Hauptgang in max. 15 m Lauflänge erreichbar sein. Die Hauptgänge sind mind. 2 m breit. Diese müssen möglichst gradlinig auf kurzem Weg zu den Ausgängen ins Freie, zu den notwendigen Treppenräumen, zu Treppen von Ebenen und Einbauten oder zu anderen Brandabschnitten bzw. Brandbekämpfungsabschnitten führen (Abschnitt 5.6.4 MIndBauRL). Die Hauptgänge werden dauerhaft und gut sichtbar markiert und ständig freigehalten.

Die max. zulässige Rettungsweglänge zu einem Ausgang ins Freie, einem notwendigen Treppenraum oder einem anderen Brandabschnitt bzw. Brandbekämpfungsabschnitt ist abhängig von der mittleren Raumhöhe und dem Vorhandensein einer Alarmierungseinrichtung. Die tatsächliche Lauflänge darf nicht mehr als das 1,5-fache der Entfernung betragen (Abschnitt 5.6.8 MIndBauRL). Aus den Vorgaben des Abschnitts 5.6.5 MIndBauRL ergeben sich für den Brandbekämpfungsabschnitt die in der nachfolgenden Tabelle 2 dargestellten max. zulässigen Rettungsweg- und Lauflängen. Aus den Büroräumen im nördlichen Teil des Gebäudes beträgt die zulässige Rettungsweglänge max. 35 m.

4.5.4.2 Ausführung

Tabelle 2: max. zulässige Rettungsweg- und Lauflängen in Abhängigkeit der mittleren Raumhöhen

| Bezeichnung | mittlere Raumhöhe | zulässige Rettungsweglänge | zulässige Lauflänge |
|--|--------------------|----------------------------|---------------------|
| <i>Räume im Untergeschoss</i> | $\leq 5 \text{ m}$ | <i>50 m</i> | <i>75 m</i> |
| Werkstätten auf der Südseite | $\leq 5 \text{ m}$ | 50 m | 75 m |
| Räume und Bereiche zwischen den Achsen C und E | ca. 7,22 m | 58,5 m | 87,5 m |
| Werkstatthalle (Achsen E bis K) | 9,52 m | 68 m | 102 m |

Die vorhandenen Rettungsweglängen aus den einzelnen Bereichen des Werkstattgebäudes (FB 1) unterschreiten die maximal zulässige Rettungsweglänge (s. o.), sodass die bauordnungsrechtlichen Anforderungen erfüllt sind. In den Anlagen zu diesem Brandschutznachweis sind einige Rettungsweglängen dargestellt.

Die Wartungsbühnen für die Dacharbeiten an den Straßenbahnen werden z. T. über Steigleitern erschlossen. Entsprechend Abschnitt 5.6.6 MIndBauRL ist dies zulässig. Von jeder Stelle der Wartungsbühnen ist das Erdgeschoss über eine Treppe bzw. eine Steigleiter innerhalb von max. 50 m erreichbar. Die Fläche der Wartungsbühnen beträgt weniger als 200 m². Ein Rettungsweg über eine Treppe oder eine Steigleiter sind somit ausreichend.

Die Folienwerkstatt auf der südwestlichen Ebene +4,00 m kann über zwei Rettungswege verlassen werden. Zum einen steht die notwendige T4 mit einem unmittelbar angrenzenden Ausgang ins Freie zur Verfügung. Als zweite Möglichkeit kann der Raum über einen Ausgang ins Freie auf die östlich angrenzende Dachfläche und von dort zum Treppenraum TR5 verlassen werden.

Aufgrund des Prüfergebnisses der Prüfung des Brandschutzes der ersten Fortschreibung (s. /U32/) werden für die Technikebene +6,00 m zwei Rettungswege sichergestellt. Einer der Rettungswege führt über die notwendige Treppe T7 ins Erdgeschoss und von dort zu einem Ausgang ins Freie. Zusätzlich wird ein Rettungsweg auf die Dachfläche und von dort bis zur südlich liegenden Außentreppe T10 sichergestellt. Von dort kann der notwendige Treppenraum TR5 erreicht werden, der im

Erdgeschoss ins Freie verlassen werden kann. Der Verlauf dieses Rettungswegs ist in den Anlagen 4 und 5 dargestellt.

Von den übrigen Ebenen ist ein Ausgang zu einem notwendigen Treppenraum (nördlicher Gebäudeteil) oder zu einem Ausgang ins Freie im Erdgeschoss in weniger als die max. zulässigen Rettungsweglängen nach Tabelle 2 erreichbar.

Darüber hinaus handelt es sich vorrangig um Technikräume (Lüftung, Elektro), die lediglich selten und nur zu Wartungszwecken begangen werden müssen. Durch die vorhandene Brandmeldeanlage mit automatischen Brandmeldern erfolgt zusätzlich eine frühzeitige Alarmierung der Nutzer, sodass diese die Räume frühzeitig verlassen können. Gegen die Rettungswege bestehen daher keine Einwände. Die Rettungsweglängen von den verschiedenen Ebenen sind in den Anlagen zu diesem Brandschutznachweis dargestellt.

4.5.5 Sicherheitsbeleuchtung

Eine Sicherheitsbeleuchtung ist für das betrachtete Gebäude bauordnungsrechtlich nicht erforderlich.

Die Ausgänge und der Verlauf der Rettungswege im Werkstattgebäude (FB 1) werden dauerhaft und gut sichtbar durch hinterleuchtete Sicherheitszeichen (Piktogramme) nach DIN ISO 7010 /R25/ gekennzeichnet. Die Größe der Sicherheitszeichen wird so gewählt, dass die Erkennungsweiten eingehalten werden.

4.6 Höchstzulässige Zahl der Nutzer, Grundzüge der Evakuierung

Die Zahl der Nutzer in dem Werkstattgebäude (FB 1) wird bauordnungsrechtlich nicht beschränkt.

Üblicherweise halten sich in dem Gebäude vorwiegend Betriebsangehörige und fremde Personen nur in Begleitung von Mitarbeitern auf. Wegen der Anzahl und der Verteilung der Rettungswege und Ausgänge bestehen gegen die zu erwartende Nutzerzahl keine brandschutztechnischen Bedenken.

Im Brandfall kann das Werkstattgebäude FB 1 aufgrund der baulichen Sicherstellung beider Rettungswege von den Nutzern eigenständig verlassen werden.

4.7 Haustechnische Anlagen

4.7.1 Feuerstätten

Eine Heizungsanlage ist in dem hier betrachteten Gebäude nicht vorhanden. Das Werkstattgebäude FB 1 wird über Fernwärme geheizt.

4.7.2 Aufzüge

In den Treppenträumen TR1 und TR3 ist jeweils ein Aufzug vorhanden. Dieser fährt das Erdgeschoss und das Obergeschoss an. Unter Bezug auf § 38(1) BauO LSA sind für die Aufzüge keine Fahr-schächte nach § 38(2) BauO LSA erforderlich, da die Aufzüge innerhalb eines Treppenraums geführt werden. Der Aufzug im Treppenraum TR1 erhält im Obergeschoss (Durchlader) zum Lager einen feu-erhemmenden, rauchdichten und selbstschließenden Abschluss.

Im Hauptlager im Brandabschnitt BA1 befindet sich ein Hubtisch. Dieser verbindet das Unterge-schoss („1.01.001 Lager 2“) mit dem Erdgeschoss („1.0.001 Hauptlager“). Der unmittelbar angren-zende Lagerraum 2 im Untergeschoss mit einer Fläche von ca. 55 m² ist durch feuerbeständige Wände und einen feuerbeständigen, dicht- und selbstschließenden Abschluss vom übrigen Unterge-schoss abgetrennt.

4.7.3 Technikräume und elektrische Betriebsräume

Elektrische Betriebsräume nach der Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische An-lagen (EltBauVO /R12/) sind in dem Werkstattgebäude FB 1 nicht vorhanden. Die Nennspannung in den Räumen (z. B. Bahnstrom und Elektro in der Ebene +4,00 m) beträgt nach Aussage der jeweiligen Fachplaner weniger als 1.000 V (hier: max. 400 V). Eine brandschutztechnische Abtrennung ist daher nicht erforderlich.

4.7.4 Leitungsanlagen

Bei der Durchführung von Leitungsanlagen durch raumabschließende Bauteile mit Feuerwiderstand werden die Anforderungen der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lei-tungsanlagen (MLAR /R10/) eingehalten. Erleichterungen für die Leitungsdurchführung durch feu-erhemmende Wände sowie für einzeln geführte Leitungen sind möglich, wenn die in Abschnitt 4.2 bzw. Abschnitt 4.3 MLAR aufgeführten Bedingungen und Anforderungen beachtet und umgesetzt werden.

Werden brennbare Leitungen in den notwendigen Treppenräumen geführt, die nicht der unmittelbaren Versorgung dieser Räume dienen, werden diese in Installationskanälen bzw. über Unterdecken verlegt. Sie bestehen aus nichtbrennbaren Baustoffen und sind entsprechend den Anforderungen des Abschnitts 3.5 MLAR ausgeführt.

Schächte, die durch die Geschossdecken der Brandabschnitte geführt werden, werden in der Feuerwiderstandsdauer der Decken (hier: feuerbeständig) hergestellt. Sofern für Wartungszwecke in den Schachtwänden Öffnungen erforderlich sind, werden diese mit feuerbeständigen, dicht- und selbstschließenden Abschlüssen aus nichtbrennbaren Baustoffen verschlossen (§ 30(5) BauO LSA). Installationsschächte, in denen Rohrleitungen mit brennbaren Medien (z. B. Erdgasleitungen) geführt werden, werden abschnittsweise oder im ganzen be- und entlüftet (Abschnitt 3.5.5 MLAR). *Dies gilt gleichermaßen für die Geschossdecken des Untergeschosses, jedoch nicht für die offenen Grubenbereiche.*

An die Umfassungswände der Schächte, die im Brandbekämpfungsabschnitt durch die Decken der Ebenen geführt werden, werden aus brandschutztechnischer Sicht keine Anforderungen gestellt, da an die Decken der Ebenen keine Anforderungen an den Raumabschluss gestellt werden.

Des Weiteren müssen die Leitungsanlagen den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Als anerkannte Regeln der Technik gelten z. B. die Bestimmungen des Verbandes der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e. V. (VDE-Bestimmungen).

4.8 Lüftungsanlagen

Das Werkstattgebäude (FB 1) verfügt über Lüftungsanlagen. In dem Gebäude der Gebäudeklasse 3 werden an die Aufstellräume der Lüftungsanlagen aus brandschutztechnischer Sicht keine besonderen Anforderungen gestellt. Es handelt sich hierbei nicht um Lüftungszentralen im Sinne von Abschnitt 6.4 M-LüAR. Bei der Planung und dem Betrieb der Lüftungsanlagen werden die Anforderungen der Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen (M-LüAR /R11/) beachtet und umgesetzt. Für die Ausführung der Lüftungsanlagen wird ein gesonderter Antrag gestellt. Die Lüftungsleitungen sowie deren Bekleidungen und Dämmstoffe bestehen aus nichtbrennbaren Baustoffen (§ 40(2) BauO LSA und Abschnitt 3.1 M-LüAR).

Die innenliegenden Sanitär- und Abstellräume erhalten für diese Benutzung zugelassene Absperrventile nach den Vorgaben der DIN 18017-3 /R19/. Alternativ können K 90 Brandschutzklappen verwendet werden. Eine Mischung der Systeme innerhalb eines Stranges ist nicht zulässig. Die

Lüftungsleitungen sowie deren Bekleidungen und Dämmstoffe bestehen aus nichtbrennbaren Baustoffen (§ 40(2) BauO LSA und Abschnitt 3.1 M-LüAR).

4.9 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

4.9.1 Wärmeabzug

Die notwendige Wärmeabzugsfläche im **Brandbekämpfungsabschnitt** „Werkstattgebäude“ (FB 1) ergibt sich bei dem Verfahren nach **Abschnitt 7.5.1 MIndBauRL /R7/** aus der Brandlastberechnung nach DIN 18230-1 (s. Kapitel 4.18.2.4). Für die vorhandene Größe des Brandbekämpfungsabschnitts und die vorhandene Brandbelastung ergeben sich Wärmeabzugsflächen

- im Dach von ca. $A_h = 2.215,98 \text{ m}^2$ und
- in den Außenwänden von ca. $A_v = 635,46 \text{ m}^2$.

Die Öffnungen im Dach zwischen den Achsen E und K liegen aufgrund des Dachaufbaus als vertikale Öffnungsflächen vor. Jedoch ist die horizontale Öffnungsfläche in Richtung der Werkstatt der begrenzende Faktor (s. Schnitte Werkstattgebäude /U9/, z. B. Schnitt D-D). Daher werden die Öffnungen im Dach als horizontale Öffnungsflächen angesetzt. Diese liegen als ständig vorhandene Flächen vor. Die angesprochenen vertikalen Flächen sind mit Abschlüssen oder Einrichtungen aus Kunststoffen mit einer Schmelztemperatur von höchstens 300°C verschlossen. Von allen im Dach installierten Wärmeabzugsflächen werden mind. 25 m^2 über den Räumen der Ebene 1 installiert.

Aufgrund der feuerbeständigen Ausführung der tragenden und aussteifenden Bauteile ist für die beiden **Brandabschnitte** (BA1 und BA2) entsprechend Tabelle 2 MIndBauRL kein Nachweis für den Wärmeabzug erforderlich.

4.9.2 Rauchableitung

Räume mit einer Grundfläche von mehr als 200 m² müssen zur Unterstützung der Brandbekämpfung entrauchte werden können. Die Rauchableitung aus der Werkstatt erfolgt in Anlehnung an Abschnitt 5.7.2.1 MIndBauRL über Rauchabzugsgeräte im Dach.

- Je höchstens 400 m² der Dachfläche der Werkstatt wird mindestens ein Rauchabzugsgerät im Dach angeordnet. Die Dachfläche ist ca. 8.070 m^2 groß. Folglich werden mind. 21 Geräte

installiert. Die Geräte werden darüber hinaus so installiert, dass in jedem Wartungsplatz mit raumhohen Wänden ebenfalls ein Geräte installiert ist.

- Die Brandbekämpfungsabschnittsfläche ist max. **13.360 m²** groß. Die aerodynamisch wirksame Fläche der Rauchabzugsgeräte beträgt insgesamt mindestens 1,5 m² je 400 m² Brandbekämpfungsabschnittsfläche, d. h. mind. **51 m²**.
- Die Zuluftflächen sind in der untersten Ebene vorhanden. Diese Öffnungen haben einen freien Querschnitt von mindestens 1 m² und entsprechen dem freien Querschnitt der Rauchabzugsgeräte. Bei einem aerodynamisch wirksamen Beiwert der Rauchabzugsgeräte von z. B. $c_v \geq 0,65$ bedeutet dies eine Zuluftfläche von **51 m² / 0,65 = 78,5 m²**.

Das Lager im Brandabschnitt 1 erhält Öffnungen zur Rauchableitung an der obersten Stelle des Raums mit einem freien Querschnitt von mind. 1 % der Grundfläche des Raums (entsprechend mind. 6,9 m²). Die Zuluftflächen liegen im unteren Raumdrittel und entsprechen in ihrer Größe den Öffnungen zur Rauchableitung. Die Öffnungen zur Rauchableitung werden vorrangig über der Deckenöffnung positioniert um die Wirksamkeit der Rauchableitung zu erhöhen.

Der Raum „1.0.038 Elektronik/ Automatenwerkstatt“ im Brandabschnitt 2 (Erdgeschoss) verfügt über **sieben** öffnbare Fenster mit einer Öffnungsfläche von insg. ca. **13 m²** über die Brandrauch abgeführt werden kann.

Der Raum „1.01.005 Lager 1“ im Untergeschoss des Brandabschnitts BA1 verfügt über eine Fläche von ca. 700 m². Die Rauchableitung erfolgt über eine maschinelle Rauchabzugsanlage. Für den Raum werden mind. zwei Rauchabzugsgeräte bzw. zwei Absaugstellen mit einem Luftvolumenstrom von insg. mind. 20.000 m³/h im oberen Raumdrittel vorgehalten. Die Abluft wird über einen Betonschacht auf der Westseite ins Freie abgeleitet. Die Austrittsöffnung des Schachts hat einen Abstand von mind. 5 m zum Werkstattgebäude. Die Zuluftflächen sind im unteren Raumdrittel angeordnet und so dimensioniert, dass eine Strömungsgeschwindigkeit von max. 3 m/s nicht überschritten wird. Die Zuluft wird über Öffnungen auf der Nordseite zugeführt. Die Rauchabzugsanlage ist nach dem aktuellen Stand der Technik ausgeführt.

Die übrigen Untergeschossräume haben alle eine Fläche von weniger als 200 m². Die Rauchableitung ist über Lichtschächte auf der Nordseite, die natürlichen Rauchabzugsgeräte der Grubenbereiche oder die maschinelle Rauchabzugsanlage des Lagerraums 1 möglich.

Sind Öffnungen, die als Zuluftflächen dienen geschlossen, so müssen diese leicht geöffnet werden können. Dies gilt bei Toren z. B. als erfüllt, wenn diese auch bei Stromausfall geöffnet werden können

(z. B. Kettenzug) und in der Nähe einer Zugangstür liegen (Abschnitt 5.7.4.2 MIndBauRL). Die Öffnungen zur Rauchableitung können von einer jederzeit zugänglichen Stelle aus leicht von Hand bedient werden. Die Rauchabzugsanlagen werden automatisch oder von Hand von einer jederzeit zugänglichen Stelle ausgelöst.

Die Rauchableitung aus den übrigen Räumen des Gebäudes mit einer Fläche von weniger als 200 m² ist über die offenbaren Türen, Tore oder Fenster möglich.

4.10 Alarmierungseinrichtungen

Das Werkstattgebäude (FB 1) erhält eine Alarmierungseinrichtung. Über diese Anlage werden die im Gebäude anwesenden Personen frühzeitig gewarnt. Die Alarmierung erfolgt über ein akustisches Signal, das an jeder Stelle des Gebäudes deutlich wahrgenommen werden kann. Die Alarmierung erfolgt automatisch über die Brandmeldeanlage mit automatischen Brandmeldern (s. Kapitel 4.13). Zusätzlich kann die Alarmierungseinrichtung durch Druckknopfmelder der Brandmeldeanlage im Bereich der Treppenträume und Ausgänge ausgelöst werden. Die Leitungsanlagen und die Alarmierungseinrichtung verfügen über einen Funktionserhalt von mind. 30 Minuten.

4.11 Anlagen, Einrichtungen und Geräte zur Brandbekämpfung

4.11.1 Handfeuerlöscher

Das Werkstattgebäude (FB 1) ist zur Bekämpfung von Entstehungsbränden mit einer ausreichenden Anzahl an Handfeuerlöschern nach den Vorgaben der Ziffer 5.2.1 ASR A2.2 /R28/ ausgestattet. Jeder der Feuerlöscher hat ein Löschvermögen von mind. 9 Löschmitteinheiten.

4.11.2 Wandhydranten

In Abstimmung mit der Berufsfeuerwehr Magdeburg werden in dem Werkstattgebäude (FB 1) Wandhydranten des Typ F an einer nassen Steigleitung vorgehalten. Die Planung wird vor der Ausführung mit der Berufsfeuerwehr Magdeburg abgestimmt.

4.11.3 Gebäudefunkanlage

Während der Bauphase wird in Abstimmung mit der Berufsfeuerwehr Magdeburg die Notwendigkeit einer Gebäudefunkanlage für das Werkstattgebäude (FB 1) geprüft.

4.12 Sicherheitsstromversorgungsanlagen

Eine Sicherheitsstromversorgung mit einem Funktionserhalt der Leitungsanlagen über mindestens 30 min ist erforderlich für

- die Brandmeldeanlage,
- die Alarmierungseinrichtung,
- die Rauchabzugsgeräte, sofern diese elektrisch betrieben werden und nicht bei Stromausfall selbsttätig öffnen und
- *die maschinelle Rauchabzugsanlage.*

Betriebsgelände

Die Ausführung der Pumpen, die die Hydranten auf dem Betriebsgelände mit Wasser aus dem *Löschwassertank* versorgen, wird analog zur Anlage für die selbsttätige Feuerlöschanlage in der Abstellhalle (FB 3) ausgeführt.

4.13 Brandmeldeanlagen

Das Werkstattgebäude (FB 1) erhält eine Brandmeldeanlage der Kategorie 1 (Vollschutz) mit automatischen und nichtautomatischen Brandmeldern nach DIN 14675 /R18/ und DIN VDE 0833-2 /R26/. Die Anlage ist direkt zur Leitstelle der Feuerwehr aufgeschaltet. Die Planung der Brandmeldeanlage wird vor der Ausführung mit der Berufsfeuerwehr Magdeburg abgestimmt.

Der Aufstellraum für die Brandmeldezentrale befindet sich im *südwestlichen* Teil der Abstellhalle (FB 3). Der Raum wird nicht anderweitig genutzt. Er ist durch mind. feuerhemmende Wände und feuerhemmende, dicht- und selbstschließende Abschlüsse von der Abstellhalle (FB 3) abgetrennt. Alternativ kann die Brandmeldezentrale in einem zugelassenen feuerhemmenden Brandschutzgehäuse installiert werden.

4.14 Steuerungstechnische Zusammenhänge

Bei der Detektion eines Brands wird die Alarmierungseinrichtung des Gebäudes durch die Brandmeldeanlage automatisch ausgelöst, wodurch die Nutzer des Gebäudes gewarnt werden. Gleichzeitig erfolgt eine automatische Alarmierung der Feuerwehr (Anlage ist aufgeschaltet).

Bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung wird durch die Sicherheitsstromversorgung automatisch die Weiterversorgung der sicherheitstechnischen Anlagen und Einrichtungen sichergestellt.

Die Zuluftführung der maschinellen Rauchabzugsanlage im Untergeschoss des Brandabschnitts BA1 muss durch automatische Ansteuerung spätestens gleichzeitig mit Inbetriebnahme der Rauchabzugsanlage erfolgen.

Sofern Brandschutztüren mit Feststellanlagen ausgestattet sind, werden diese durch lokale Rauchmelder ausgelöst. Eine zentrale Ansteuerung durch die Brandmeldeanlage ist nicht erforderlich.

4.15 Feuerwehrpläne

Für das gesamte Betriebsgelände werden entsprechend Abschnitt 5.14.2 MIndBauRL Feuerwehrpläne nach DIN 14095 /R15/ erstellt, vor Fertigstellung mit der Berufsfeuerwehr Magdeburg abgestimmt und in ausreichender Anzahl zur Verfügung gestellt.

4.16 Betriebliche Maßnahmen zur Brandverhütung

4.16.1 Brandschutzordnung

Für das Betriebsgelände wird gemäß Abschnitt 5.14.4 MIndBauRL eine Brandschutzordnung, bestehend aus den Teilen A, B und C, gemäß den Vorgaben der DIN 14096 /R16/ aufgestellt. Die Brandschutzordnung enthält u. a. Regelungen über das Verhalten bei einem Brand und der Räumung des Gebäudes sowie die Lage und Bedienung der sicherheitstechnischen Einrichtungen (Feuerlöscher, Rauchabzüge, Brandmelde- und Feuerlöschanlage). Die Betriebsangehörigen werden bei Beginn des Arbeitsverhältnisses und danach in Abständen von höchstens zwei Jahren u. a. über die Inhalte der Brandschutzordnung belehrt (Abschnitt 5.14.5 MIndBauRL).

4.16.2 Brandschutzbeauftragter

Für das Betriebsgelände ist ein Brandschutzbeauftragter bestellt (Abschnitt 5.14.3 MIndBauRL). Dieser hat die Einhaltung des genehmigten Brandschutznachweises sowie sich daraus ergebene betriebliche Brandschutzanforderungen zu überwachen. Festgestellte Mängel sind dem Betreiber zu melden. Die Aufgaben des Brandschutzbeauftragten sind in der Brandschutzordnung Teil C schriftlich festgelegt.

4.16.3 Organisatorische Maßnahmen zur Brandverhütung

Zur Verhinderung der Ausbreitung von Feuer und Rauch sowie zur Vermeidung von möglichen Paniksituationen und zur Unterstützung der Menschenrettung werden nachstehende Verhaltensregeln beachtet und umgesetzt:

- Die Mitarbeiter werden bei Beginn des Arbeitsverhältnisses und danach in Abständen von höchstens zwei Jahren über die Rettungswege, die Brandschutzordnung sowie über die brandschutztechnischen Einrichtungen und ihre Wirkungsweisen wie z. B. der Feuerlöscher, Brandmelde- und Feuerlöschanlagen informiert.
- Die Rettungswege im Gebäude und auf dem Grundstück sowie Zufahrten und Bewegungsflächen für Einsatzfahrzeuge der Polizei, Feuerwehr und des Rettungsdiensts müssen ständig frei gehalten werden.
- Die Rettungswege und Einrichtungen zur Brandbekämpfung dürfen durch Einrichtungen und Gegenstände nicht zugestellt werden.
- Türen, an die Brandschutzanforderungen gestellt werden, dürfen in geöffnetem Zustand auch nicht vorübergehend festgestellt werden. Sollen Türen offen gehalten werden, so erhalten diese bauaufsichtlich zugelassene Feststelleinrichtungen.
- Es wird betrieblich sichergestellt, dass sämtliche Türen im Zuge von Rettungswegen während der Betriebszeit unverschlossen und zugänglich sind. Die Türen können jederzeit von innen, leicht und in voller Breite geöffnet werden.
- Türen im Zuge von Rettungswegen, die im laufenden Betrieb verschlossen werden sollen, sind so herzustellen, dass sie von innen jederzeit, leicht und in voller Breite geöffnet werden können (z. B. durch zugelassene Schließsysteme, Türwächter).
- Beschränkungen und Anforderungen an die Lagerung/ Nutzung (Hauptgänge etc.) werden in die Brandschutzordnung aufgenommen und vom verantwortlichen Brandschutzbeauftragten bestätigt.

- Bei der Durchführung feuergefährlicher Arbeiten (z. B. Schweiß- und Lötarbeiten, Schneid- und Schleifarbeiten) sind die Regelungen des Arbeitsstättenrechts und die Unfallverhütungsvorschriften der zuständigen Berufsgenossenschaften zu beachten.
- Brennbare Abfälle sind mind. täglich bei Beendigung der Arbeit aus den Arbeitsräumen zu entfernen. Sie sind im Freien mit sicherem Abstand oder in feuerbeständig abgetrennten Räumen zu lagern.
- Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung werden gegebenenfalls erforderliche Maßnahmen des Explosionsschutzes geprüft (nicht Bestandteil des Brandschutznachweises).

4.16.4 Flucht- und Rettungspläne

Für das Gebäude sind Flucht- und Rettungspläne nach DIN ISO 23601 /R26/ vorhanden.

4.16.5 Brandschutz während der Bauausführung

Während der Baumaßnahme muss der Brandschutz beachtet werden. Der für die Baumaßnahme verantwortliche Bauleiter hat den Brandschutz auf der Baustelle sicherzustellen. Die aktuellen Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften liefern Hinweise, was bei der Einrichtung der Baustelle, bei der Verwendung von Feuer und offener Flamme, bei brandgefährlichen Geräten und Arbeiten, bei brand- und explosionsgefährlichen Stoffen, bei der Rettung von Personen und dem Löschen von Bränden sowie bei Verbrennungen (Erste Hilfe) beachtet werden muss. Während der Dauer der Baumaßnahme werden Zufahrten zu benachbarten Grundstücken und Löschwasserentnahmestellen auf dem Grundstück sowie im Bereich der öffentlichen Verkehrsflächen nicht durch Baumaschinen oder Container versperrt, eingeengt oder anders unzugänglich gemacht.

Es liegen Bauphasenpläne vor. Im Rahmen der Ausführung werden separate Baustelleneinrichtungspläne in Abstimmung mit der Berufsfeuerwehr Magdeburg erstellt und der Genehmigungsbehörde vorgelegt. In diesen Plänen werden u. a. brandschutztechnische Angaben hinsichtlich der Zufahrten und Bewegungsflächen sowie zu Löschwasserentnahmemöglichkeiten etc. gemacht.

4.16.6 Prüfung technischer Anlagen

Gemäß § 1 TAnlVO /R5/ werden die folgenden technischen Anlagen und Einrichtungen durch Prüf-sachverständige bzw. Sachkundige vor der ersten Inbetriebnahme, unverzüglich nach wesentlichen Änderungen und wiederkehrend hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Betriebssicherheit geprüft. In der

nachfolgenden Tabelle 3 sind die zu prüfenden Anlagen bzw. Einrichtungen, die jeweiligen Prüf Fristen sowie die Art des Prüfers angegeben.

Tabelle 3: Prüf Fristen der technischen Anlagen / Einrichtungen

| Prüfung durch anerkannte Prüfsachverständige für technische Anlagen und Einrichtungen | |
|--|---|
| technische Anlage / Einrichtung | Prüf Frist der wiederkehrenden Prüfung |
| Rauchabzugsanlagen | 3 Jahre |
| Feuerlöschanlagen | 3 Jahre |
| automatische Brandmelde- und Alarmierungsanlagen | 3 Jahre |
| Sicherheitsstromversorgungsanlagen und zugehörige Anlagen und Einrichtungen des Brandschutzes, z. B. Sicherheitsbeleuchtung (inkl. Anlagen der Allgemeinstromversorgung, soweit sie in unmittelbarem Zusammenhang mit der Sicherheitsstromversorgung stehen) | 3 Jahre |
| Prüfung durch Sachkundige nach § 3(1) TAnlVO | |
| technische Anlage / Einrichtung | Prüf Frist der wiederkehrenden Prüfung |
| Blitzschutzanlagen | 5 Jahre |
| natürliche Rauchabzugsanlagen, die nur manuell oder zusätzlich über Schmelzlot ausgelöst werden | 3 Jahre |
| Feststellanlagen von selbsttätig schließenden Feuer- und Rauchschutztüren | 3 Jahre |
| elektrische Verriegelungen von Türen in Rettungswegen | 3 Jahre |
| automatische Schiebetüren in Rettungswegen | 3 Jahre |

4.17 Abweichende Ausführungen zu den materiellen Anforderungen

Es wurden die nachfolgenden aufgeführten bauordnungsrechtlichen Abweichungen/ Erleichterungen von den bauordnungsrechtlichen Vorschriften festgestellt. In den genannten Kapiteln dieses

Nachweises sind die Abweichungen/ Erleichterungen in markierten Absätzen herausgestellt und begründet. *Hierbei handelt es sich um bereits genehmigte Abweichungen/ Erleichterungen. Eine erneute Zustimmung der Genehmigungsbehörde ist somit nicht erforderlich.*

| | | |
|---|--|------------------|
| § 29(8) BauO LSA | feuerhemmende, rauchdichte und selbstschließende | s. Kapitel 4.4.2 |
| § 29(9) BauO LSA | Abschlüsse im Verlauf der Brandwände zu den Treppenträumen | |
| Abschnitt 5.10.3 MIndBauRL | Brandwände nicht über Dach geführt | s. Kapitel 4.4.2 |
| § 35(1) BauO LSA | Büro- und Verwaltungsnutzung im Obergeschoss vom BA2 mit einer Nutzfläche von ca. 631 m² ohne notwendige Flure | s. Kapitel 4.5.1 |

Bei der Ausarbeitung der vorliegenden Fortschreibung zum Brandschutznachweis wurden die nachfolgenden Abweichungen/ Erleichterungen festgestellt. Diese bedürfen der Zustimmung durch die Genehmigungsbehörde.

| | | |
|--|--|-------------------------|
| <i>Abschnitt 3.7</i> <i>MIndBauRL</i> | <i>offener Deckendurchbruch zwischen den Achsen 11 und 15 vom Untergeschoss bis ins Obergeschoss</i> | <i>s. Kapitel 4.4.6</i> |
| <i>§ 34(1) BauO LSA</i> | <i>notwendige Treppe T8 nicht in einem notwendigen Treppenraum geführt</i> | <i>s. Kapitel 4.5.3</i> |

4.18 Rechenverfahren des Brandschutzingenieurwesens

Bei der Ermittlung der zulässigen Flächen des Brandbekämpfungsabschnitts und die erforderliche Feuerwiderstandsdauer $\text{erf } t_F$ der Bauteile wurde auf Methoden des Brandschutzingenieurwesens zurückgegriffen. Die genannten Anforderungen wurden gemäß Abschnitt 7.4 und Abschnitt 7.6.1 MIndBauRL in Verbindung mit dem Rechenverfahren nach DIN 18230-1 bestimmt.

4.18.1 Anwendung der DIN 18230-1

Für das Verfahren ist die Ermittlung der äquivalenten Branddauer t_a nach DIN 18230-1 für den Brandbekämpfungsabschnitt erforderlich. Für die Ermittlung der zulässigen Brandbekämpfungsabschnittsgröße und der Anforderungen an den Feuerwiderstand der tragenden Bauteile im Gebäude wird der globale Nachweis herangezogen. Entsprechend Kapitel 4.1.4 der DIN 18230 werden für die Ebenen

Ebenennachweise durchgeführt. Ist die dabei berechnete äquivalente Branddauer der Ebenen $t_{ä, Ei}$ größer als im globalen Nachweis, so ist für die Bauteilbemessung der Ebenen der Wert von $t_{ä, Ei}$ maßgebend.

Die Brandbelastung sowie die horizontalen Wärmeabzugsflächen sind im Brandbekämpfungsabschnitt hinreichend gleichmäßig verteilt, sodass unter Bezug auf Ziffer 5.4.1 und Ziffer 5.4.2 DIN 18230-1 ein Teilflächennachweis nicht durchgeführt werden muss.

4.18.2 Brandbekämpfungsabschnitt „Werkstatt“

4.18.2.1 Ermittlung der äquivalenten Branddauer $t_{ä}$

Die äquivalente Branddauer $t_{ä}$ ist die Zeitdauer, bei der im betrachteten Brandbekämpfungsabschnitt im Normbrand nach DIN 4102-2 näherungsweise dieselbe Wirkung erreicht wird wie im natürlichen Schadensfeuer. Ermittelt wird diese Zeitdauer nach Gl. 1 (Kapitel 4.2 DIN 18230-1) als Produkt aus

- der rechnerischen Brandbelastung q_R
- dem Umrechnungsfaktor c und
- dem Wärmeabzugsfaktor ω .

$$t_{ä} = q_R * c * \omega \quad (\text{Gl. 1})$$

In den nachfolgenden Kapiteln werden die jeweiligen Annahmen festgelegt bzw. die notwendigen Berechnungen für den Brandbekämpfungsabschnitt durchgeführt. Die in den Kapiteln ermittelten Werte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 4: Übersicht der erforderlichen Werte

| | |
|---|--|
| Bezeichnung Brandbekämpfungsabschnitt | Werkstatt |
| Brandbekämpfungsabschnittsfläche | $A_{\text{Werkstatt}} \approx 13.360 \text{ m}^2$ |
| rechnerische Brandbelastung q_R | $q_{R, \text{Werkstatt}} \approx 95,878 \text{ kWh/m}^2$ |
| Umrechnungsfaktor c | $c = 0,25 \text{ min} \cdot \text{m}^2/\text{kWh}$ |
| Wärmeabzugsfaktor ω | $\omega_{\text{Werkstatt}} = 0,5$ |

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 4 aufgeführten Werte ergibt sich nach Gl. 1 für den Brandbekämpfungsabschnitt „Werkstatt“ die folgende Branddauer:

$$t_{\text{ä, Werkstatt}} = 11,98 \text{ Minuten}$$

4.18.2.2 Rechnerische Brandbelastung q_R

Die rechnerische Brandbelastung q_R setzt sich gemäß der folgenden Gl. 2 aus der Brandbelastung der im Betrachtungsbereich (hier: Brandbekämpfungsabschnitt „Werkstatt“) vorhandenen Stoffe zusammen. Grundsätzlich sind alle brennbaren Stoffe hierbei einzubeziehen, wobei nach den Kapiteln 6.4.2 und 6.4.3 der DIN 18230-1 unter bestimmten Voraussetzungen Brandlasten gänzlich oder teilweise unberücksichtigt bleiben können. Brandlasten werden in ungeschützte und geschützte Stoffe in geschlossenen Systemen (Kapitel 6.4.4 und 6.4.5 DIN 18230-1) unterteilt.

$$q_R = q_{R,u} + q_{R,g} \quad (\text{Gl. 2})$$

$q_{R,u}$ = Brandbelastung durch ungeschützte Stoffe [kWh/m²]

$q_{R,g}$ = Brandbelastung durch geschützte Stoffe [kWh/m²]

Die Brandlasten wurden in Abstimmung mit dem Betreiber ermittelt. Die Brandlasten sind in Tabelle 5 und Tabelle 6 auf den nachfolgenden Seiten aufgelistet. Eine Korrektur des m-Faktors nach DIN 18230-3 ist aufgrund einer Lagerhöhe von max. 4,5 m nicht erforderlich.

Tabelle 5: Brandlasten im Brandbekämpfungsabschnitt „Werkstatt“ (Teil 1)

| ERFASSUNG DER BRENNBAREN STOFFE | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|-----|---|---|---|
| 1. Globaler Nachweis (Werkstattgebäude) | | | | | | | | | |
| Brennbarer Stoff | Art des Stoffes | Menge des brennbaren Stoffes (E) | Abbbrandfaktor m | ψ für h > 4,5 m | Heizwert H _u (kWh/E) | ψ | bewertete Brandlast S ⁺ (MJ/h _u ·m ²) | u | u _g =u _g /geschützt |
| Erdgeschoss - Werkstattgebäude | | | | | | | | | |
| Stadtbahnen | Bombardier Transportation GmbH: Straßenbahn MGT K 2 (3.043 MJ/m entsprechend 846,278 kWh/m), Straßenbahnlänge ca. 38 m, max. 15 Stück = 570 m; E = m | 570 | 1,0 | 1,000 | 846,278 | 1,0 | 481.808 | u | |
| Mechanische-Werkstatt | Kommentar zu DIN 18230: Mechanische Werkstatt (92 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 128,8 m ² ; E = m ² | 128,8 | 1,0 | 1,000 | 92,0 | 1,0 | 11.850 | u | |
| Drehgestell-Werkstatt | Kommentar zu DIN 18230: Mechanische Werkstatt (92 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 605,5 m ² + ca. 246 m ² = 851,5 m ² ; E = m ² | 851,5 | 1,0 | 1,000 | 92,0 | 1,0 | 78.338 | u | |
| Kunststoffbearbeitung | Kommentar zu DIN 18230: Kunststoffverarbeitung (152 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 22 m ² ; E = m ² | 22 | 1,0 | 1,000 | 152,0 | 1,0 | 3.344 | u | |
| Polsterei | Kommentar zu DIN 18230: Möbelfabrik (152 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 50,9 m ² ; E = m ² | 50,9 | 1,0 | 1,000 | 152,0 | 1,0 | 7.737 | u | |
| Tischlerei | sia Dokument 81: Holzwaren, Zimmerei (700 MJ/m ² entsprechend 194 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 72 m ² ; E = m ² | 72 | 1,0 | 1,000 | 194,0 | 1,0 | 13.968 | u | |
| Malenwerkstatt | sia Dokument 81: Maler-Werkstätte (500 MJ/m ² entsprechend 139 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 55,3 m ² ; E = m ² | 55,3 | 1,0 | 1,000 | 139,0 | 1,0 | 7.687 | u | |
| Werkstatt Klimageräte | Kommentar zu DIN 18230: Mechanische Werkstatt (92 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 122,2 m ² ; E = m ² | 122,2 | 1,0 | 1,000 | 92,0 | 1,0 | 11.242 | u | |
| Prüffeld | Kommentar zu DIN 18230: Elektrowerkstatt (119 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 29,1 m ² ; E = m ² | 29,1 | 1,0 | 1,000 | 119,0 | 1,0 | 3.463 | u | |
| Elektrowerkstatt | sia Dokument 81: Werkstätte, Elektro- (600 MJ/m ² entsprechend 167 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 111,9 m ² ; E = m ² | 111,9 | 1,0 | 1,000 | 167,0 | 1,0 | 18.687 | u | |
| Türenwerkstatt | sia Dokument 81: Türen, Kunststoff- (700 MJ/m ² entsprechend 194 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 37 m ² ; E = m ² | 37 | 1,0 | 1,000 | 194,0 | 1,0 | 7.178 | u | |
| Schleif- / Vorbereitungswerkstatt Komponenten | sia Dokument 81: Feinmechanische Werkstatt (200 MJ/m ² entsprechend 56 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 74,4 m ² ; E = m ² | 74,4 | 1,0 | 1,000 | 56,0 | 1,0 | 4.166 | u | |
| Blechbearbeitung | Kommentar zu DIN 18230: Mechanische Werkstatt (92 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 154,8 m ² ; E = m ² | 154,8 | 1,0 | 1,000 | 92,0 | 1,0 | 14.242 | u | |
| Schweißerei, Schweißgeräte | Kommentar zu DIN 18230: Mechanische Werkstatt (92 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 356 m ² ; E = m ² | 356 | 1,0 | 1,000 | 92,0 | 1,0 | 32.752 | u | |
| Gabelstapler | sia Dokument 81: Metallbearbeitung (200 MJ/m ² entsprechend 56 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 37 m ² + ca. 37 m ² = ca. 74 m ² ; E = m ² | 74 | 1,0 | 1,000 | 56,0 | 1,0 | 4.144 | u | |
| Hydraulikwerkstatt | Bellicke, Bautechnischer Brandschutz: Gabelstapler, 10MN (534,8 kWh/Stk., m = 1,0), max. 8 Stück; E = Anzahl | 8 | 1,0 | 1,000 | 534,8 | 1,0 | 4.278 | u | |
| Büroflächen | sia Dokument 81: Werkstätte, Reparatur- (400 MJ/m ² entsprechend 111 kWh/m ² , m = 1,0), ca. 116,3 m ² ; E = m ² | 116,3 | 1,0 | 1,000 | 111,0 | 1,0 | 12.909 | u | |
| | sia Dokument 81: Büro, technisches (600 MJ/m ² entsprechend 167 kWh/m ² , m = 1,0), gesamt ca. 261 m ² ; E = m ² | 261 | 1,0 | 1,000 | 167,0 | 1,0 | 43.587 | u | |
| 2 kg/m2 Dachbahn mit Rohfizenlage o.ä. | | 20.980 | 0,5 | | | | | | |
| keine brennbare Dämmung auf dem Dach vorhanden | | | | | | | | | |
| Elektro-Installation | | | | | | | | | |
| Zuschlag | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 87.773 | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| </ | | | | | | | | | |

Tabelle 6: Brandlasten im Brandbekämpfungsabschnitt „Werkstatt“ (Teil 2)

| | | | | | | | | | |
|--|--|-------------|---------------------------------|-------|-------------------------------------|-----|---------|-------|---|
| Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH 1360(E)-21_Magdeburger Verkehrsbetriebe | | | | | | | | | |
| ERFASSUNG DER BRENNBAREN STOFFE | | | | | | | | | |
| 1. Globaler Nachweis (Werkstattgebäude) | | | | | | | | | |
| Bereichsfläche = 2.550,00 m² | | | | | | | | | |
| Lagerhöhe <= 4,50 m | | | | | | | | | |
| Brennbarer Stoff | Art des Stoffes | maßgebend m | Heizwert H _u (kWh/E) | ψ | bewertete Brandlast S (MJ/m², m³/y) | | | | |
| Übertrag der Brandlast von Vorseite | | | | | 965.504 | | | | |
| Obergeschoss und Technikgeschoss - Werkstattgebäude | | | | | | | | | |
| Lüftung 5 und Lüftung Waschhalle | sia Dokument 81: Blechwaren (100 MJ/m² entsprechend 28 kWh/m², m = 1,0), ca. 226 m² + 39 m² = 265 m²; E = m² | 265 | 1,0 | 1,000 | 28,0 | 1,0 | 7.420 | u | |
| Bahnstrom, Elektro | sia Dokument 81: Werkstätte, Elektro- (600 MJ/m² entsprechend 167 kWh/m², m = 1,0), ca. 112,5 m²; E = m² | 112,5 | 1,0 | 1,000 | 167,0 | 1,0 | 18.788 | u | |
| Schaltanlagen | Schaltanlage, Relaisraum (250 kWh/m², m = 1,0), ca. 153,3 m²; E = m² | 153,3 | 1,0 | 1,000 | 250,0 | 1,0 | 38.325 | u | |
| Büroflächen | sia Dokument 81: Büro, technisches (600 MJ/m² entsprechend 167 kWh/m², m = 1,0), ca. 615 m²; E = m² | 615 | 1,0 | 1,000 | 167,0 | 1,0 | 102.705 | u | |
| Lüftung 1 bis 3 | sia Dokument 81: Blechwaren (100 MJ/m² entsprechend 28 kWh/m², m = 1,0), gesamt ca. 860,2 m²; E = m² | 860,2 | 1,0 | 1,000 | 28,0 | 1,0 | 24.086 | u | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| keine brennbare Dachhaut vorhanden | | | | | | | | | |
| keine brennbare Dämmung auf dem Dach vorhanden | | | | | | | | | |
| Elektro-Installation | | | | | | | | | |
| Zuschlag | | | | | | | | 7.650 | u |
| 116.448 | | | | | | | | | |
| = 1.280.925 | | | | | | | | | |

Geschützte Stoffe in geschlossenen Systemen nach Kapitel 6.4.2 DIN 18230-1 liegen im Brandbekämpfungsabschnitt „Werkstatt“ nicht vor. Somit entspricht die rechnerische Brandbelastung ausschließlich der Brandbelastung durch ungeschützte Baustoffe. Diese wird durch Gl. 3 ermittelt:

$$q_{R,u} = \sum M_i * H_{ui} * m_i / A_B \quad (\text{Gl. 3})$$

M_i = Masse/Menge des Stoffes H_{ui} = Heizwert m_i = Abbrandfaktor A_B = Fläche des BBA

Der Abbrandfaktor m ist ein dimensionsloser Beiwert, welcher das Brandverhalten des jeweiligen Stoffes berücksichtigt.

Die Heizwerte wurden aus verschiedenen Literaturquellen und der DIN 12830-3 „Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 3: Rechenwerte“ entnommen. Sofern unterschiedliche Werte für den jeweiligen Stoff vorlagen, wurden die ungünstigeren Werte herangezogen. Weiterhin wurden folgende Annahmen getroffen:

- Für die Flächen der Bürobereiche (inkl. der Flure etc.) wird großflächig eine gleichmäßige Brandbelastung von 167,0 kWh/m² gemäß dem SIA-Dokument 81 /L1/ angesetzt.
- Für die elektrische Installation wird eine pauschale Brandlast von 3,0 kWh/m² angesetzt.

Die rechnerische Brandbelastung q_R beträgt unter den genannten Vorgaben für den betrachteten Brandbekämpfungsabschnitt:

$$q_{R, \text{Werkstatt}} = 1.280.925 \text{ kWh} / 13.360 \text{ m}^2 \approx 95,878 \text{ kWh/m}^2 \text{ }^1$$

Die nach Kapitel 6.1 DIN 18230-1 erforderliche Mindestbrandbelastung von 15 kWh/m² ist somit überschritten.

4.18.2.3 Umrechnungsfaktor c

Der Umrechnungsfaktor c berücksichtigt bei der Berechnung der äquivalenten Branddauer den Einfluss des Wärmeabflusses durch die Umfassungsbauteile. Er ist abhängig von den Baustoffen, aus

¹ Bei der Berechnung wurden z. T. Werte aus dem SIA-Dokument 81 bzw. der Normenreihe DIN 18230 verwendet. Bei Fertigstellung und regelmäßig wiederkehrend sind die vorhandenen Brandlasten zu hinterfragen. Bei einer Änderung ist eine Bewertung entsprechend dem Abschnitt 9 MIndBauRL durchzuführen.

denen die Umfassungsbauteile bestehen. Aufgrund der konservativen Annahme, dass durch den großflächigen Brandbekämpfungsabschnitt und der daraus resultierenden niedrigen Temperaturen die Wirkung der Dämmung im Brandfall nicht versagt beträgt der Umrechnungsfaktor c nach Tabelle 1 der DIN 18230-1

$$c = 0,25 \text{ min m}^2/\text{kWh}$$

4.18.2.4 Wärmeabzugsfaktor ω

Wie in Kapitel 4.18.2.1 beschrieben, ist zur Ermittlung der äquivalenten Branddauer die Berechnung des Wärmeabzugsfaktors ω notwendig. Dieser berücksichtigt zu welchem Anteil beim Brand entstehende Wärme aus dem betrachteten Brandbekämpfungsabschnitt über offene oder offenbare Flächen abgeführt wird.

Der Wärmefaktor ω wird wie folgt berechnet:

$$\omega = \omega_0 * \alpha_w \quad (\text{Gl. 5})$$

Die Gl. 5 setzt sich aus verschiedenen Teilfaktoren bzw. Verhältniswerten nach den Grundgleichungen aus Kapitel 8.3 DIN 18230-1 zusammen.

α_w ist ein Faktor zur Berücksichtigung der mittleren Höhe (h) des maßgebenden Bemessungsabschnittes. Bei einer mittleren Höhe des Brandbekämpfungsabschnitts von ca. 9 m ergibt er sich nach DIN 18230-1 zu

$$\alpha_w = (6/h)^{0,3} = (6/9)^{0,3} = 0,89.$$

Für die Bestimmung von ω_0 sind nach der aus DIN 18230-1 entnommenen Gl. 6 weitere Berechnungen notwendig. Der Mindestwert für den Faktor ω_0 liegt bei 0,5.

$$\omega_0 = 1,0 + 145,0 * (0,4 - a_v)^4 / 1,6 + \beta_w * a_h \quad (\text{Gl. 6})$$

a_v , Werkstatt und a_h , Werkstatt sind Quotienten aus den vertikalen bzw. horizontalen Öffnungen in den Außenwänden bzw. im Dach und der Fläche des betrachteten Brandbekämpfungsabschnitts. Als Wärmeabzugsflächen dürfen die in Kapitel 8 der DIN 18230-1 aufgeführten Flächen angerechnet werden. In der folgenden Tabelle 7 sind die im Brandbekämpfungsabschnitt vorhandenen vertikalen

Wärmeabzugsflächen aufgelistet. Als Wärmeabzugsfläche wird entsprechend Kapitel 8.2 DIN 18230-1 vereinfacht 85 % der Rohbaufläche angesetzt (Spalte 9 Tabelle 7).

Tabelle 7: vertikale Wärmeabzugsflächen im Brandbekämpfungsabschnitt „Werkstatt“

| Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH 1360(E)-21_Magdeburger Verkehrsbetriebe | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------|--------|----------|--------|---------------|---------------------|--------|---------------------------|------------------------------|------------------|--|
| Ermittlung der vertikalen Öffnungsflächen A_v | | | | | | | | | | | | |
| 1. Globaler Nachweis (Werkstattgebäude) (mittlere Höhe = 9 m) | | | | | | | | | | | | |
| laufende Nr. | Öffnung | Faktoren für Verglasungen | Anzahl | Breite b | Höhe h | Brüstungshöhe | mittlere Hallenhöhe | Faktor | geometrische Einzelfläche | geometrische Fläche * Faktor | Fläche für A_v | Fläche für $A_{v,ab}$ (nur obere Hälfte) |
| | | | | m | m | m | m | | m ² | | m ² | m ² |
| 1 | Rolltor 3,51 m breit | 1,00 | 1 | 3,51 | 3,75 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 13,16 | 11,19 | 11,19 | --- |
| 2 | Rolltor 2,51 m breit | 1,00 | 1 | 2,51 | 3,16 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 7,93 | 6,74 | 6,74 | --- |
| 3 | Falttore 5,50 m breit | 1,00 | 8 | 5,50 | 5,79 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 31,85 | 27,07 | 216,55 | 48,25 |
| 4 | Falttore 5,80 m breit | 1,00 | 2 | 5,80 | 5,79 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 33,58 | 28,54 | 57,09 | 12,72 |
| 5 | Falttore 6,00 m breit | 1,00 | 2 | 6,00 | 5,79 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 34,74 | 29,53 | 59,06 | 13,16 |
| 6 | Falttore 6,31 m breit | 1,00 | 4 | 6,31 | 5,79 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 36,53 | 31,05 | 124,22 | 27,68 |
| 7 | Türen 2,26 m breit | 1,00 | 2 | 2,26 | 3,18 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 7,19 | 6,11 | 12,22 | --- |
| 8 | Türen 2,51 m breit | 1,00 | 4 | 2,51 | 3,16 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 7,93 | 6,74 | 26,97 | --- |
| 9 | Türen 2,76 m breit | 1,00 | 1 | 2,76 | 2,64 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 7,27 | 6,18 | 6,18 | --- |
| 10 | Fenster Erdgeschoss | 0,35 | 27 | 5,06 | 2,26 | 0,90 | 9,00 | 0,85 | 11,44 | 9,72 | 91,86 | --- |
| 11 | Fenster Obergeschoss | 0,35 | 6 | 5,06 | 1,84 | 5,15 | 9,00 | 0,85 | 9,31 | 7,91 | 16,62 | 16,62 |
| 12 | Fenster Obergeschoss Nordostseite (Besprechung) | 0,35 | 1 | 12,39 | 1,84 | 5,15 | 9,00 | 0,85 | 22,79 | 19,37 | 6,78 | 6,78 |

Die äquivalente Branddauer $t_{ä, Werkstatt}$ liegt unter 15 min. Unter Bezug auf Kapitel 8.2 und Anhang E.13.2 der DIN 18230-1 dürfen die Verglasungen des Brandbekämpfungsabschnitts lediglich zu 35 % angerechnet werden. Dies wird in der vorliegenden Berechnung durch den Faktor 0,35 (Spalte 3 Tabelle 7) berücksichtigt.

Aus den in Tabelle 7 aufgelisteten vertikalen Wärmeabzugsflächen im Brandbekämpfungsabschnitt ergibt sich für die Fläche der vertikalen Öffnungen in den Außenwänden ca. $A_{v, Werkstatt} = 635,46 \text{ m}^2$.

Für den betrachteten Brandbekämpfungsabschnitt sind diese Flächen und das Verhältnis zur Bemessungsgrundfläche in der folgenden Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Verhältnis A_v und A_h zur Bemessungsgrundfläche (hier: Werkstatt)

| Verhältnis der vertikalen Wärmeabzugsflächen zur Bemessungsgrundfläche | Verhältnis der horizontalen Wärmeabzugsflächen zur Bemessungsgrundfläche |
|--|--|
| $a_{v, Werkstatt} = 635,46 \text{ m}^2 / 13.360 \text{ m}^2 = 0,05$ | $a_{h, Werkstatt} = 2.215,98 \text{ m}^2 / 13.360 \text{ m}^2 = 0,166$ |

β_w berechnet sich nach Gl. 7 und muss mindestens einen Wert von 16 aufweisen.

$$\beta_w = 20 * (1 + 10 * a_v - 64 * a_v^2) \quad (\text{Gl. 7})$$

Entsprechend dieser Gleichung und in Verbindung mit dem Wert a_v aus Tabelle 8, wird für β_w folgender Wert ermittelt:

$$\beta_{w, \text{Werkstatt}} = 27,0$$

Zur Bestimmung des Faktors zur Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Wärmeabzugsflächen des betrachteten Brandbekämpfungsabschnitts ω_0 sind die ermittelten Werte in Gl. 6 einzusetzen. Hierbei ergibt sich für ω_0 :

$$\omega_{0, \text{Werkstatt}} = 0,52$$

Nach Bestimmung des Wertes für ω_0 kann in Verbindung mit dem konstanten Faktor α_w der Wärmeabzugsfaktor ω ermittelt werden. Dieser ergibt sich unter Bezug auf Gleichung (11) in Kapitel 8.3 der DIN 18230-1 zu:

$$\omega_{\text{Werkstatt}} = 0,5$$

4.18.2.5 Zulässige Brandbekämpfungsabschnittsgröße

Die zulässige Brandbekämpfungsabschnittsgröße eines Industriegebäudes wird unter Bezug auf Abschnitt 7.4 MIndBauRL in Abhängigkeit von der Sicherheitskategorie, der äquivalenten Branddauer t_a und der Summe der bewerteten Grundflächen der einzelnen Geschosse und Ebenen A_{bew} berechnet.

Als bewertete Grundfläche werden die Grundflächen der einzelnen Geschosse und Ebenen unter Hinzunahme mehrere Faktoren bezeichnet. Diese Faktoren beinhalten den Abstand des jeweiligen Geschosses bzw. der jeweiligen Ebene zum Bezugsniveau und die Art des Öffnungsverschlusses. Die bewertete Grundfläche wird über die nachfolgende Gl. 8 berechnet,

$$\text{zul } A_{\text{bew}} > A_G * F_{H1} * F_{A1} + \sum A_{Ei} * F_{Hi} * F_{Ai} \quad (\text{Gl. 8})$$

mit

A_G = Grundfläche des Brandbekämpfungsabschnittes

A_{Ei} = Grundfläche des Geschosses bzw. der Ebene

F_{Hi} = Faktor zur Bewertung der Grundflächen der Geschosse bzw. Ebene oberhalb des Bezugsniveaus

F_{Ai} = Faktor zur Berücksichtigung der Art des Öffnungsverschlusses der jeweiligen Ebene

Die Werte der Faktoren können in Tabelle 3 (F_H) bzw. Tabelle 4 (F_A) der MIndBauRL abgelesen werden.

Für die Ebenen wird konservativ der Faktor $F_A = 1,7$ (ohne Verschluss) ausgewählt. Nach Einsetzen der Werte in Gl. 8 ergibt sich für die bewertete Grundfläche des Brandbekämpfungsabschnitts „Werkstatt“:

$$A_{\text{bew, Werkstatt}} = 15.593 \text{ m}^2$$

Die zulässige Summe der bewerteten Grundflächen des Erdgeschosses und der Ebenen für einen Brandbekämpfungsabschnitt der Sicherheitskategorie K2 beträgt nach Tabelle 5 MIndBauRL bei einer äquivalenten Branddauer von $t_{\text{ä}} = 15 \text{ min}$

$$\text{zul } A_{\text{bew}} = 30.000 \text{ m}^2.$$

Die bewertete Grundfläche des Brandbekämpfungsabschnitts liegt mit $A_{\text{bew, Werkstatt}} = 15.593 \text{ m}^2$ bei einer niedrigeren äquivalenten Branddauer ($t_{\text{ä, Werkstatt}} = 11,98 \text{ min}$) deutlich unterhalb der o. g. zulässigen Summe. Die tatsächliche Grundfläche des Erdgeschosses (Geschoss mit der größten Ausdehnung) beträgt deutlich weniger als 75 % der zulässigen Summe (hier: 22.500 m²). Die Brandbekämpfungsabschnittsfläche für den Abschnitt „Werkstatt“ ist daher zulässig.

4.18.3 Ebenennachweise

Bei Brandbekämpfungsabschnitten mit mehreren Ebenen muss ein sogenannter Ebenennachweis geführt werden. Im Ebenennachweis wird die äquivalente Branddauer $t_{\text{ä,Ei}}$ zur Bemessung der Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden Bauteile in der jeweiligen Ebene bestimmt. In den folgenden Kapiteln werden daher für die Ebenen der Werkstatt solche Nachweise geführt. Die Ausarbeitung der Ebenennachweise erfolgt analog zum globalen Nachweis. Daher wird in den folgenden Kapitel auf die

Herleitung der einzelnen Faktoren etc. verzichtet. Insofern im Rahmen der Ebenennachweise eine höhere Branddauer $t_{\text{ä, Ei}}$ berechnet wird, so wird dieser Wert für die Bestimmung der rechnerisch erforderlichen Feuerwiderstandsdauer t_{F} in der jeweiligen Ebene herangezogen.

4.18.3.1 Ebene 0

4.18.3.1.1 Ermittlung der äquivalenten Branddauer $t_{\text{ä, E0}}$

Die äquivalente Branddauer $t_{\text{ä, E0}}$ ist die Zeitdauer, bei der in der betrachteten Ebene 0 (+0,00 m) im Normbrand nach DIN 4102-2 näherungsweise dieselbe Wirkung erreicht wird wie im natürlichen Schadensfeuer. Ermittelt wird diese Zeitdauer analog zu Gl. 1 (s. Kapitel 4.18.2.1 vorliegender Nachweis; Kapitel 4.2 DIN 18230-1) mit den Einzelfaktoren $q_{\text{R, E0}}$ und ω_{E0} aus der Ebene 0.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die jeweiligen Annahmen festgelegt bzw. die notwendigen Berechnungen für die Ebene durchgeführt. Die in den Kapiteln ermittelten Werte sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Übersicht der erforderlichen Werte

| Bezeichnung | Ebene 0 (+0,00 m) |
|--|--|
| Grundfläche A_{Ei} | $A_{\text{E0}} = \text{max. } 10.810 \text{ m}^2$ |
| rechnerische Brandbelastung $q_{\text{R, Ei}}$ | $q_{\text{R, E0}} \approx 89,316 \text{ kWh/m}^2$ |
| Umrechnungsfaktor c | $c = 0,25 \text{ min} \cdot \text{m}^2/\text{kWh}$ |
| Wärmeabzugsfaktor ω_{Ei} | $\omega_{\text{E0}} = 0,5$ |

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 9 aufgeführten Werte ergibt sich nach Gl. 1 für die Ebene 0 die folgende Branddauer:

$$t_{\text{ä, E0}} = 11,16 \text{ Minuten}$$

4.18.3.1.2 Rechnerische Brandbelastung $q_{R, E0}$

Die rechnerische Brandbelastung $q_{R, E0}$ setzt sich entsprechend Gl. 2 aus der Brandbelastung der im Betrachtungsbereich (hier: Ebene 0, +0,00 m) vorhandenen Stoffe zusammen. Grundsätzlich sind alle brennbaren Stoffe hierbei einzubeziehen, wobei nach den Kapiteln 6.4.2 und 6.4.3 der DIN 18230-1 unter bestimmten Voraussetzungen Brandlasten gänzlich oder teilweise unberücksichtigt bleiben können. Brandlasten werden in ungeschützte und geschützte Stoffe in geschlossenen Systemen (Kapitel 6.4.4 und 6.4.5 DIN 18230-1) unterteilt.

Die Brandlasten in der Ebene 0 sind in der nachfolgenden Tabelle 10 aufgelistet. Die elektrischen Installationen wurden mit einer pauschalen Brandlast von 3,0 kWh/m² angesetzt.

Tabelle 10: Brandlasten in der Ebene 0

| | |
|--|---|
| Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH 1360(E)-21_Magdeburger Verkehrsbetriebe | |
| ERFASSUNG DER BRENNBAREN STOFFE | |
| 1. Ebenennachweis (Erdgeschoss Werkstattgebäude) | |
| Brennbarer Stoff | Art des Stoffes |
| Bereichsfläche Dachfläche Lagerhöhe | |
| = 10.810,00 m² <= 10.490,00 m² <= 4,50 m | |
| Menge des brennbaren Stoffes (E) | Abbrandfaktor m |
| maßgebend m für h > 4,50 m | Heizwert H _h (kWh/E) |
| bewertete Brandlast S _h (MWh/m²) | u |
| Erdgeschoss - Werkstattgebäude | |
| Stadtbahnen | Bombardier Transportation GmbH: Straßenbahn MGT 2 (3.043 MJ/m entsprechend 845,278 kWh/m). Straßenbahnlänge ca. 38m, max. 15 Stück = 570 m; E = m |
| Mechanische-Werkstatt | Kommentar zu DIN 18230: Mechanische Werkstatt (92 kWh/m², m = 1,0), ca. 128,8 m²; E = m² |
| Drehgestell-Werkstatt | Kommentar zu DIN 18230: Mechanische Werkstatt (92 kWh/m², m = 1,0), ca. 605,5 m² + ca. 246 m² = 851,5 m²; E = m² |
| Kunststoffbearbeitung | Kommentar zu DIN 18230: Kunststoffverarbeitung (152 kWh/m², m = 1,0), ca. 22 m²; E = m² |
| Polsterei | Kommentar zu DIN 18230: Möbelfabrik (152 kWh/m², m = 1,0), ca. 50,9 m²; E = m² |
| Tischlerei | sia Dokument 81: Holzwaren, Zimmerei (700 MJ/m² entsprechend 194 kWh/m², m = 1,0), ca. 72 m²; E = m² |
| Malerwerkstatt | sia Dokument 81: Maler-Werkstätte (500 MJ/m² entsprechend 139 kWh/m², m = 1,0), ca. 55,3 m²; E = m² |
| Werkstatt Klimageräte | Kommentar zu DIN 18230: Mechanische Werkstatt (92 kWh/m², m = 1,0), ca. 122,2 m²; E = m² |
| Prüffeld | Kommentar zu DIN 18230: Elektrowerkstatt (119 kWh/m², m = 1,0), ca. 29,1 m²; E = m² |
| Elektrowerkstatt | sia Dokument 81: Werkstätte, Elektro- (600 MJ/m² entsprechend 167 kWh/m², m = 1,0), ca. 111,9 m²; E = m² |
| Türenwerkstatt | sia Dokument 81: Türen, Kunststoff- (700 MJ/m² entsprechend 194 kWh/m², m = 1,0), ca. 37 m²; E = m² |
| Schleif- / Vorbereitungswerkstatt Komponenten | sia Dokument 81: Feinmechanische Werkstatt (200 MJ/m² entsprechend 56 kWh/m², m = 1,0), ca. 74,4 m²; E = m² |
| Blechwerkstatt | Kommentar zu DIN 18230: Mechanische Werkstatt (92 kWh/m², m = 1,0), ca. 154,8 m²; E = m² |
| Blechbearbeitung | Kommentar zu DIN 18230: Mechanische Werkstatt (92 kWh/m², m = 1,0), ca. 356 m²; E = m² |
| Schweißerei, Schweißgeräte | sia Dokument 81: Metallbearbeitung (200 MJ/m² entsprechend 56 kWh/m², m = 1,0), ca. 37 m² + ca. 37 m² = ca. 74 m²; E = m² |
| Gabelstapler | Bellicke, Bautechnischer Brandschutz: Gabelstapler, 10MN (534,8 kWh/Stk, m = 1,0), max. 8 Stück; E = Anzahl |
| Hydraulikwerkstatt | sia Dokument 81: Werkstätte, Reparatur- (400 MJ/m² entsprechend 111 kWh/m², m = 1,0), ca. 116,3 m²; E = m² |
| Büroflächen | sia Dokument 81: Büro, technisches (600 MJ/m² entsprechend 167 kWh/m², m = 1,0), gesamt ca. 261 m²; E = m² |
| 2 kg/m2 Dachbahn mit Rohfilleinlage o.ä. keine brennbare Dämmung auf dem Dach vorhanden Elektro-Installation | 20.980 0,5 |
| Zuschlag | |
| = 965.504 | |

Die rechnerische Brandbelastung q_R beträgt unter den genannten Vorgaben für die betrachtete Ebene 0 somit:

$$q_{R, E0} = 965.504 \text{ kWh} / 10.810 \text{ m}^2 = 89,316 \text{ kWh/m}^2 \text{ }^2$$

Die nach Kapitel 6.1 DIN 18230-1 erforderliche Mindestbrandbelastung von 15 kWh/m² ist somit überschritten.

4.18.3.1.3 Umrechnungsfaktor c_{E0}

Der Umrechnungsfaktor c berücksichtigt bei der Berechnung der äquivalenten Branddauer den Einfluss des Wärmeabflusses durch die Umfassungsbauteile. Er ist abhängig von den Baustoffen, aus denen die Umfassungsbauteile bestehen. Aufgrund der konservativen Annahme, dass durch den großflächigen Brandbekämpfungsabschnitt und der daraus resultierenden niedrigen Temperaturen die Wirkung der Dämmung im Brandfall nicht versagt, beträgt der Umrechnungsfaktor c nach Tabelle 1 der DIN 18230-1

$$c = 0,25 \text{ min m}^2/\text{kWh}$$

4.18.3.1.4 Wärmeabzugsfaktor ω_{E0}

Wie in Kapitel 4.18.3.1.1 beschrieben, ist zur Ermittlung der äquivalenten Branddauer der Ebene die Berechnung des Wärmeabzugsfaktors ω in der Ebene 0 notwendig. Dieser berücksichtigt zu welchem Anteil beim Brand entstehende Wärme aus der betrachteten Teilfläche (hier: Ebene 0) über offene oder offenbare Flächen abgeführt wird.

Der Berechnung des Wärmefaktors ω_{E0} erfolgt analog zu Gl. 5 in Kapitel 4.18.2.4 mit den im folgenden berechneten Werten der Ebene 0.

² Bei der Berechnung wurden z. T. Werte aus dem SIA-Dokument 81 bzw. der Normenreihe DIN 18230 verwendet. Bei Fertigstellung und regelmäßig wiederkehrend sind die vorhandenen Brandlasten zu hinterfragen. Bei einer Änderung ist eine Bewertung entsprechend dem Abschnitt 9 MIndBauRL durchzuführen.

Diese Gleichung setzt sich aus verschiedenen Teilfaktoren bzw. Verhältniswerten nach den Grundgleichungen aus Kapitel 8.3 DIN 18230-1 zusammen.

α_w ist ein Faktor zur Berücksichtigung der mittleren Höhe (h) des maßgebenden Bemessungsabschnittes. Bei einer mittleren Höhe der Ebene 0 von ca. 9 m ergibt er sich nach DIN 18230-1 zu

$$\alpha_{w, E0} = (6/h)^{0,3} = (6/9)^{0,3} = 0,89.$$

Für die Bestimmung von $\omega_{0, E0}$ sind nach der aus DIN 18230-1 entnommenen Gleichung 6 (s. Kapitel 4.18.2.4) weitere Berechnungen notwendig. Bei der Berechnung sind die Werte aus der Ebene 0 zu bestimmen. Der Mindestwert für den Faktor ω_0 liegt bei 0,5.

$\alpha_{v, E0}$ und $\alpha_{h, E0}$ sind Quotienten aus den vertikalen bzw. horizontalen Öffnungen in den Außenwänden bzw. im Dach und der Fläche der betrachteten Teilfläche (hier: Ebene 0). Als Wärmeabzugsflächen dürfen die in Kapitel 8 der DIN 18230-1 aufgeführten Flächen angerechnet werden. In der folgenden Tabelle 11 sind die in der Ebene 0 vorhandenen vertikalen Wärmeabzugsflächen aufgelistet. Oberhalb der betrachteten Ebene befinden sich weitere Ebenen. Die Ebene 1 hat keinen Einfluss auf die horizontalen Öffnungsflächen. Durch die Lage der Ebene 2 wird ein Teil der Öffnungsfläche im Dach „verdeckt“. Die Öffnungsfläche wird somit um diesen Faktor verkleinert (s. Kapitel 4.9). Als Wärmeabzugsfläche wird entsprechend Kapitel 8.2 DIN 18230-1 vereinfacht 85 % der Rohbaufläche angesetzt (Spalte 9 Tabelle 11).

Tabelle 11: vertikale Wärmeabzugsflächen in der Ebene 0

| Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH 1360(E)-21_Magdeburger Verkehrsbetriebe | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|---------------------------|--------|----------|--------|---------------|---------------------|--------|----------------------------|------------------------------|------------------|--|
| Ermittlung der vertikalen Öffnungsflächen A_v | | | | | | | | | | | | |
| 1. Ebenennachweis (Erdgeschoss Werkstattgebäude) (mittlere Höhe = 9 m) | | | | | | | | | | | | |
| laufende Nr. | Öffnung | Faktoren für Verglasungen | Anzahl | Breite b | Höhe h | Brüstungshöhe | mittlere Hallenhöhe | Faktor | geometrische Einzellfläche | geometrische Fläche * Faktor | Fläche für A_v | Fläche für $A_{v,ae}$ (nur obere Hälfte) |
| | | | | m | m | m | m | | m² | | m² | m² |
| 1 | Rolltor 3,51 m breit | 1,00 | 1 | 3,51 | 3,75 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 13,16 | 11,19 | 11,19 | --- |
| 2 | Rolltor 2,51 m breit | 1,00 | 1 | 2,51 | 3,16 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 7,93 | 6,74 | 6,74 | --- |
| 3 | Falttore 5,50 m breit | 1,00 | 8 | 5,50 | 5,79 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 31,85 | 27,07 | 216,55 | 48,25 |
| 4 | Falttore 5,80 m breit | 1,00 | 2 | 5,80 | 5,79 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 33,58 | 28,54 | 57,09 | 12,72 |
| 5 | Falttore 6,00 m breit | 1,00 | 2 | 6,00 | 5,79 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 34,74 | 29,53 | 59,06 | 13,16 |
| 6 | Falttore 6,31 m breit | 1,00 | 4 | 6,31 | 5,79 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 36,53 | 31,05 | 124,22 | 27,68 |
| 7 | Türen 2,26 m breit | 1,00 | 2 | 2,26 | 3,18 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 7,19 | 6,11 | 12,22 | --- |
| 8 | Türen 2,51 m breit | 1,00 | 4 | 2,51 | 3,16 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 7,93 | 6,74 | 26,97 | --- |
| 9 | Türen 2,76 m breit | 1,00 | 1 | 2,76 | 2,64 | 0,00 | 9,00 | 0,85 | 7,27 | 6,18 | 6,18 | --- |
| 10 | Fenster Erdgeschoss | 0,35 | 27 | 5,06 | 2,26 | 0,90 | 9,00 | 0,85 | 11,44 | 9,72 | 91,86 | --- |

Die äquivalente Branddauer $t_{\text{ä}, E0}$ liegt unter 15 min. Unter Bezug auf Kapitel 8.2 und Anhang E.13.2 der DIN 18230-1 dürfen die Verglasungen der Ebene lediglich zu 35 % angerechnet werden. Dies wird in der vorliegenden Berechnung durch den Faktor 0,35 (Spalte 3 Tabelle 11) berücksichtigt.

Aus den in Tabelle 11 aufgelisteten vertikalen Wärmeabzugsflächen in der Ebene 0 ergibt sich für die Fläche der vertikalen Öffnungen in den Außenwänden insg. $A_{v, E0} = 612,07 \text{ m}^2$.

Für die betrachtete Teilfläche (hier: Ebene 0) sind diese Flächen und das Verhältnis zur Bemessungsgrundfläche ($A_{E0} = 10.810 \text{ m}^2$) in der folgenden Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Verhältnis $A_{v, E0}$ und $A_{h, E0}$ zur Bemessungsgrundfläche (hier: Ebene 0)

| Verhältnis der vertikalen Wärmeabzugsflächen zur Bemessungsgrundfläche | Verhältnis der horizontalen Wärmeabzugsflächen zur Bemessungsgrundfläche |
|--|--|
| $a_{v, E0} = 612,07 \text{ m}^2 / 10.810 \text{ m}^2 = 0,057$ | $a_{h, E0} = 1.696,18 \text{ m}^2 / 10.810 \text{ m}^2 = 0,157$ |

$\beta_{w, E0}$ berechnet sich analog zu Gl. 7 in Kapitel 4.18.2.4 und muss mindestens einen Wert von 16 aufweisen. Entsprechend dieser Gleichung und in Verbindung mit dem Wert $a_{v, E0}$ aus Tabelle 12 für a_v , wird für $\beta_{w, E0}$ folgender Wert ermittelt:

$$\beta_{w, E0} = 27,22$$

Zur Bestimmung des Faktors zur Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Wärmeabzugsflächen der Ebene 0 $\omega_{0, E0}$ sind die ermittelten Werte in Gl. 6 einzusetzen. Hierbei ergibt sich für $\omega_{0, E0}$ der Mindestwert von:

$$\omega_{0, E0} = 0,5137$$

Nach Bestimmung des Wertes für $\omega_{0, E0}$ kann in Verbindung mit dem konstanten Faktor $\alpha_{w, E0}$ der Wärmeabzugsfaktor ω_{E0} ermittelt werden. Dieser ergibt sich unter Bezug auf Gleichung (11) in Kapitel 8.3 der DIN 18230-1 zu:

$$\omega_{E0} = 0,5$$

4.18.3.2 Ebene 1

4.18.3.2.1 Ermittlung der äquivalenten Branddauer $t_{ä, E1}$

Die äquivalente Branddauer $t_{ä, E1}$ ist die Zeitdauer, bei der in der betrachteten Ebene 1 (+4,00 m) im Normbrand nach DIN 4102-2 näherungsweise dieselbe Wirkung erreicht wird wie im natürlichen Schadensfeuer. Ermittelt wird diese Zeitdauer analog zu Gl. 1 (s. Kapitel 4.18.2.1 vorliegender Nachweis; Kapitel 4.2 DIN 18230-1) mit den Einzelfaktoren $q_{R, E1}$ und ω_{E1} aus der Ebene 1.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die jeweiligen Annahmen festgelegt bzw. die notwendigen Berechnungen für die Ebene durchgeführt. Die in den Kapiteln ermittelten Werte sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Tabelle 13: Übersicht der erforderlichen Werte

| Bezeichnung | Ebene 1 (+4,00 m) |
|---|--|
| Grundfläche A_{Ei} | $A_{E1} = \text{max. } 1.610 \text{ m}^2$ |
| rechnerische Brandbelastung $q_{R, Ei}$ | $q_{R, E1} \approx 142,817 \text{ kWh/m}^2$ |
| Umrechnungsfaktor c | $c = 0,25 \text{ min} \cdot \text{m}^2 / \text{kWh}$ |
| Wärmeabzugsfaktor ω_{Ei} | $\omega_{E1} = 1,88$ |

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 13 aufgeführten Werte ergibt sich nach Gl. 1 für die Ebene 1 die folgende Branddauer:

$$t_{ä, E1} = 67,19 \text{ Minuten}$$

4.18.3.2.2 Rechnerische Brandbelastung $q_{R, E1}$

Die rechnerische Brandbelastung $q_{R, E1}$ setzt sich entsprechend Gl. 2 aus der Brandbelastung der im Betrachtungsbereich (hier: Ebene 1, +4,00 m) vorhandenen Stoffe zusammen. Grundsätzlich sind alle brennbaren Stoffe hierbei einzubeziehen, wobei nach den Kapiteln 6.4.2 und 6.4.3 der DIN 18230-1 unter bestimmten Voraussetzungen Brandlasten gänzlich oder teilweise unberücksichtigt bleiben können. Brandlasten werden in ungeschützte und geschützte Stoffe in geschlossenen Systemen (Kapitel 6.4.4 und 6.4.5 DIN 18230-1) unterteilt.

Die Brandlasten in der Ebene 1 sind in der nachfolgenden Tabelle 14 aufgelistet. Die elektrischen Installationen wurden mit einer pauschalen Brandlast von 3,0 kWh/m² angesetzt.

Tabelle 14: Brandlasten in der Ebene 1

Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH
1360(E)-21_Magdeburger Verkehrsbetriebe

ERFASSUNG DER BRENNBAREN STOFFE

1. Ebenennachweis (Obergeschoss Werkstattgebäude)

| Brennbarer Stoff | Art des Stoffes | Bereichsfläche | | | | = 1.610,00 m² < = 1.610,00 m² < = 4,50 m | | | |
|---|---|----------------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------------|--|---|--------|---------|
| | | Menge des brennbaren Stoffes (E) | Abbrandfaktor m | maßgebend für h > 4,5 < 9,0m | Heizwert H _u (kWh/E) | ψ | bewertete Brandlast S ^u (WH _u , m²·u) | u | |
| Obergeschoss - Werkstattgebäude | | | | | | | | | |
| Lüftung 5 und Lüftung Waschhalle Bahnstrom, Elektro Schaltschränke Büroflächen Lüftung 1 bis 3 | sia Dokument 81: Blechwaren (100 MJ/m² entsprechend 28 kWh/m², m = 1,0), ca. 226 m² + 39 m² = 265 m²; E = m² | 265 | 1,0 | 1,000 | 28,0 | 1,0 | 7.420 | u | |
| | sia Dokument 81: Werkstätte, Elektro- (600 MJ/m² entsprechend 167 kWh/m², m = 1,0), ca. 112,5 m²; E = m² | 112,5 | 1,0 | 1,000 | 167,0 | 1,0 | 18.788 | u | |
| | Schaltwarte, Relaisraum (250 kWh/m², m = 1,0), ca. 153,3 m²; E = m² | 153,3 | 1,0 | 1,000 | 250,0 | 1,0 | 38.325 | u | |
| | sia Dokument 81: Büro, technisches (600 MJ/m² entsprechend 167 kWh/m², m = 1,0), ca. 615 m²; E = m² sia Dokument 81: Blechwaren (100 MJ/m² entsprechend 28 kWh/m², m = 1,0), gesamt ca. 860,2 m²; E = m² | 615 860,2 | 1,0 1,0 | 1,000 1,000 | 167,0 28,0 | 1,0 1,0 | 102.705 24.086 | u | |
| 2 kg/m2 Dachbahn mit Rohflitzeinlage o.ä. keine brennbare Dämmung auf dem Dach vorhanden Elektro-Installation Zuschlag | | | | | | | | | |
| | | 3.220 | 0,5 | | 8,0 | 1,0 | 12.880 | u | |
| | | | | | | | | 4.830 | u |
| | | | | | | | | 20.903 | 229.936 |

Die rechnerische Brandbelastung q_R beträgt unter den genannten Vorgaben für die betrachtete Ebene 1 somit:

$$q_{R, E1} = 229,936 \text{ kWh} / 1,610 \text{ m}^2 \approx 142,817 \text{ kWh/m}^2 \text{ }^3$$

Die nach Kapitel 6.1 DIN 18230-1 erforderliche Mindestbrandbelastung von 15 kWh/m² ist somit überschritten.

4.18.3.2.3 Umrechnungsfaktor c_{E1}

Der Umrechnungsfaktor c berücksichtigt bei der Berechnung der äquivalenten Branddauer den Einfluss des Wärmeabflusses durch die Umfassungsbauteile. Er ist abhängig von den Baustoffen, aus denen die Umfassungsbauteile bestehen. Aufgrund der konservativen Annahme, dass durch den großflächigen Brandbekämpfungsabschnitt und der daraus resultierenden niedrigen Temperaturen die Wirkung der Dämmung im Brandfall nicht versagt beträgt der Umrechnungsfaktor c nach Tabelle 1 der DIN 18230-1

$$c = 0,25 \text{ min m}^2/\text{kWh}$$

4.18.3.2.4 Wärmeabzugsfaktor ω_{E1}

Wie in Kapitel 4.18.3.1.1 beschrieben, ist zur Ermittlung der äquivalenten Branddauer der Ebene die Berechnung des Wärmeabzugsfaktors ω in der Ebene 1 notwendig. Dieser berücksichtigt zu welchem Anteil beim Brand entstehende Wärme aus der betrachteten Teilfläche (hier: Ebene 1) über offene oder offenbare Flächen abgeführt wird.

Der Berechnung des Wärmefaktors ω_{E1} erfolgt analog zu Gl. 5 in Kapitel 4.18.2.4 mit den im folgenden berechneten Werten der Ebene 1.

³ Bei der Berechnung wurden z. T. Werte aus dem SIA-Dokument 81 bzw. der Normenreihe DIN 18230 verwendet. Bei Fertigstellung und regelmäßig wiederkehrend sind die vorhandenen Brandlasten zu hinterfragen. Bei einer Änderung ist eine Bewertung entsprechend dem Abschnitt 9 MIndBauRL durchzuführen.

Diese Gleichung setzt sich aus verschiedenen Teilfaktoren bzw. Verhältniswerten nach den Grundgleichungen aus Kapitel 8.3 DIN 18230-1 zusammen.

α_w ist ein Faktor zur Berücksichtigung der mittleren Höhe (h) des maßgebenden Bemessungsabschnittes. Bei einer mittleren Höhe der Ebene 1 von ca. **3,63 m** ergibt er sich nach DIN 18230-1 zu

$$\alpha_{w, E0} = (6/h)^{0,3} = (6/3,63)^{0,3} = 1,16.$$

Für die Bestimmung von $\omega_{0, E1}$ sind nach der aus DIN 18230-1 entnommenen Gleichung 6 (s. Kapitel 4.18.2.4) weitere Berechnungen notwendig. Bei der Berechnung sind die Werte aus der Ebene 1 zu bestimmen. Der Mindestwert für den Faktor ω_0 liegt bei 0,5.

$\alpha_{v, E1}$ und $a_{h, E1}$ sind Quotienten aus den vertikalen bzw. horizontalen Öffnungen in den Außenwänden bzw. im Dach und der Fläche der betrachteten Teilfläche (hier: Ebene 1). Als Wärmeabzugsflächen dürfen die in Kapitel 8 der DIN 18230-1 aufgeführten Flächen angerechnet werden. In der folgenden Tabelle 15 sind die in der Ebene 1 vorhandenen vertikalen Wärmeabzugsflächen aufgelistet. Oberhalb der betrachteten Ebene befinden sich ausschließlich Dachflächen, mit Öffnungsflächen von mind. **25 m²** (s. Kapitel 4.9). Als Wärmeabzugsfläche wird entsprechend Kapitel 8.2 DIN 18230-1 vereinfacht 85 % der Rohbaufläche angesetzt (Spalte 9 Tabelle 15), **entsprechend 21,25 m²**.

Tabelle 15: vertikale Wärmeabzugsflächen in der Ebene 1

| Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH 1360(E)-21_Magdeburger Verkehrsbetriebe | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------|----------|-------------|--------|---------------|---------------------|--------|---------------------------|------------------------------|------------------|---|
| <u>Ermittlung der vertikalen Öffnungsflächen A_v</u> | | | | | | | | | | | | |
| 1. Ebenennachweis (Obergeschoss Werkstattgebäude) (mittlere Höhe = 3,63 m) | | | | | | | | | | | | |
| laufende Nr. | Öffnung | Faktoren für Verglasungen | Anzahl | Breite b | Höhe h | Brüstungshöhe | mittlere Hallenhöhe | Faktor | geometrische Einzelfläche | geometrische Fläche * Faktor | Fläche für A_v | Fläche für $A_{v, ex}$ (nur obere Hälfte) |
| | | | | m | m | m | m | | m ² | | m ² | m ² |
| 1 | Fenster Obergeschoss | 1,00 | 6 | 5,06 | 1,84 | 0,90 | 3,63 | 0,85 | 9,31 | 7,91 | 47,48 | 23,87 |
| 2 | Fenster Obergeschoss Nordostseite (Besprechung) | 1,00 | 1 | 12,39 | 1,84 | 0,90 | 3,85 | 0,85 | 22,79 | 19,37 | 19,37 | 8,58 |
| 3 | Fenster zur Werkstatt | 1,00 | 4 | 2,00 | 1,28 | 0,90 | 3,85 | 0,85 | 2,55 | 2,17 | 8,67 | 1,70 |
| 4 | Türen | 1,00 | 3 | 1,01 | 2,26 | 0,00 | 3,63 | 0,85 | 2,28 | 1,94 | 5,82 | 1,15 |

Die äquivalente Branddauer $t_{ä, E1}$ liegt über 30 min. Unter Bezug auf Kapitel 8.2 und Anhang E.13.2 der DIN 18230-1 dürfen die Verglasungen der Ebene zu 100 % angerechnet werden. Dies wird in der vorliegenden Berechnung durch den Faktor 1,00 (Spalte 3 Tabelle 15) berücksichtigt.

Aus den in Tabelle 15 aufgelisteten vertikalen Wärmeabzugsflächen in der Ebene 1 ergibt sich für die Fläche der vertikalen Öffnungen in den Außenwänden insg. **$A_{v, E1} = 81,34 \text{ m}^2$** .

Für die betrachtete Teilfläche (hier: Ebene 1) sind diese Flächen und das Verhältnis zur Bemessungsgrundfläche ($A_{EI} = 1.610 \text{ m}^2$) in der folgenden Tabelle 16 zusammengefasst.

Tabelle 16: Verhältnis $A_{v, E1}$ und $A_{h, E1}$ zur Bemessungsgrundfläche (hier: Ebene 1)

| Verhältnis der vertikalen Wärmeabzugsflächen zur Bemessungsgrundfläche | Verhältnis der horizontalen Wärmeabzugsflächen zur Bemessungsgrundfläche |
|--|--|
| $\alpha_{v, E1} = 81,34 \text{ m}^2 / 1.610 \text{ m}^2 = 0,051$ | $\alpha_{h, E0} = 21,25 \text{ m}^2 / 1.610 \text{ m}^2 = 0,013$ |

$\beta_{w, E1}$ berechnet sich analog zu Gl. 7 in Kapitel 4.18.2.4 und muss mindestens einen Wert von 16 aufweisen. Entsprechend dieser Gleichung und in Verbindung mit dem Wert $\alpha_{v, E1}$ aus Tabelle 16 für α_v , wird für $\beta_{w, E1}$ folgender Wert ermittelt:

$$\beta_{w, E1} = 26,84$$

Zur Bestimmung des Faktors zur Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Wärmeabzugsflächen der Ebene 1 $\omega_{0, E1}$ sind die ermittelten Werte in Gl. 6 einzusetzen. Hierbei ergibt sich für $\omega_{0, E1}$ der Wert:

$$\omega_{0, E1} = 1,62$$

Nach Bestimmung des Wertes für $\omega_{0, E1}$ kann in Verbindung mit dem konstanten Faktor $\alpha_{w, E1}$ der Wärmeabzugsfaktor ω_{E1} ermittelt werden. Dieser ergibt sich unter Bezug auf Gleichung (11) in Kapitel 8.3 der DIN 18230-1 zu:

$$\omega_{E1} = 1,88$$

4.18.3.3 Ebene 2

4.18.3.3.1 Ermittlung der äquivalenten Branddauer $t_{ä, E2}$

Die äquivalente Branddauer $t_{ä, E2}$ ist die Zeitdauer, bei der in der betrachteten Ebene 2 (+6,00 m) im Normbrand nach DIN 4102-2 näherungsweise dieselbe Wirkung erreicht wird wie im natürlichen Schadensfeuer. Ermittelt wird diese Zeitdauer analog zu Gl. 1 (s. Kapitel 4.18.2.1 vorliegender Nachweis; Kapitel 4.2 DIN 18230-1) mit den Einzelfaktoren $q_{R, E2}$ und ω_{E2} aus der Ebene 2.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die jeweiligen Annahmen festgelegt bzw. die notwendigen Berechnungen für die Ebene durchgeführt. Die in den Kapiteln ermittelten Werte sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

Tabelle 17: Übersicht der erforderlichen Werte

| | |
|---|--|
| Bezeichnung | Ebene 2 (+6,00 m) |
| Grundfläche A_{Ei} | $A_{E2} = \text{max. } 940 \text{ m}^2$ |
| rechnerische Brandbelastung $q_{R, Ei}$ | $q_{R, E2} \approx 40,285 \text{ kWh/m}^2$ |
| Umrechnungsfaktor c | $c \approx 0,25 \text{ min} \cdot \text{m}^2/\text{kWh}$ |
| Wärmeabzugsfaktor ω_{Ei} | $\omega_{E2} = 0,58$ |

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 17 aufgeführten Werte ergibt sich nach Gl. 1 für die Ebene 2 die folgende Branddauer:

$$t_{\ddot{u}, E2} = 5,85 \text{ Minuten}$$

4.18.3.3.2 Rechnerische Brandbelastung $q_{R, E1}$

Die rechnerische Brandbelastung $q_{R, E2}$ setzt sich entsprechend Gl. 2 aus der Brandbelastung der im Betrachtungsbereich (hier: Ebene 2, +6,00 m) vorhandenen Stoffe zusammen. Grundsätzlich sind alle brennbaren Stoffe hierbei einzubeziehen, wobei nach den Kapiteln 6.4.2 und 6.4.3 der DIN 18230-1 unter bestimmten Voraussetzungen Brandlasten gänzlich oder teilweise unberücksichtigt bleiben können. Brandlasten werden in ungeschützte und geschützte Stoffe in geschlossenen Systemen (Kapitel 6.4.4 und 6.4.5 DIN 18230-1) unterteilt.

Die Brandlasten in der Ebene 2 sind in der nachfolgenden Tabelle 18 aufgelistet. Die elektrischen Installationen wurden mit einer pauschalen Brandlast von 3,0 kWh/m² angesetzt.

Die rechnerische Brandbelastung q_R beträgt unter den genannten Vorgaben für die betrachtete Ebene 2 somit:

$$q_{R, E2} = 37.868 \text{ kWh} / 940 \text{ m}^2 \approx 40,285 \text{ kWh/m}^2 \text{ }^4$$

Die nach Kapitel 6.1 DIN 18230-1 erforderliche Mindestbrandbelastung von 15 kWh/m² ist somit überschritten.

4.18.3.3.3 Umrechnungsfaktor c_{E2}

Der Umrechnungsfaktor c berücksichtigt bei der Berechnung der äquivalenten Branddauer den Einfluss des Wärmeabflusses durch die Umfassungsbauteile. Er ist abhängig von den Baustoffen, aus denen die Umfassungsbauteile bestehen. Aufgrund der konservativen Annahme, dass durch den großflächigen Brandbekämpfungsabschnitt und der daraus resultierenden niedrigen Temperaturen die Wirkung der Dämmung im Brandfall nicht versagt beträgt der Umrechnungsfaktor c nach Tabelle 1 der DIN 18230-1

$$c = 0,25 \text{ min m}^2/\text{kWh}$$

4.18.3.3.4 Wärmeabzugsfaktor ω_{E2}

Wie in Kapitel 4.18.3.1.1 beschrieben, ist zur Ermittlung der äquivalenten Branddauer der Ebene die Berechnung des Wärmeabzugsfaktors ω in der Ebene 2 notwendig. Dieser berücksichtigt zu welchem Anteil beim Brand entstehende Wärme aus der betrachteten Teilfläche (hier: Ebene 2) über offene oder offenbare Flächen abgeführt wird.

Die Berechnung des Wärmefaktors ω_{E2} erfolgt analog zu Gl. 5 in Kapitel 4.18.2.4 mit den im folgenden berechneten Werten der Ebene 2.

⁴ Bei der Berechnung wurden z. T. Werte aus dem SIA-Dokument 81 bzw. der Normenreihe DIN 18230 verwendet. Bei Fertigstellung und regelmäßig wiederkehrend sind die vorhandenen Brandlasten zu hinterfragen. Bei einer Änderung ist eine Bewertung entsprechend dem Abschnitt 9 MIndBauRL durchzuführen.

Diese Gleichung setzt sich aus verschiedenen Teilfaktoren bzw. Verhältniswerten nach den Grundgleichungen aus Kapitel 8.3 DIN 18230-1 zusammen.

α_w ist ein Faktor zur Berücksichtigung der mittleren Höhe (h) des maßgebenden Bemessungsabschnittes. Bei einer mittleren Höhe der Ebene 2 von ca. 3,635 m ergibt er sich nach DIN 18230-1 zu

$$\alpha_{w, E0} = (6/h)^{0,3} = (6/3,635)^{0,3} = 1,16.$$

Für die Bestimmung von $\omega_{0, E2}$ sind nach der aus DIN 18230-1 entnommenen Gleichung 6 (s. Kapitel 4.18.2.4) weitere Berechnungen notwendig. Bei der Berechnung sind die Werte aus der Ebene 2 zu bestimmen. Der Mindestwert für den Faktor ω_0 liegt bei 0,5.

$\alpha_{v, E2}$ und $\alpha_{h, E2}$ sind Quotienten aus den vertikalen bzw. horizontalen Öffnungen in den Außenwänden bzw. im Dach und der Fläche der betrachteten Teilfläche (hier: Ebene 2). Als Wärmeabzugsflächen dürfen die in Kapitel 8 der DIN 18230-1 aufgeführten Flächen angerechnet werden. In der folgenden Tabelle 19 sind die in der Ebene 2 vorhandenen vertikalen Wärmeabzugsflächen aufgelistet. Als Wärmeabzugsfläche wird entsprechend Kapitel 8.2 DIN 18230-1 vereinfacht 85 % der Rohbaufläche angesetzt (Spalte 9 Tabelle 19).

Tabelle 19: vertikale Wärmeabzugsflächen in der Ebene 2

| Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH 1360(E)-21_Magdeburger Verkehrsbetriebe | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|---------------------------|--------|----------|--------|---------------|---------------------|--------|---------------------------|------------------------------|------------------|--|
| <u>Ermittlung der vertikalen Öffnungsflächen A_v</u> | | | | | | | | | | | | |
| 1. Ebenennachweis (Technikgeschoss Werkstattgebäude) (mittlere Höhe = 3,635 m) | | | | | | | | | | | | |
| laufende Nr. | Öffnung | Faktoren für Verglasungen | Anzahl | Breite b | Höhe h | Brüstungshöhe | mittlere Hallenhöhe | Faktor | geometrische Einzelfläche | geometrische Fläche * Faktor | Fläche für A_v | Fläche für $A_{v,ae}$ (nur obere Hälfte) |
| | | | | m | m | m | m | | m ² | | m ² | m ² |
| 1 | Tür in die Werkstatt (Westseite) | 1,00 | 1 | 3,01 | 3,50 | 0,00 | 3,64 | 0,85 | 10,54 | 8,95 | 8,95 | 4,30 |
| 2 | Tür in die Werkstatt (Ostseite) | 1,00 | 1 | 2,96 | 2,75 | 0,00 | 3,64 | 0,85 | 8,14 | 6,92 | 6,92 | 2,35 |

Aus den in Tabelle 19 aufgelisteten vertikalen Wärmeabzugsflächen in der Ebene 2 ergibt sich für die Fläche der vertikalen Öffnungen in den Außenwänden insg. $A_{v, E2} = 15,87 \text{ m}^2$.

Für die betrachtete Teilfläche (hier: Ebene 2) sind diese Flächen und das Verhältnis zur Bemessungsgrundfläche ($A_{E2} = 940 \text{ m}^2$) in der nachfolgenden Tabelle 20 zusammengefasst.

Tabelle 20: Verhältnis $A_{v, E2}$ und $A_{h, E2}$ zur Bemessungsgrundfläche (hier: Ebene 2)

| Verhältnis der vertikalen Wärmeabzugsflächen zur Bemessungsgrundfläche | Verhältnis der horizontalen Wärmeabzugsflächen zur Bemessungsgrundfläche |
|--|--|
| $\alpha_{v, E2} = 15,87 \text{ m}^2 / 940 \text{ m}^2 = 0,025$ | $\alpha_{h, E2} = 495,04 \text{ m}^2 / 940 \text{ m}^2 = 0,527$ |

$\beta_{w, E2}$ berechnet sich analog zu Gl. 7 in Kapitel 4.18.2.4 und muss mindestens einen Wert von 16 aufweisen. Entsprechend dieser Gleichung und in Verbindung mit dem Wert $\alpha_{v, E2}$ aus Tabelle 20 für α_v , wird für $\beta_{w, E2}$ folgender Wert ermittelt:

$$\beta_{w, E2} = 24,2$$

Zur Bestimmung des Faktors zur Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Wärmeabzugsflächen der Ebene 2 $\omega_{0, E2}$ sind die ermittelten Werte in Gl. 6 einzusetzen. Hierbei ergibt sich für $\omega_{0, E2}$ der Mindestwert von:

$$\omega_{0, E2} = 0,5$$

Nach Bestimmung des Wertes für $\omega_{0, E2}$ kann in Verbindung mit dem konstanten Faktor $\alpha_{w, E2}$ der Wärmeabzugsfaktor ω_{E2} ermittelt werden. Dieser ergibt sich unter Bezug auf Gleichung (11) in Kapitel 8.3 der DIN 18230-1 zu:

$$\omega_{E2} = 0,58$$

4.18.4 Erforderliche Feuerwiderstandsdauer der Bauteile

Die Anforderungen an die erforderliche Feuerwiderstandsklasse der Bauteile im Brandbekämpfungsabschnitt „Werkstatt“ werden in Tabelle 6 MIndBauRL dargestellt. Die Beurteilung erfolgt durch die rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer t_F . Diese wird durch Gl. 9 berechnet:

$$t_F = t_{\ddot{a}} * \gamma * \alpha_L \quad (\text{Gl. 9})$$

Im vorliegenden Fall ist die äquivalente Branddauer $t_{\ddot{a}, E1}$ der Ebene 1 größer als die äquivalente Branddauer $t_{\ddot{a}}$ des globalen Nachweises. Somit ist für die weitere Beurteilung der Bauteilanforderungen der Ebene 1 der Wert für $t_{\ddot{a}, E1}$ mit **67,19 min** maßgebend. Die übrigen Bauteilanforderungen des Brandbekämpfungsabschnitts sind mit dem aus dem globalen Nachweis berechneten $t_{\ddot{a}}$ zu bestimmen.

Die einzelnen Bauteile des Brandbekämpfungsabschnitts werden in die unterschiedlichen Brandsicherheitsklassen (Abschnitt 7.2 MIndBauRL) eingeteilt. In der Gl. 9 stellt γ den Sicherheitsbeiwert für die Bauteile der drei Brandsicherheitsklassen dar. Die Einteilung der Bauteile in die Brandsicherheitsklassen erfolgt durch den konstruktiven Brandschutz (Statiker).

Für die Festlegung der Sicherheitsbeiwerte ist die Fläche des Brandbekämpfungsabschnitts und das Vorhandensein von Geschossen bzw. Ebenen maßgebend. Der Zusatzbeiwert α_L berücksichtigt die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Brandes in Abhängigkeit von der brandschutztechnischen Ausstattung eines Industriegebäudes. Da eine Brandmeldeanlage jedoch keine Werkfeuerwehr und keine Löschanlage vorhanden sind, gilt für den Brandbekämpfungsabschnitt $\alpha_L = 0,9$.

Die Werte für die Sicherheitsbeiwerte sind in der Tabelle 2 der DIN 18230-1 aufgeführt. Für den betrachteten Brandbekämpfungsabschnitt ergeben sich für die Sicherheitsbeiwerte γ der einzelnen Brandsicherheitsklassen die folgenden Werte, da es sich um einen Brandbekämpfungsabschnitt mit Ebenen und einer Brandbekämpfungsabschnittsfläche zwischen 10.000 m² und 20.000 m² handelt.

- Brandsicherheitsklasse SKb3: $\gamma = 1,48$
- Brandsicherheitsklasse SKb2: $\gamma = 1,13$
- Brandsicherheitsklasse SKb1: $\gamma = 0,73$

Bei der Ermittlung der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer beim Ebenennachweis der Ebene 1 wird ebenfalls mit den o. g. Sicherheitsbeiwerten gerechnet (Anhang E.14.2.4 DIN 18230-1).

Aus den vorherigen Kapiteln ergaben sich für den globalen Nachweis sowie den Ebenennachweis der Ebene 1 die folgenden äquivalenten Branddauern $t_{\ddot{a}}$:

- Globaler Nachweis: $t_{\ddot{a}, \text{Werkstatt}} = 11,98 \text{ Minuten}$
- Ebenennachweis Ebene 1: $t_{\ddot{a}, E1} = 67,19 \text{ Minuten}$

Nach Einsetzen dieser Werte in Gl. 9 betragen die erforderlichen Feuerwiderstandsdauern für die Bauteile der drei verschiedenen Brandsicherheitsklassen in den beiden Bereichen:

- Brandbekämpfungsabschnitt
 - Brandsicherheitsklasse SKb3: *erf t_F SK_{b3} = 15,96 min*
 - Brandsicherheitsklasse SKb2: *erf t_F SK_{b2} = 12,18 min*
 - Brandsicherheitsklasse SKb1: *erf t_F SK_{b1} = 7,87 min*

- Ebene 1
 - Brandsicherheitsklasse SKb3: *erf $t_{F, EI}$ SK_{b3} = 89,50 min*
 - Brandsicherheitsklasse SKb2: *erf $t_{F, EI}$ SK_{b2} = 68,33 min*
 - Brandsicherheitsklasse SKb1: *erf $t_{F, EI}$ SK_{b1} = 44,14 min*

Diese Anforderungen werden in dem betrachteten Gebäude beachtet und umgesetzt. Die Errichtung des Gebäudes in der vorliegenden Bauweise ist somit zulässig. Gegen die geplante Ausführung des Gebäudes bestehen daher aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken.

5 Zusammenfassung

Die Planungsgruppe Gesterling | Knipping | Schone plant für die MVB – Magdeburger Verkehrsbetriebe GmbH & Co. KG den Neubau des Straßenbahnbetriebshofs Nord in Magdeburg.

Für die Gebäude „Werkstattgebäude“ (FB 1), „Reststoffsammelstelle“ (FB 2), „Abstellhalle“ (FB 3) und „Betriebshofwartgebäude“ (FB 4) auf dem Betriebsgelände des Straßenbahnbetriebshofs Nord am „August-Bebel-Damm“ in 39126 Magdeburg wurden jeweils eigene Brandschutznachweise erstellt, in denen die objektspezifischen bauordnungsrechtlichen Anforderungen zusammengestellt werden. In diesen Nachweisen werden zusätzlich die allgemeinen Anforderungen des Betriebsgeländes (Zugänglichkeit etc.) ebenfalls erfasst. In dem vorliegenden Brandschutznachweis wird das **Werkstattgebäude (FB 1)** aus brandschutztechnischer Sicht bewertet.

Mit Datum vom 31. August 2018 wurde durch das Sachverständigenbüro Brandschutz Dr. Heins & Partner -Ingenieure- aus 47533 Kleve ein Brandschutznachweis für das Werkstattgebäude FB 1 aufgestellt (s. /U28/). In dem ursprünglichen Nachweis wurde die geplante Baumaßnahme aus brandschutztechnischer Sicht bewertet. Im Rahmen des Prüfverfahrens durch den Prüflingenieur für Brandschutz haben sich Änderungen am Brandschutznachweis ergeben, die zusammen mit weiteren Planungsänderungen in eine Fortschreibung zum Brandschutznachweis mit Datum vom 01. Oktober 2019 (s. /U32/) eingearbeitet wurden. Dieses sog. Blaudeckerverfahren wurde am 26. November 2020 (s. /U33/) durch den Fachbereich Vermessungsamt und Baurecht der Landeshauptstadt Magdeburg genehmigt. Im Rahmen der weiteren Ausführungsplanung haben sich weitere Änderungen ergeben, die eine weitere Fortschreibung zum Brandschutznachweis erforderlich machen.

Das Sachverständigenbüro Brandschutz Dr. Heins -Ingenieure- GmbH aus 46487 Wesel wurde mit der erforderlichen Fortschreibung des Brandschutznachweises beauftragt. Die brandschutztechnische Bewertung der von den Änderungen betroffenen Bereiche des Gebäudes erfolgt auf Grundlage der Bauordnung des Landes Sachsen-Anhalt (BauO LSA) sowie der Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL). Die Inhalte des vorliegenden Brandschutznachweises richten sich nach § 15 BauVorIVO. Die Ausgangsgenehmigung /U33/ für die nicht von den Änderungen betroffenen Bereiche des Gebäudes bleibt nach altem Recht weiterhin bestehen.

Bei Umsetzung der in diesem Brandschutznachweis vorgeschlagenen Maßnahmen bestehen aus Sicht des Unterzeichners keine Bedenken gegen den Bau und Betrieb des „Werkstattgebäudes“ (FB 1). Die Schutzziele des Brandschutzes werden bei dem hier betrachteten Gebäude erfüllt. Die Maßnahmen

sind dabei nicht als Einzelmaßnahmen, sondern nur im Zusammenhang mit dem Gesamtkonzept zu verstehen.

Der vorliegende Brandschutznachweis gilt ausschließlich für das Werkstattgebäude (FB 1) auf dem Betriebsgelände am August-Bebel-Damm in 39126 Magdeburg. Eine Übertragung auf andere Bauvorhaben ist nicht zulässig.

Wesel, den 26. November 2021

Dipl.-Ing. R. Gellings

M. Engelberg, B.Sc.

Staatlich anerkannter Sachverständiger
für die Prüfung des Brandschutzes

Bestätigung des Entwurfsverfassers, dass dieser Brandschutznachweis Bestandteil der Bauvorlagen ist und bei der Planung des Vorhabens vollständig beachtet wird.

Entwurfsverfasser