KANTON AARGAU

DEPARTEMENT
BAU, VERKEHR UND UMWELT
Abteilung Tiefbau

GEMEINDE

Suhr, Gränichen, Oberentfelden IO/AO

STRASSE

Verkehrsinfrastruktur – Entwicklung Raum Suhr (VERAS)

NK240, NK241, K242

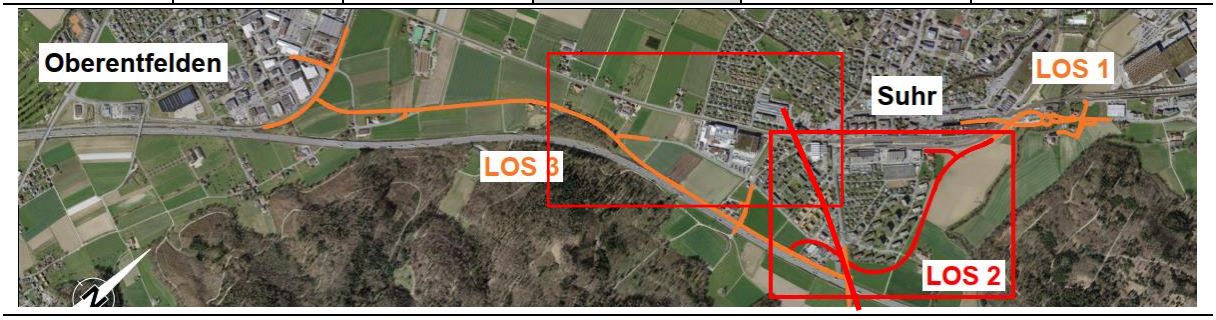
BEREICH D954 D962

OBJEKT

Los 2

Belüftung der Notausgänge

Vorstudien	Vorprojekt	Bauprojekt	Auflageprojekt	Ausführungsprojekt	Ausgeführtes Werk



PROJEKTVERFASSER

IG PRELO
% F. Preisig AG, Zürich

FPREISIGAG Lombardi

Markus, Schneider
Teilprojektleiter Los 2

Erstellt: 31.05.2024

BAUHERR

Abteilung Tiefbau
Realisierung
PS-Nr.: 640-203830

Andreas, Drohomirecki
Projektleiter ATB

Dok. Nr.: 2605

Änderungsverzeichnis

Rev.	Projektverfasser			Bauherr			Bemerkungen
	Datum	Name	Visum	Datum	Name	Visum	
0.1	30.09.2022	MaiJ					Entwurf
0.2	12.05.2023	MaiJ					Entwurf Abgabe
0.3	21.08.2023	MaiJ					Abgabe Vernehmlas-sung
1.0	31.01.2023	J. Maier	MaiJ	31.01.2024	M. Tobler	MT	Abgabe BP
2.0	31.05.2024	J. Maier, Y. Métry	MaiJ, MeY	31.05.2024	M. Tobler	MT	Abgabe Auflageprojekt

Inhaltsverzeichnis

Glossar **8**

Abkürzungen **9**

Nomenklatur **10**

1. Zusammenfassung **11**
1.1 Einleitung 11
1.2 Ziel des Berichts 12
1.3 Methodik der Auslegung 12
1.4 Ergebnisse 13

2. Projektgrundlagen **14**
2.1 Quellenverzeichnis 14
2.1.1 Normen, Bestimmungen und Richtlinien 14
2.1.2 Projektspezifische Grundlagen 14
2.1.3 Allgemeine Referenzen 15
2.2 Geometrie des Bauwerks 15
2.2.1 Notausgang 1 Buhalde 17
2.2.2 Notausgang 2 Wynematte 22
2.2.3 Notausgang 3 Helgefeld 27
2.2.4 Fluchtwegtüren 31
2.3 Temperatur und barometrischer Druck 31
2.4 Schallschutz 32
2.5 Erkenntnisse aus dem Projekt SWU Sins 32
2.6 Berechnungssoftware für die Auslegung des Lüftungssystems 33

3. Konzept des Lüftungssystems **34**
3.1 Lüftungskonzept 34
3.2 Anforderungen für den Normalbetrieb 35
3.3 Anforderungen der Belüftung im Ereignisbetrieb 35

4. Auslegung der Belüftung von Notausgängen **37**
4.1 Lüftungssystem 37
4.1.1 Anordnung Lüftungssystem NA 1 38
4.1.2 Anordnung Lüftungssystem NA 2 39
4.1.3 Anordnung Lüftungssystem NA 3 42
4.2 Leistung und Betriebspunkte der Ventilatoren 43
4.3 Begrenzung der Lärmemission 43

5. Betriebskonzept **44**

6. Schnittstellen **45**
6.1 Schnittstellen zur Energieversorgung und Steuerung 45
6.2 Schnittstellen zum Bau 45

7. Technische Spezifikation **46**
7.1 Wetterschutzgitter 46
7.1.1 Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass im EG 46
7.1.2 Wetterschutzgitter für den Luftauslass im EG 46
7.2 Luftkanäle 46
7.3 Rohrschalldämpfer 47
7.4 Klappen 47

7.4.1 Rechteck Absperrklappe 47
7.4.2 Rechteck Überdruckklappe 47
7.4.3 Rechteck Brandschutzklappe 47
7.4.4 Rechteck Rückschlagklappe 47
7.5 Axial Ventilatoren 47
7.5.1 Normallüfter 47
7.5.2 Ereignislüfter 48
7.6 Rechteck Grobstaubfilter 48
7.7 Anderes 49
7.7.1 Schiebetür der Schleuse 49
7.7.2 Flügeltür zum Aussenbereich 49
7.7.3 Streckmetall der Fassade 49

8. Abnahme 50

9. Bauprogramm 51

10. Investitions- und Betriebskosten 52
10.1 Investitionskosten 52
10.2 Betriebs- und Unterhaltskosten 53

11. Unterschriften 55

Anhang A: Berechnung der Strömungswiderstände 56
A.1 Lüftungssystem NA 1 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen 57
A.2 Lüftungssystem NA 1 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen 58
A.3 Lüftungssystem NA 1 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen 59
A.1 Lüftungssystem NA 2 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen 60
A.2 Lüftungssystem NA 2 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen 61
A.3 Lüftungssystem NA 2 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen 62
A.1 Lüftungssystem NA 3 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen 63
A.2 Lüftungssystem NA 3 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen 64
A.3 Lüftungssystem NA 3 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen 65

Anhang B: Berechnung des Schalldruckpegels 66
B.1 Normalbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Lufteinlass 67
B.2 Normalbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Luftauslass 68
B.3 Normalbetrieb – Schleuse (UG) vor der Einblasöffnung 69
B.4 Ereignisbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Lufteinlass 70
B.5 Ereignisbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Luftauslass 71
B.6 Ereignisbetrieb – Schleuse (UG) vor der Einblasöffnung 72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Lage und Distanzen der Notausgänge am Fahrraum. 16
Tabelle 2-2: Jahresmittelwert der Lufteigenschaften Suhr. 32
Tabelle 2-3: Belastungsgrenzwerte für Strassenverkehrslärm gemäss Lärmschutz-Verordnung im Normalbetrieb [6]. 32
Tabelle 4-1: Beschreibung und Menge der Lüftungskomponenten. 37
Tabelle 4-2: Betriebspunkte der Ventilatoren. 43
Tabelle 4-3: Lärmemission durch das Lüftungssystem, Schalldruckpegel bei 1 m Abstand, direkt vor der Öffnung. 43
Tabelle 7-1: Allgemeine Daten des Normallüfters. 48
Tabelle 7-2: Allgemeine Daten des Ereignislüfters. 48
Tabelle 10-1: Investitionskosten für die Lüftungskomponenten des Tunnels Wynematte (Preisstand Dezember 2020). 53
Tabelle 10-2: Betriebs- und Unterhaltskosten für die Fahrraumlüftung des Tunnels Wynematte. 54

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Übersicht des Tagbautunnels Wynematte aus Beilage 2606.[22] 12
Abbildung 2-2: Notausgang 1 Buhalde, Grundriss EG [23]. 18
Abbildung 2-3: Notausgang 1 Buhalde, Grundriss UG [23]. 19
Abbildung 2-4: Notausgang 1 Buhalde, Schnitt A [23]. 20
Abbildung 2-5: Notausgang 1 Buhalde, Schnitt B [23]. 21
Abbildung 2-6: Notausgang 2 Wynematte, Grundriss EG [24]. 23
Abbildung 2-7: Notausgang 2 Wynematte, Grundriss UG [24]. 24
Abbildung 2-8: Notausgang 2 Wynematte, Schnitt A [25]. 25
Abbildung 2-9: Notausgang 2 Wynematte, Schnitt D [25]. 25
Abbildung 2-10: Notausgang 2 Wynematte, Schnitt E [25]. 26
Abbildung 2-11: Notausgang 3 Helgefeld, Grundriss EG [26]. 27
Abbildung 2-12: Notausgang 3 Helgefeld, Grundriss ZG [26]. 28
Abbildung 2-13: Notausgang 3 Helgefeld, Grundriss UG [26]. 29
Abbildung 2-14: Notausgang 3 Helgefeld, Schnitt A [26]. 30
Abbildung 2-15: Masse in Millimeter von Fluchtwegtüren, Typ Schiebetür. 31
Abbildung 3-1: Lüftungskonzept Treppenhaus; Türen der Schleuse auf der Fahrraum-Ebene (UG); ein Ventilator pro Betriebszustand (Normal und Ereignis). [18] 35
Abbildung 4-1: Lüftungssystem des NA 1, Anordnung der Lüftungskomponenten [27]. 38
Abbildung 4-2: Lüftungssystem des NA 2, Anordnung der Lüftungskomponenten, Schnitt F und G [30]. 39
Abbildung 4-2: Lüftungssystem des NA 2, Anordnung der Lüftungskomponenten, Grundriss EG und ZG [29]. 40
Abbildung 4-2: Lüftungssystem des NA 2, Anordnung der Lüftungskomponenten, Grundriss UG [31]. 41
Abbildung 4-3: Lüftungssystem des NA 3, Anordnung der Lüftungskomponenten [28]. 42
Abbildung 7-1: Bekleidung der Fassade mit Streckmetall. 49
Abbildung 0-1: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 1 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen. 57
Abbildung 0-2: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 1 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen. 58
Abbildung 0-3: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 1 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen. 59
Abbildung 0-4: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 2 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen. 60
Abbildung 0-5: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 2 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen. 61
Abbildung 0-6: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 2 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen. 62
Abbildung 0-7: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 3 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen. 63
Abbildung 0-8: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 3 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen. 64
Abbildung 0-9: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 3 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen. 65
Abbildung 0-1: Schalldruckpegel beim Normalbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Lufteinlass, 1 m Abstand zur Öffnung. 67
Abbildung 0-2: Schalldruckpegel beim Normalbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Luftauslass, 1 m Abstand zur Öffnung. 68

Abbildung 0-3: Schalldruckpegel beim Normalbetrieb – Schleuse (UG) vor der Einblasöffnung, 1 m Abstand zur Öffnung. 69
Abbildung 0-4: Schalldruckpegel beim Ereignisbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Lufteinlass, 1 m Abstand zur Öffnung. 70
Abbildung 0-5: Schalldruckpegel beim Ereignisbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Luftauslass, 1 m Abstand zur Öffnung. 71
Abbildung 0-6: Schalldruckpegel beim Ereignisbetrieb – Schleuse (UG) vor der Einblasöffnung, 1 m Abstand zur Öffnung. 72

Glossar

Ereignisbetrieb	Betrieb der Lüftung bei einem Ereignis.
Hydraulischer Durchmesser	Charakteristische Länge für die Bestimmung des Druckverlustes in einem Rohr oder Stollen, berechnet aus Umfang und Querschnittfläche.
Normalbetrieb	Betrieb der Lüftung zur Sicherstellung der Luftqualität.
Schleuse	Im Rahmen des vorliegenden Berichts ist die Schleuse als belüfteter Raum mit zwei mechanisch selbstschliessenden Schiebetüren ohne gegenseitige Verriegelung verstanden.

Abkürzungen

ASTRA	Bundesamt für Strassen
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BP	Bauprojekt
BSA	Betriebs- und Sicherheitsausrüstung
CHF	Schweizer Franken
EG	Erdgeschoss
ISO	International Organization for Standardization
LSV	Lärmschutzverordnung
MwSt.	Mehrwertsteuer
NA	Notausgang
RL	Richtlinie
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
UG	Untergeschoss
VERAS	Verkehrsinfrastruktur-Entwicklung Raum Suhr
VP	Vorprojekt
VS	Vorstudie
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute

Nomenklatur

A	m^2	Fläche
C_D	-	Strömungswiderstandskoeffizient
c_{lim}	ppm	Dimensionierungswert für die Konzentration einer Substanz
D	m	Durchmesser
e	$m^3/h/Fz$	Spezifische Schadstoffemission eines Fahrzeuges
E	m^3/s	Gesamte Schadstoffemission der Fahrzeuge
F	N	Schub
g	m/s^2	Schwerefeld
h	m	Höhe
k_{lim}	m^{-1}	Extinktionskoeffizient, Dimensionierungswert für die Sichtweite
L	m	Länge
n	-	Anzahl
p	Pa	Druck
Q	m^3/s	Volumenstrom
R	J/kg/K	Gaskonstante (287.1 für trockene Luft)
s	%	Neigung
T	K	Temperatur
v	m/s	Geschwindigkeit
Δ	-	Differenz von Werten
ρ	kg/m^3	Luftdichte

1. Zusammenfassung

1.1 Einleitung

Die Region um Suhr und insbesondere das Suhrer Dorfzentrum sind seit Jahren einem stetigen wachsendem Verkehrsaufkommen ausgesetzt. Daher versucht die Gemeinde Suhr mit einer zentrums- und bahnhofsnahen Verdichtung des Wohnraums Voraussetzungen für eine Reduktion des Verkehrswachstums zu schaffen.

Die Verkehrsbelastung hat zur Folge, dass einerseits während den Hauptverkehrszeiten die Wohnbevölkerung täglich durch erhebliche Immissionen betroffen ist und andererseits der Verkehrsfluss stark beeinträchtigt wird. Der Kanton Aargau hat die Verkehrsprobleme erkannt und liess bereits vor Jahren Umfahrungslösungen planerisch untersuchen.

Mit der Vorstudie (VS) NK241 Ostumfahrung Suhr wurde das Generelle Projekt aus dem Jahre 2001 komplett überarbeitet sowie an die neuen Bedürfnisse und Gegebenheiten angepasst. In den Jahren 2018 und 2019 wurde aufbauend auf der Vorstudie die festgelegte Linienführung zum Vorprojekt (VP) weiterentwickelt. Dabei wurde das Projekt in 3 Teilprojekte aufgeteilt, was 2021 im Bauprojekt (BP) der Ostumfahrung Suhr resultierte.

Der vorliegende technische Bericht behandelt die lüftungstechnischen Aspekte der Notausgänge des Tagbautunnels Wynematte, welcher ein Bestandteil des Teilprojekts 2 ist. Von Norden nach Süden umfasst das Teilprojekt:

- den Knoten Hintere Bahnhofstrasse;
- die Grundwasserwanne Wynematte (mit Stapelbecken und Pumpwerk);
- den Tagbautunnel Wynematte;
- 3 Notausgänge mit Fluchttreppenhäusern ins Freie;
- die Grundwasserwanne Helgefeld (mit Pumpwerk);
- den Knoten Südanbindung.

Der Tagbautunnel Wynematte besteht aus einer zweispurigen Röhre, welche im Gegenverkehr befahren wird. Seine Länge beträgt 832 m mit unterschiedlichen Steigungs- und Gefälleanteilen. Im Mittel liegt der Tunnel auf einer Höhe von 391 m.ü.M. Die Fahrraumlüftung des Tunnels Wynematte wird im Bedarfsfall als Längslüftung mittels Strahlventilatoren betrieben. Aus dem Fahrraum führen drei Fluchtwege durch überdruckbelüftete Fluchttreppenhäuser ins Freie, welche in vorliegenden Bericht behandelt werden.

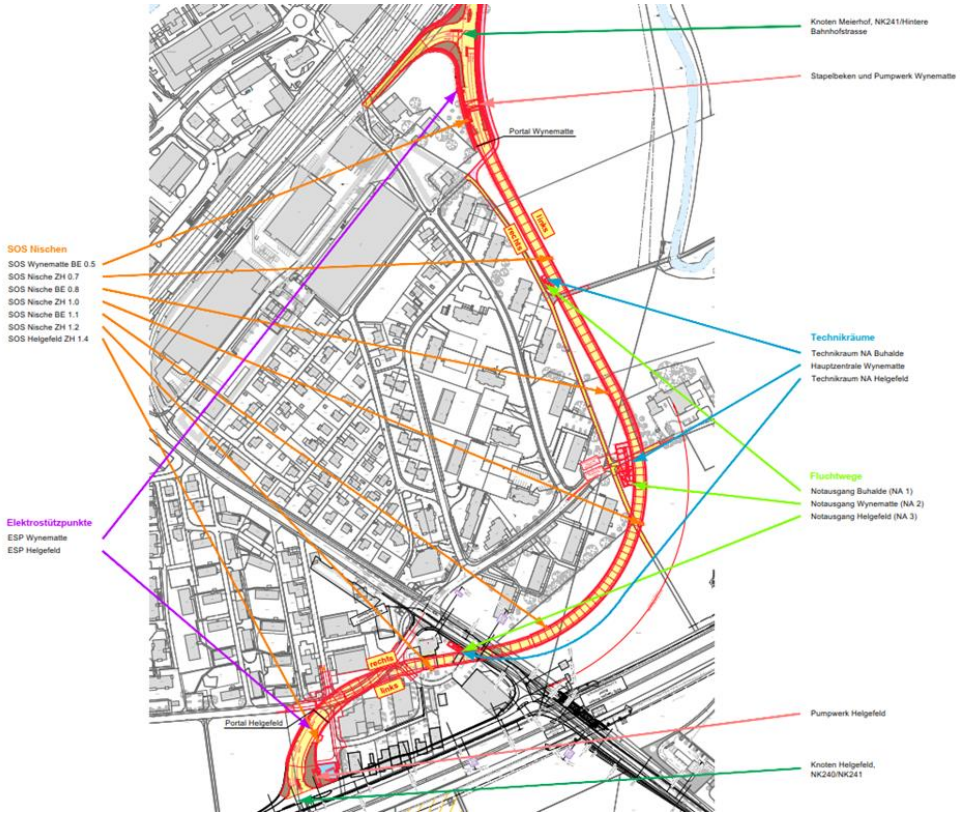


Abbildung 1-1: Übersicht des Tagbautunnels Wynematte aus Beilage 2606.[22]

1.2 Ziel des Berichts

Ziel des vorliegenden Berichtes ist die Systemwahl, die Dimensionierung und die Ausstattung von Lüftungsanlagen für die drei (3) Notausgänge des Tagbautunnels Wynematte. Es werden Angaben für den Normal- und Ereignisbetrieb, die technischen Spezifikationen der Lüftungseinrichtungen sowie die Schnittstellen zum Bau und zu den weiteren Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen (BSA) beschrieben. Eine Kostenschätzung der Lüftungseinrichtungen schliesst diesen technischen Bericht ab.

Die Steuerung der Belüftung der Notausgänge wird separat in dem technischen Bericht 2604 [20] «Steuerungsbericht Lüftung» beschrieben.

1.3 Methodik der Auslegung

Die Projektierungsarbeiten erfolgten in folgenden Teilschritten:

1. Zusammenstellung der Grunddaten, vgl. Kapitel 2
   a. Geometrischen Daten der Treppenhäuser, vgl. Kapitel 2.2
   b. Meteorologische Daten, vgl. Kapitel 2.2.4
2. Definition des Lüftungskonzept, vgl. Kapitel 3
3. Dimensionierung des Lüftungssystems
   a. Anordnung und Beschreibung des Lüftungssystems, vgl. Kapitel 4.1
   b. Bestimmung der Ventilator Betriebspunkte für den Normal- und Ereignisbetrieb, vgl. Kapitel 4.2
   c. Lärmemission Analyse, vgl. Kapitel 4.3
4. Betriebskonzept, vgl. Kapitel 5
5. Technische Spezifikationen, vgl. Kapitel 6
6. Beschreibung der Schnittstellen zu Bau- und Elektroplanung, vgl. Kapitel 6
7. Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten, vgl. Kapitel 8

1.4 Ergebnisse

Die Fluchtwege des Tunnels Wynematte werden mit einer Schleuse auf der Seite Fahrraum im Untergeschoss versehen. Die Schleuse wird mit zwei (2) Schiebetüren ausgestattet. Die Türen werden als mechanisch selbstschliessende Schiebetüren ohne gegenseitige Verriegelung ausgeführt.

Die Fluchttreppenhäuser der Notausgänge Buhalde, Wynematte und Helgefeld werden im Normalbetrieb dauernd belüftet. Die Aussenluft wird an der Fassade des Gebäudes über ein Wetterschutzgitter angesaugt und über einen Lüftungskanal in die Schleuse geführt. Die Belüftung erzeugt hier einen permanenten Überdruck. Der Druck in der Schleuse wird durch eine mechanische Überdruckklappe auf 50 Pa gegenüber dem Fahrraum begrenzt. Für diesen konstanten Spülvorgang wird ein separater Ventilator mit einer kleinen Motornennleistung von 370 W installiert.

Zur Belüftung im Ereignisbetrieb wird pro Fluchttreppenhaus je eine separate Lüftungseinheit mit einer Motornennleistung von 11 kW vorgesehen. Die Aktivierung erfolgt automatisch durch vordefinierte Signale.

2. Projektgrundlagen

Anforderungen an diese Lüftungsanlage sind dem kantonalen Faktenblatt [17] bezüglich der Belüftung von direkt nach oben führenden, oben geschlossenen Treppenhäusern, der ASTRA RL 13002 [1] «Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln» und der ASTRA RL 13011 [2] «Türen und Tore in Strassentunneln» zu entnehmen.

2.1 Quellenverzeichnis

2.1.1 Normen, Bestimmungen und Richtlinien

[1] ASTRA. Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln. Richtlinie 13002, V1.06, 30.03.2012.
[2] ASTRA. Türen und Tore in Strassentunneln. Richtlinie 13011, V1.06, 20.02.2020.
[3] ASTRA. Bauteile Komponenten, Werkstoffe. Fachhandbuch BSA, Technisches Merkblatt 23001-12120, V2.30, 01.01.2021.
[4] ASTRA. Bauteile Themen, Schutzzonen / Klimatische Bedingungen. Fachhandbuch BSA, Technisches Merkblatt 23001-12210, V2.30, 01.01.2021.
[5] ASTRA. Heizung, Lüftung und Klima Zentralen. Fachhandbuch BSA, Technisches Merkblatt 23 001-11820, V1.30, 01.01.2022.
[6] BAFU. Lärmschutz-Verordnung (LSV). Bundesamt für Umwelt, SR 814.41 (1986), Stand am 1. Juli 2021.
[7] Verein Deutscher Ingenieure. Raumlufttechnik – Geräuscherzeugung und Lärmminderung. Richtlinie VDI 2081 Blatt 1, März 2019.
[8] International Electrotechnical Comission. Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance. IEC 60034-1, 14.02.2022.
[9] ISO. Industrial Fans – Performance testing of jet fans. International Organization for Standardization, Standard 13350, 2015.
[10] ISO. Industrial Fans – Tolerances, methods of conversion and technical data presentation. International Organization for Standardization, Standard 13348, 2007.
[11] ISO. Air filters for general ventilation – Part 1: Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM). ISO 16890-1:2016.
[12] SIA. Projektierung Tunnel, Strassentunnel. Norm 197/2, 1. Oktober 2004.
[13] SIA. Befestigungen in Beton und Mauerwerk. Norm 179, 1. Juli 1998.
[14] SIA. Lüftungs- und Klimaanlagen - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen. Norm 382/1, 1. Juli 2014.
[15] SUVA. Akustische Grenz- und Richtwerte. Online www.suva.ch, Arbeitssicherheit / Gesundheitsschutz, Bereich Chemie, Physik & Ergonomie, 2020.
[16] Eurovent. Air leakage rate in sheet metal - air distribution systems. Eurovent 2/2, 1996.

2.1.2 Projektspezifische Grundlagen

[17] BVUATB Aarau. Belüftung direkt nach oben führender, oben geschlossener Fluchttreppenhäuser bei Tunneln mit geringer Überdeckung. Faktenblatt Aarau, 21.03.2014.
[18] BVUATB Aarau, Tobler Martina. VERAS Factsheet Nr.7 Lüftung und Türen der Fluchtwege. E-Mail vom 30.05.2022.
[19] BVUATB Aarau. PROTOKOLL PS 22-03 Projektsitzung BSA – Los2. 19.05.2022.
[20] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, Steuerungsbericht Fahrraumlüftung, 012.241.001-03-2604_LUE_Bericht_20230821.
[21] Gähler und Partner AG. Vorprojekt NK 241 Ostumfahrung Suhr – Technischer Bericht BSA. Kanton Aargau, Department Bau, Verkehr und Umwelt, 640-203100, V1.1, 29.03.2019.

[22] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, Übersichtsplan Objekte VERAS, 012.241.001-03-2606_Übersichtsplan_20230821
[23] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, Notausgang Buhalde (NA 1). B-177-05-108-3_NA 1_20230724.
[24] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, Zentrale Wynematte und Notausgang (NA 2). B-177-05-108-4_Zentrale und NA 2_20230724
[25] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, Zentrale Wynematte und Notausgang (NA 2) Schnitte. B-177-05-108-5_Zentrale und NA 2_Schnitte_20230724.
[26] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, Notausgang Helgefeld (NA 3). B-177-05-108-6_NA 3_20230724
[27] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, HLK-Plan Notausgang 1 Buhalde. 012.241.001-03-2684_HLK_NA1_RL_20230821
[28] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, HLK-Plan Notausgang 3 Helgefeld. 012.241.001-03-2685_HLK_NA3_RL_20230821.
[29] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, Hauptzentrale HLK-Plan Hauptzentrale EG. 012.241.001-03-2683-1_HLK_HZ_RL_EG_20230821
[30] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, HLK-Plan Hauptzentrale Schnitte Teil 2/2. 012.241.001-03-2683-4_HLK-HZ_RL_S2_20230821
[31] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, HLK-Plan Hauptzentrale UG. 012.241.001-03-2683-2_HLK_HZ_RL_UG_20230821
[32] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, Wirkmatrix, 012.241.001-03-2664_Wirkmatrix_20230821
[33] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, Leittechnik Ueberdruck-lüftung, 012.241.001-03-2632_UED_Leit_20230821
[34] Lombardi AG. NK241 Ostumfahrung Suhr, B-177 Tunnel Wynematte, Bauprogramm Los2, 012.241.001-01-2041_Bauprogramm
[35]

2.1.3 Allgemeine Referenzen

[36] Meteotest AG. Meteonorm 8 – Global Meteorological Database for Engineers, Planners and Education. Product details at meteonorm.com.
[37] Federal Office of Topography swisstopo. Geo.admin.ch. https://map.geo.admin.ch, abgerufen am 12.05.2022.
[38] Tobler Martina. E-Mail: VERAS – Schall Empfindlichkeitsstufe. Gesendet am 6. Februar 2023.
[39] Thomas Braun. E-Mail: VERAS - Schall Empfindlichkeitsstufen Umweltbericht. Gesendet am 8. März 2023.

2.2 Geometrie des Bauwerks

Im Rahmen des Projekts Ostumfahrung Suhr werden drei (3) Fluchtwege aus dem Fahrraum erstellt. Diese Notausgänge sind gemäss Tabelle 2-1 im Tunnel positioniert, vgl. Situationsplan in Abbildung 1-1. Im Bereich des Notausgangs Wynematte (NA2) befindet sich als unterirdisches Bauwerk die Zentrale Wynematte. Bei den Notausgängen Buhalde (NA1) und Helgefeld (NA3) sind unterirdisch jeweils ein Technik- und ein Providerraum angeordnet.

Notausgänge des Tunnels Wynematte	Kilometrierung	Distanz zum nächsten Ausgang
Tunnelportal Nord	KM 0+584	164 m

Notausgänge des Tunnels Wynematte	Kilometrierung	Distanz zum nächsten Ausgang
Notausgang Buhalde (NA 1)	KM 0+748	228 m
Notausgang Wynematte (NA 2)	KM 0+976	280 m
Notausgang Helgefeld (NA 3)	KM 1+256	172 m
Tunnelportal Süd	KM 1+428	-

Tabelle 2-1: Lage und Distanzen der Notausgänge am Fahrraum.

2.2.1 Notausgang 1 Buhalde

2.2.1.1 Grundriss EG

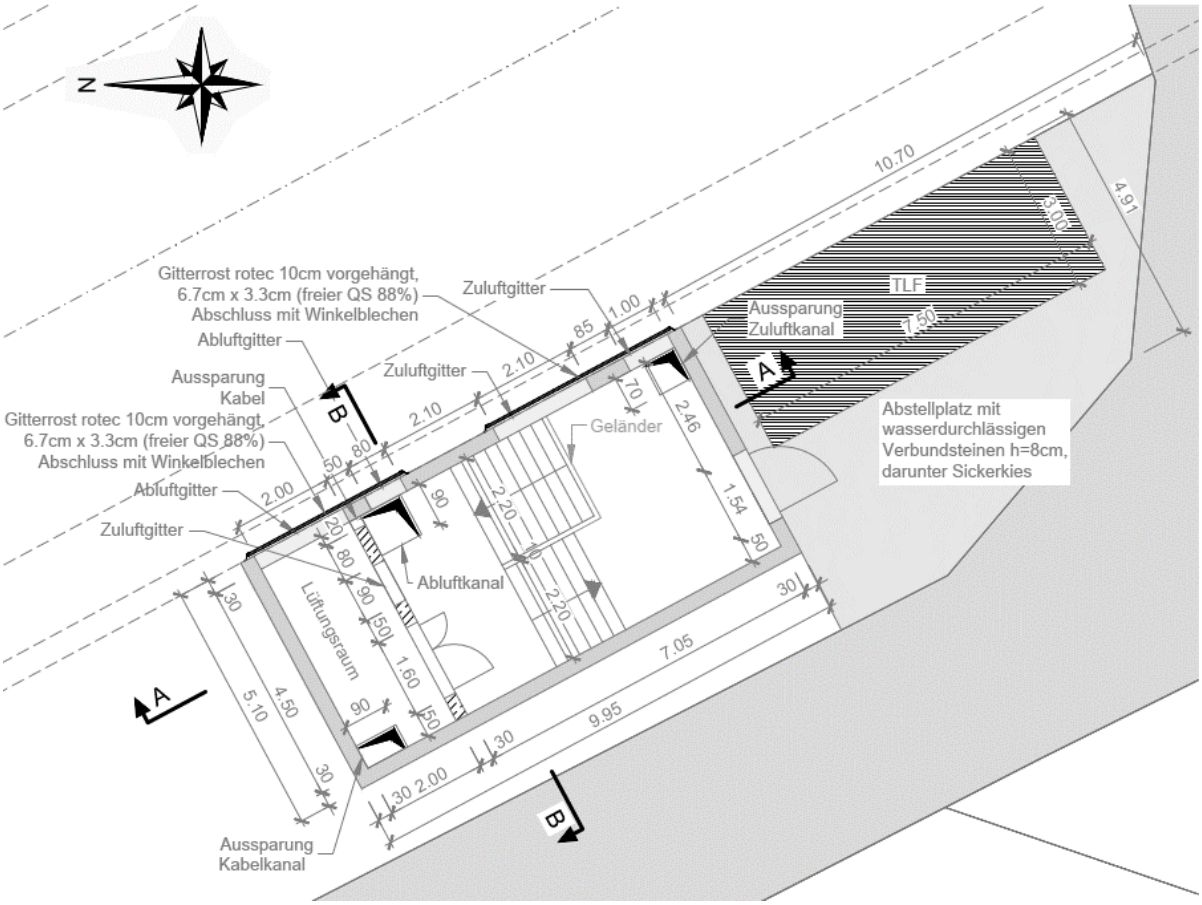


Abbildung 2-1: Notausgang 1 Buhalde, Grundriss EG [22].

2.2.1.2 Grundriss UG

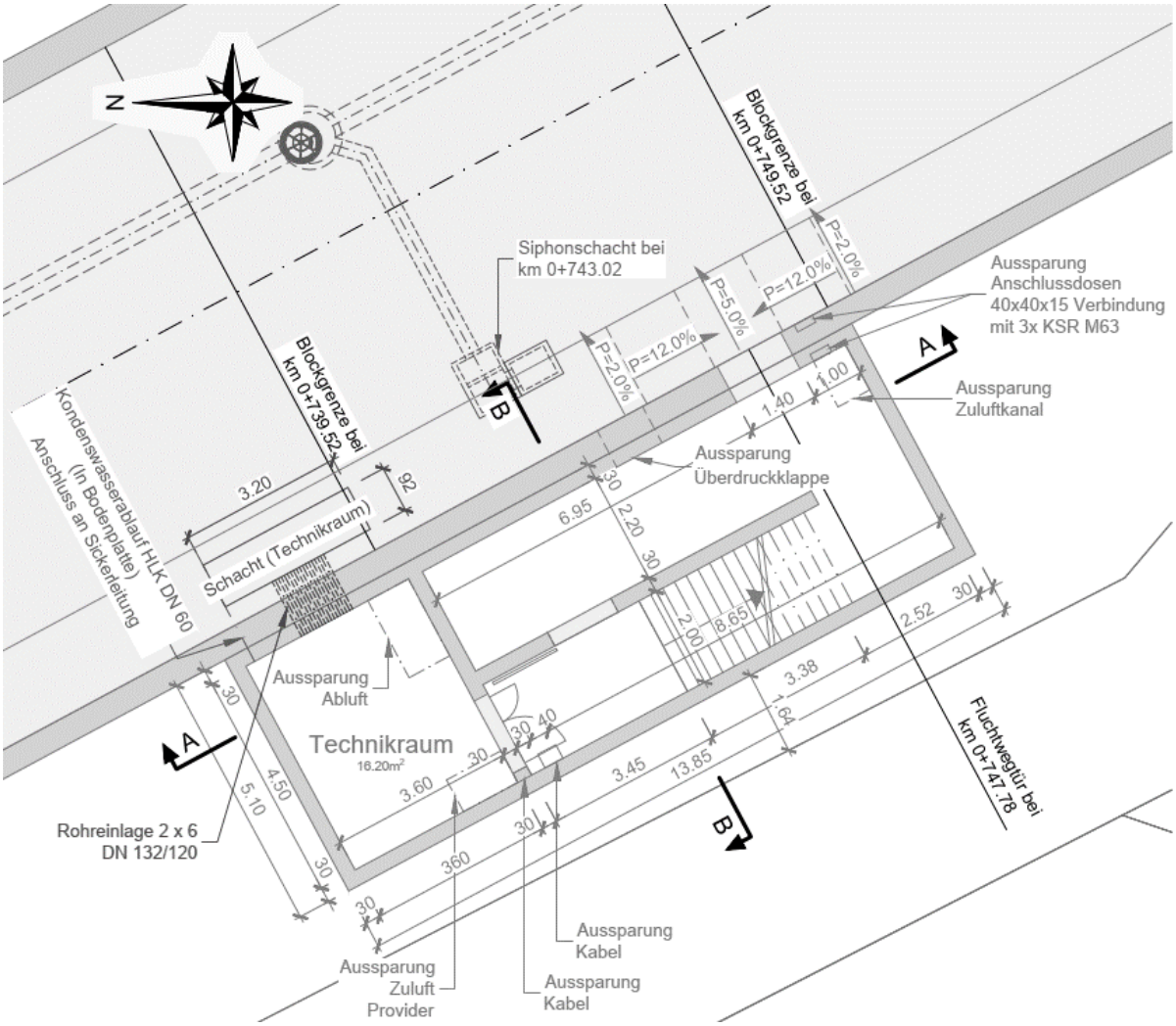


Abbildung 2-2: Notausgang 1 Buhalde, Grundriss UG [22].

2.2.1.3 Schnitt A

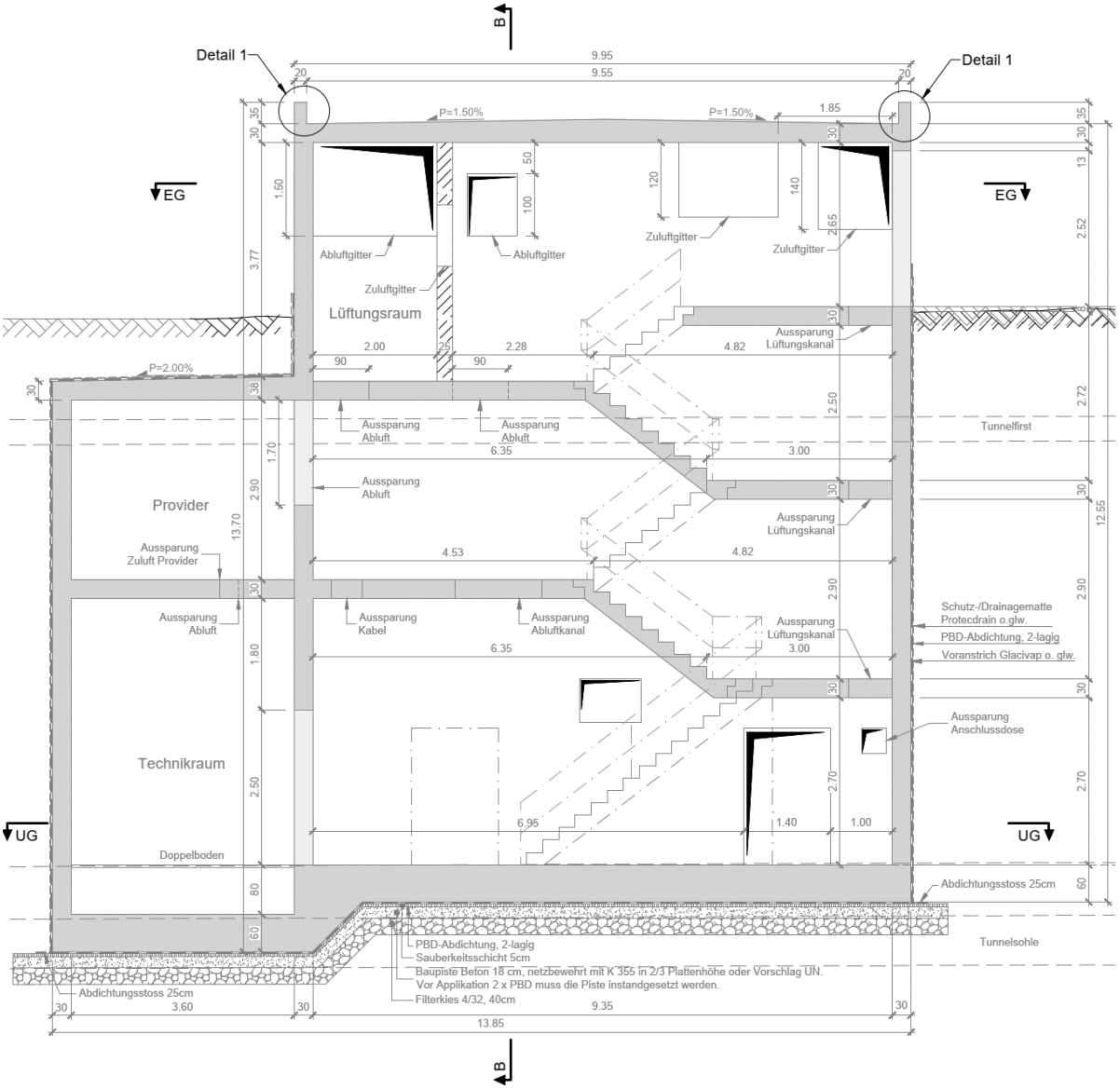


Abbildung 2-3: Notausgang 1 Buhalde, Schnitt A [22].

2.2.1.4 Schnitt B

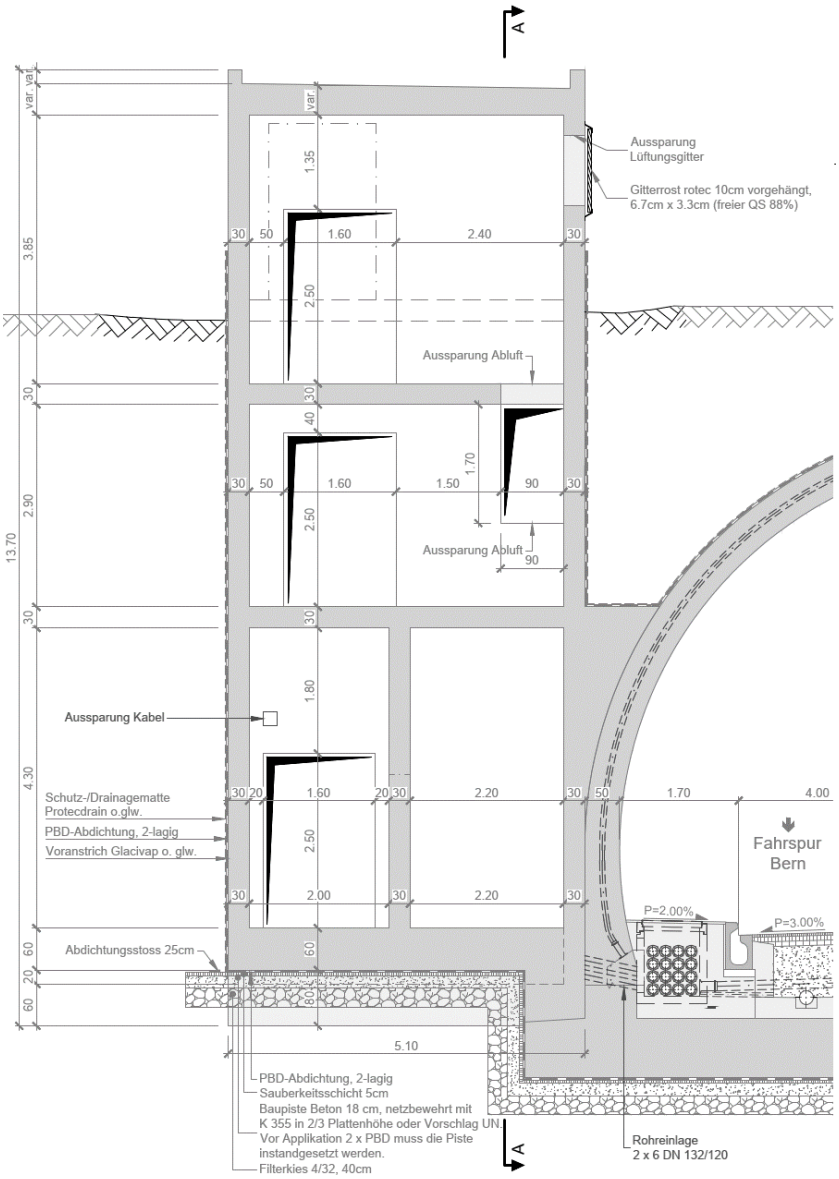


Abbildung 2-4: Notausgang 1 Buhalde, Schnitt B [22].

2.2.2 Notausgang 2 Wynematte

2.2.2.1 Grundriss EG

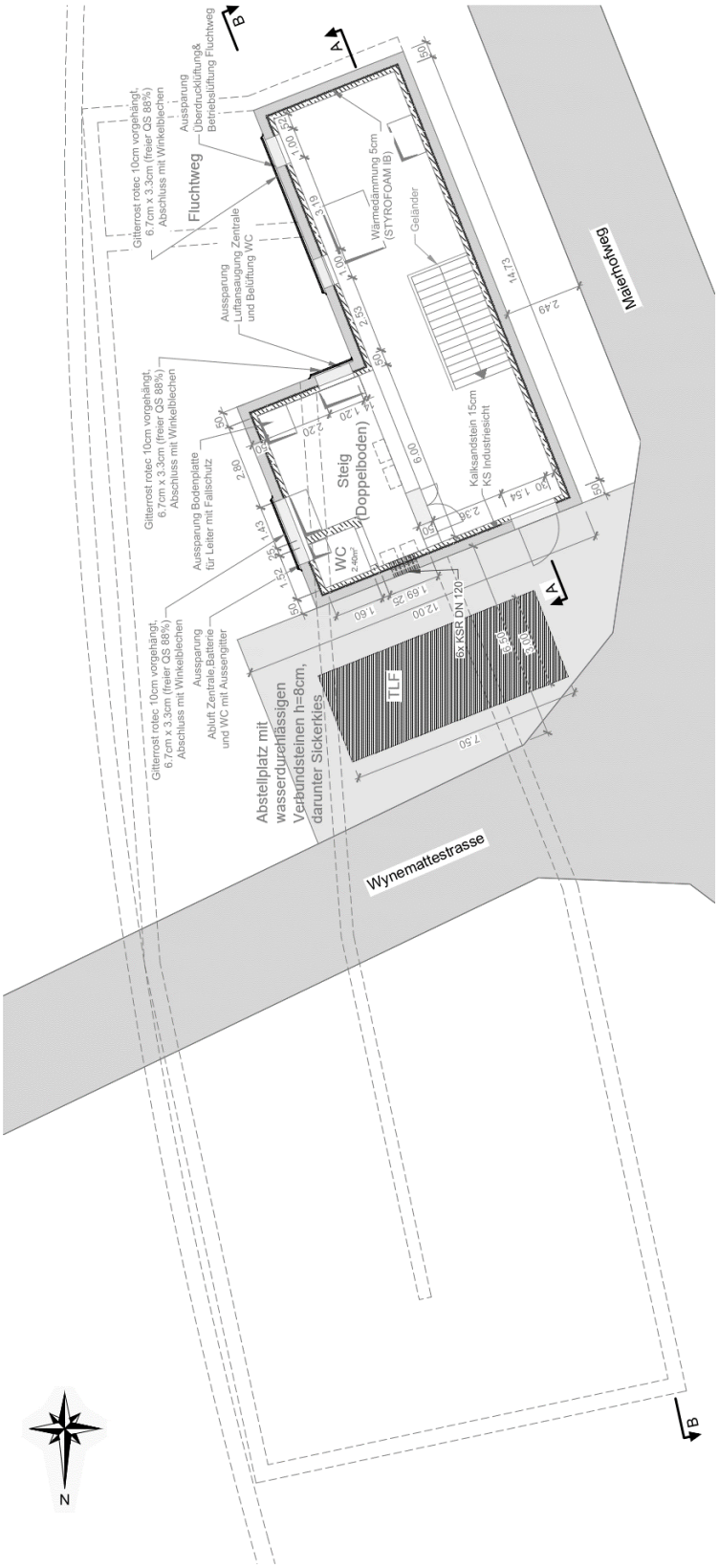


Abbildung 2-5: Notausgang 2 Wynematte, Grundriss EG [24].

2.2.2.2 Grundriss UG



Abbildung 2-6: Notausgang 2 Wynematte, Grundriss UG [24].

2.2.2.3 Schnitt A

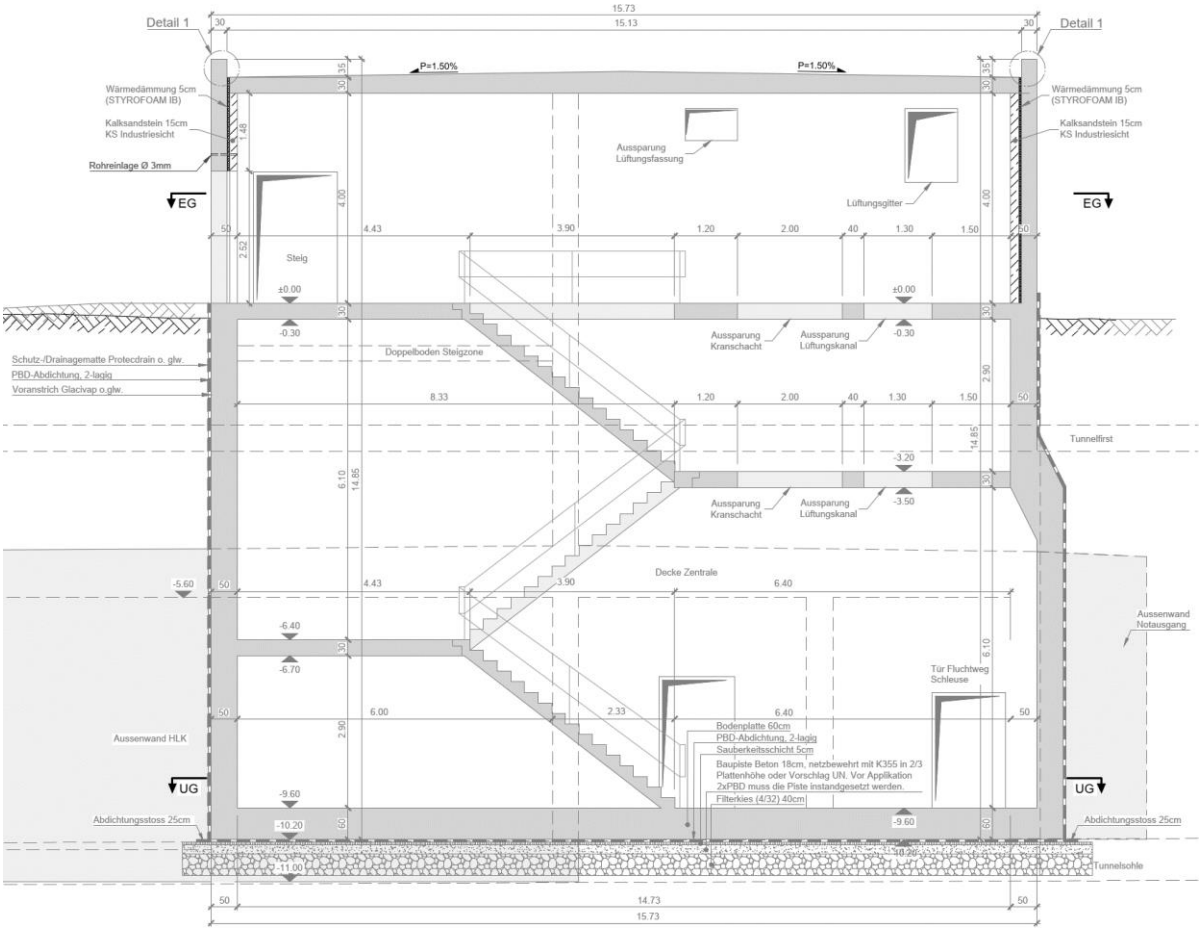


Abbildung 2-7: Notausgang 2 Wynematte, Schnitt A [25].

2.2.2.4 Schnitt D

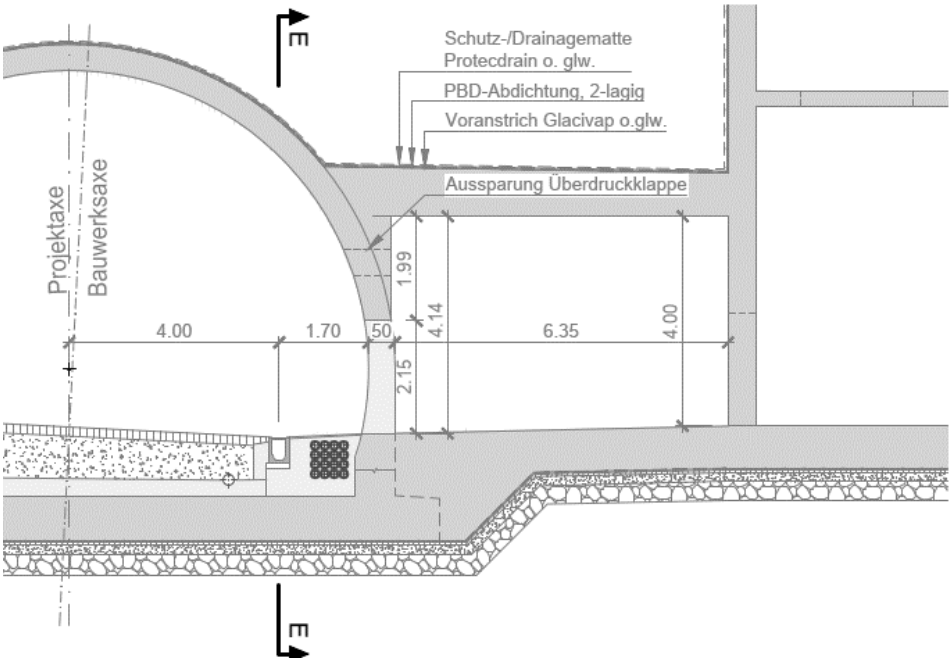


Abbildung 2-8: Notausgang 2 Wynematte, Schnitt D [25].

2.2.2.5 Schnitt E

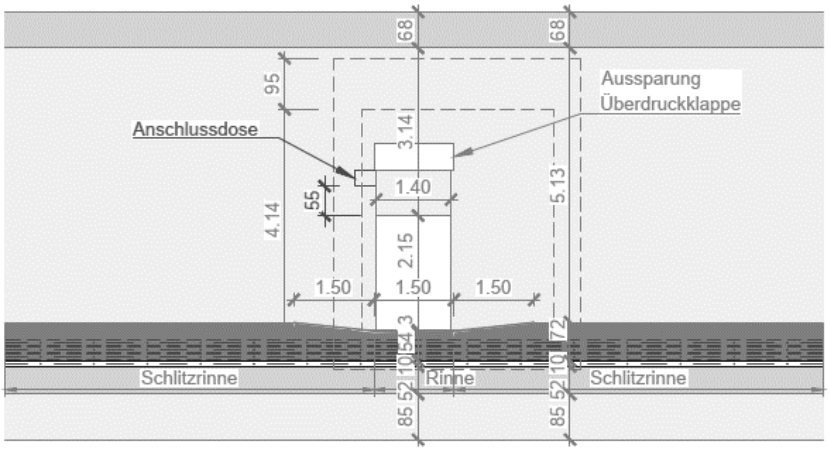


Abbildung 2-9: Notausgang 2 Wynematte, Schnitt E [25].

2.2.3 Notausgang 3 Helgefeld

2.2.3.1 Grundriss EG

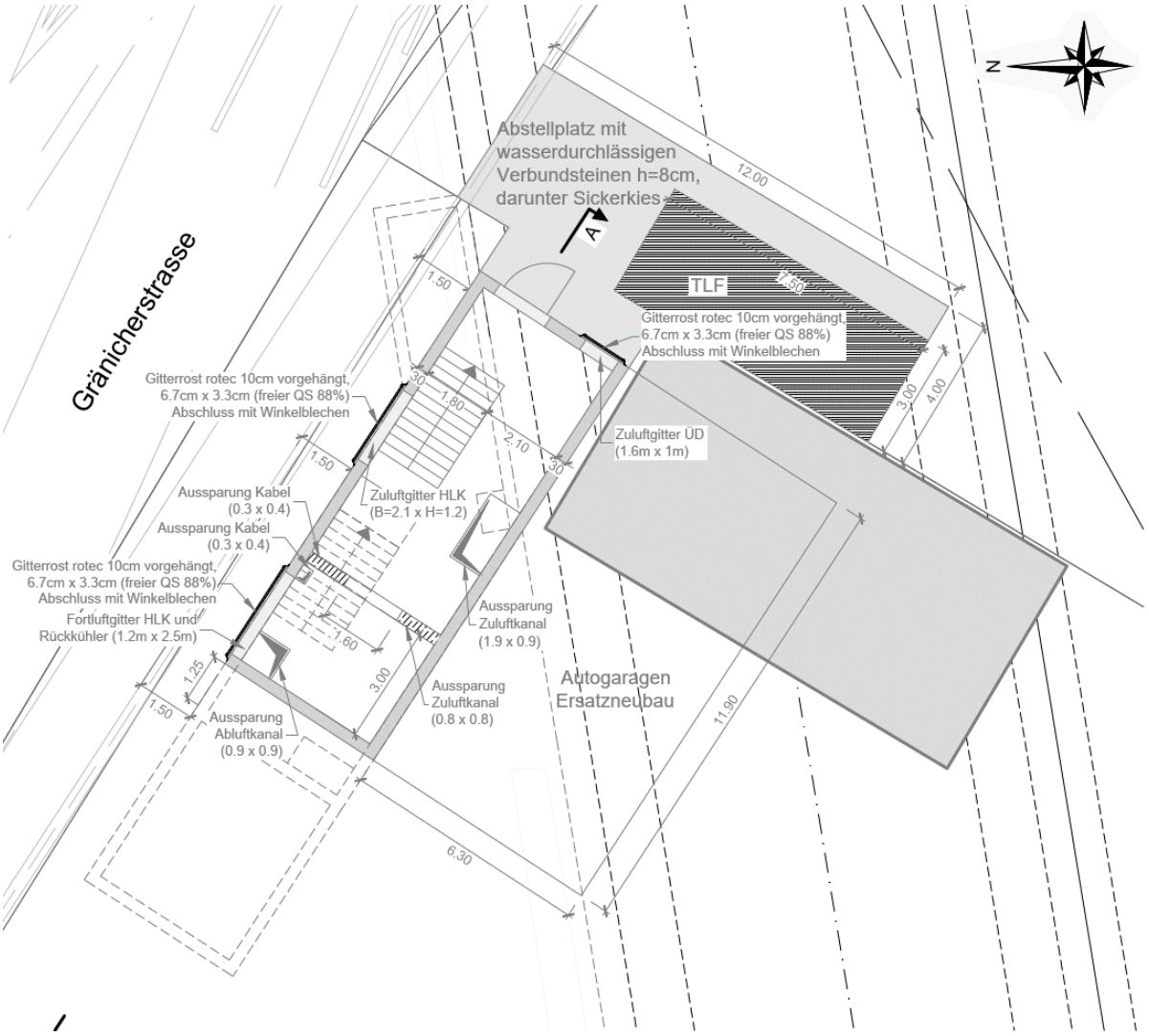


Abbildung 2-10: Notausgang 3 Helgefeld, Grundriss EG [26].

2.2.3.2 Grundriss ZG

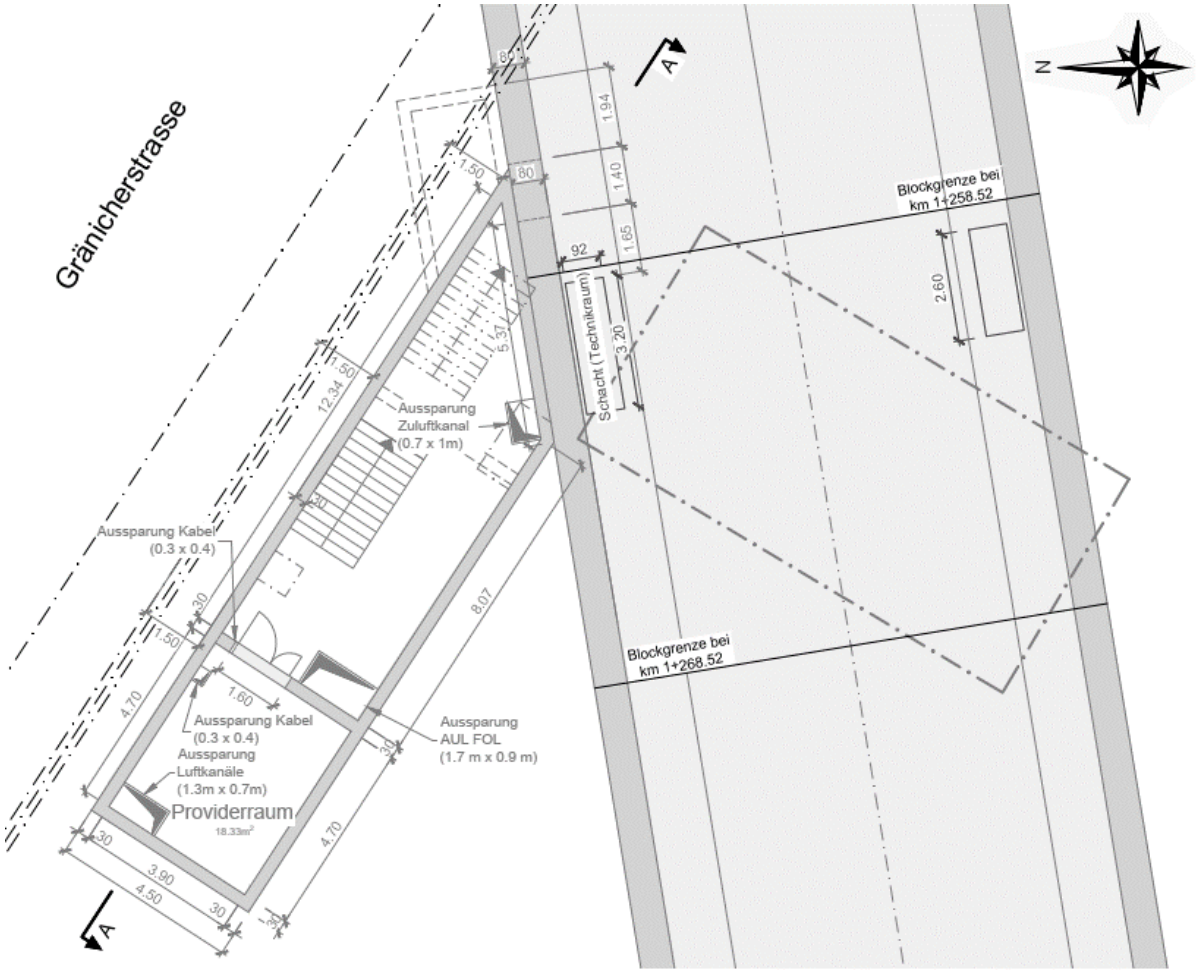


Abbildung 2-11: Notausgang 3 Helgefeld, Grundriss ZG [26].

2.2.3.3 Grundriss UG

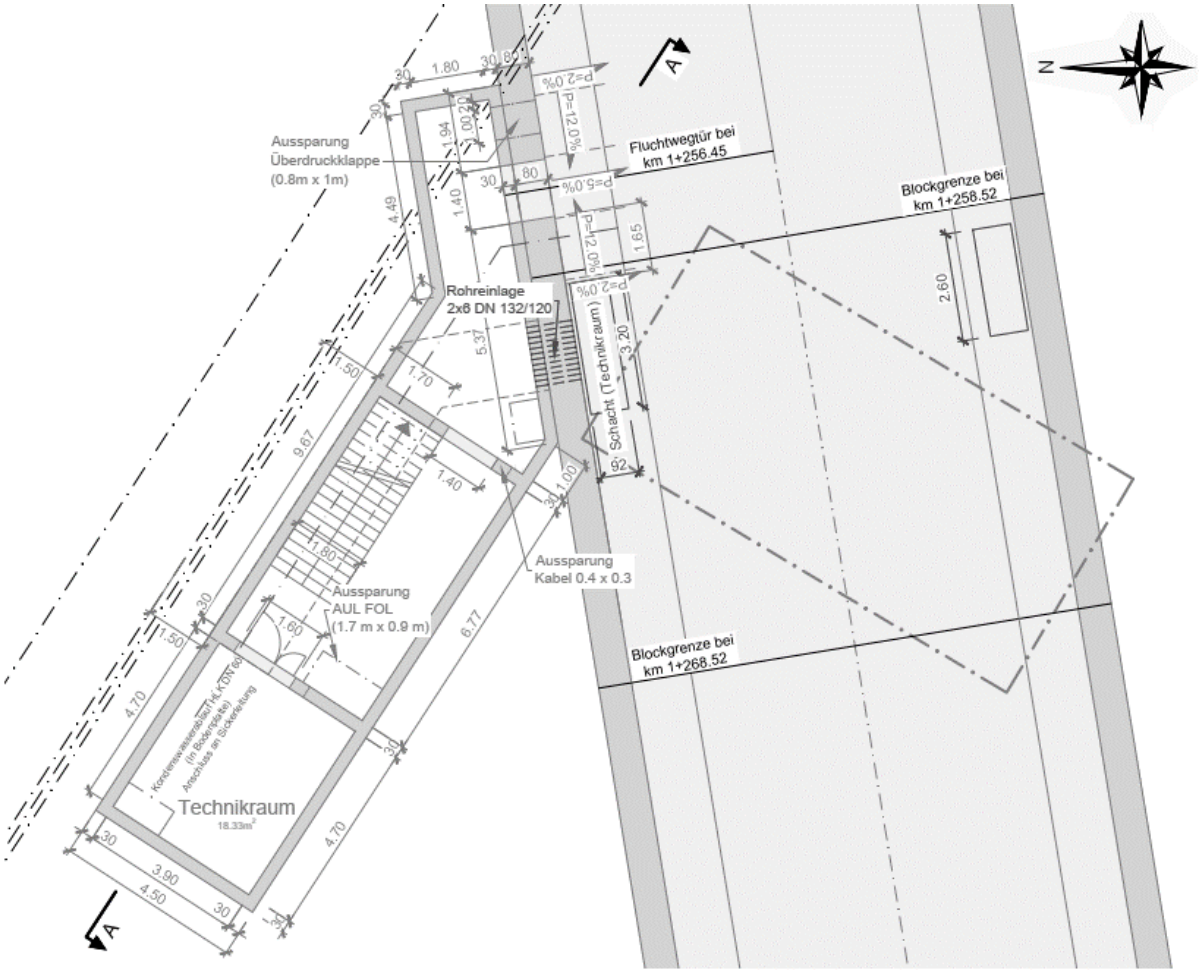


Abbildung 2-12: Notausgang 3 Helgefeld, Grundriss UG [26].

2.2.3.4 Schnitt A

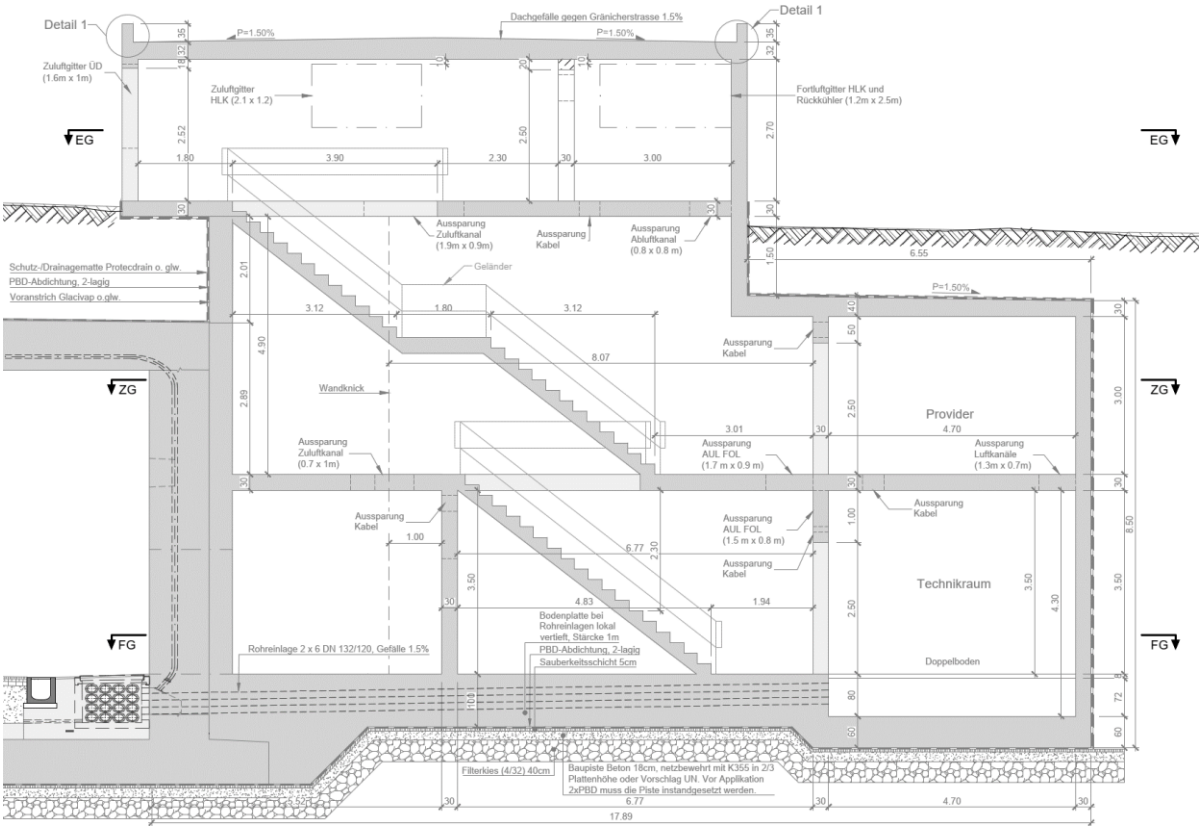


Abbildung 2-13: Notausgang 3 Helgefeld, Schnitt A [26].

2.2.4 Fluchtwegtüren

Die Fluchtwegtüren der Treppenhäuser werden im geöffneten Zustand mit einem lichten Mass von 1‘250 mm Breite (LW) und 2‘100 mm Höhe (LH) vorgesehen [2]. Die Öffnungsfläche einer Türe beträgt daher 2.625 m^2. Dieser Schiebetür-Typ ist in der Abbildung 2-14 dargestellt.

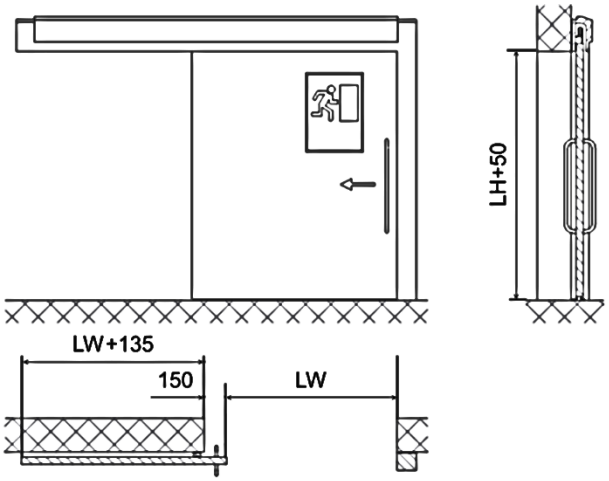


Abbildung 2-14: Masse in Millimeter von Fluchtwegtüren, Typ Schiebetür.

2.3 Temperatur und barometrischer Druck

Die Aussenlufttemperatur in Suhr wurde mit dem Programm Meteonorm [36] ermittelt. Die monatliche Temperatur variiert im Mittel zwischen einem Minimum von –2.3°C im Februar und einem Maximum von 19.6°C im Juli. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 8.0°C.

Die Lufteigenschaften werden mit den hypsometrischen Formeln (1) bis (6), der internationalen Standard-Referenzatmosphäre und der Projekthöhe (391 m.ü.M.) berechnet und sind in der Tabelle 2-2 zusammengefasst.

$$p(h) = p_0 \cdot \left(1 - \frac{\Delta T}{\Delta h} \cdot \frac{h}{T_0}\right)^{5.255} \quad (1)$$

$$\rho(h) = \frac{p(h)}{RT} \quad (2)$$

$$p_0 = 101'325 \text{ Pa} \quad (3)$$

$$T_0 = 288.15 \text{ K} \quad (4)$$

$$\rho_0 = \frac{p_0}{RT_0} = 1.225 \text{ kg/m}^3 \quad (5)$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta h} = -0.0065 \text{ K/m} \quad (6)$$

Eigenschaft	Aussenluft
Temperatur	8.0°C
barometrischer Druck	96'727 Pa
Luftdichte	1.18 kg/m^3

Tabelle 2-2: Jahresmittelwert der Lufteigenschaften Suhr.

2.4 Schallschutz

Für den Normalbetrieb dient die Lärmschutzverordnung (LSV) als Grundlage zur Beurteilung der Lärmbelastung in der Umgebung [6]. In der Umgebung der Tunnelportale und im Einflussbereich von Aussenluftfassungen und Abluftkamine müssen im Betrieb bei normalen Verkehrszuständen die Anforderungen des Schallschutzes eingehalten werden. Die Belastungsgrenzwerte für verschiedenen Arten und Tageszeiten sind in Tabelle 2-3 dargestellt. Für die Projektierung werden die Planungswerte benutzt.

Die Notausgänge NA 1 und NA 2 befinden sich im Wohngebiet Suhr und fallen unter die Empfindlichkeitsstufe II (Belastungsgrenzwert 55 dB(A) für Tag und 45 dB(A) für Nacht). Der NA 3 ist im Gewerbegebiet neben der Gränicherstrasse angeordnet und fällt unter die Empfindlichkeitsstufe III (Belastungsgrenzwert 60 dB(A) für Tag und 50 dB(A) für Nacht). Für eine einheitliche Auslegung der Notausgänge werden alle Notausgänge mit der Empfindlichkeitsstufe II geplant [38].

Der Richtwert für die Lärmbelastung im Ereignisbetrieb im Treppenhaus sowie in der Umgebung ausserhalb des Treppenhauses entspricht dem SUVA-Grenzwert von 85 dB(A) für Dauerbelastung am Arbeitsplatz [15]. Dieser Wert ist massgebend für das Treppenhaus und damit für die Auslegung der Schalldämpfer der Axialventilatoren. Der Schallleistungspegel je Axialventilator ist vom Lieferanten zu garantieren und wird während der Werksprüfung geprüft: Saugseitiger Schallleistungspegel max. 103 dB(A). Die Schallmessung erfolgt gemäss der ISO-Norm 13350 [9] mit einer Messunsicherheit von +4 dB(A) gemäss der ISO-Norm 13348 [10].

Bereich	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert (Tag / Nacht)		Immissionsgrenzwert (Tag / Nacht)		Alarmwert (Tag / Nacht)	
NA 1 – Buhalde	II	55 dB(A)	45 dB(A)	60 dB(A)	50 dB(A)	70 dB(A)	65 dB(A)
NA 2 – Wynematte	II	55 dB(A)	45 dB(A)	60 dB(A)	50 dB(A)	70 dB(A)	65 dB(A)
NA 3 – Helgefeld	II	55 dB(A)	45 dB(A)	60 dB(A)	50 dB(A)	70 dB(A)	65 dB(A)

Planungswerte gelten für die Errichtung neuer lärmerzeugender Anlagen und für die Ausscheidung und Erschliessung von Bauzonen für lärmempfindliche Gebäude (Wohnungen); Immissionsgrenzwerte legen die Schwelle fest, ab welcher der Lärm die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden erheblich stört. Sie gelten für bestehende lärmerzeugende Anlagen und für Baubewilligungen von lärmempfindlichen Gebäuden (Wohnungen); Alarmwerte sind ein Kriterium für die Dringlichkeit der Sanierungen und den Einbau von Schallschutzfenstern.
Tabelle 2-3: Belastungsgrenzwerte für Strassenverkehrslärm gemäss Lärmschutz-Verordnung im Normalbetrieb [6].

2.5 Erkenntnisse aus dem Projekt SWU Sins

Nach der Inbetriebnahme der Südwestumfahrung Sins wurde Lärm aus den Treppenhäusern in der Nähe von Wohngebieten zu einem Problem. Laut Erhebungen vor Ort war die Geräuschbelastung im Normalbetrieb hauptsächlich auf die installierten Überdrucklüfter, die im EG befindlichen Überdruckklappen und relativ undichte Schiebetüren ebenfalls im EG zurückzuführen, welche Strömungsgeräusche verursachen. Da es sich beim Projekt Ostumfahrung Suhr um eine ähnliche, urbane Situation

handelt, wird die technische Lösung für dieses Projekt angepasst und die Erkenntnisse aus Sins werden berücksichtigt, um die Lärmemission so weit wie möglich zu begrenzen.

Der Lärmminderung gilt daher ein besonderes Augenmerk.

2.6 Berechnungssoftware für die Auslegung des Lüftungssystems

Die Auslegung des Lüftungssystems erfolgt anhand eines intern von der Lombardi-Gruppe entwickeltes Berechnungstools. Dieses Tool berechnet ausgehend von einem monodimensionalen Modell die Strömungen und Widerstände im Leitungssystem.

3. Konzept des Lüftungssystems

Die Notausgänge des Tunnels Wynematte sind als direkt nach oben führende und oben geschlossene Treppenhäuser gebaut. Die Höhendifferenz zwischen den Ausgängen und den respektiven Notausgangstüren beträgt hier mehr als 3 m. Gemäss ASTRA RL 13002 [1], §4.2, wird aufgrund dieser Höhendifferenz eine mechanische Lüftung erforderlich.

Die Lüftung dient zur Verhinderung des Schmutz- und Raucheindringens in den Fluchtweg durch den Erhalt eines Überdruckes im Treppenhaus gegenüber dem Fahrraum. Ausserdem, um das Eindringen von Rauch im Ereignisfall zu vermeiden, muss die Lüftung eine ausreichende Strömungsgeschwindigkeit durch die offene Notausgangstüre erreichen.

Das vorliegende Lüftungskonzept ist eine einheitliche Lösung für alle (3) Notausgänge des Tunnels Wynematte.

3.1 Lüftungskonzept

Das Lüftungskonzept sieht die Luftfassung im Erdgeschoss (EG) und eine Frischluftzufuhr bis in die Schleuse mittels Ventilatoren und Luftkanälen vor. Die Lüftung beinhaltet insgesamt zwei (2) Ventilatoren für die jeweiligen Normal- und Ereignisbetriebszustände.

Die Überdrucklüftung erfolgt mit einer Lüftungseinheit, die im jeweiligen Fluchttreppenhaus installiert ist. Auf eine Regelung des Ventilators wird verzichtet. Der Überdruck im Fluchttreppenhaus gegenüber dem Fahrraum erfolgt deshalb durch eine selbsttätige Überdruckklappe im Untergeschoss (UG).

Die Notausgänge werden mit einer Schleuse im UG vorgesehen. Die Schleuse ist mit zwei (2) mechanisch selbstschliessenden und gegenseitig nicht verriegelten Schiebetüren ausgestattet [18]. Die Aussentür am EG wird hingegen als Flügeltür ausgeführt.

Zur Belüftung des sonst dichten Treppenhauses wird ein Wetterschutzgitter für den Luftauslass im EG eingebaut. Diese Öffnung erlaubt die Lüftung des vertikalen Raumes, aber führt parallel auch zu potenziellen Lärmemissionen. Aus diesem Grund werden alle Normalbetriebsventilatoren gekapselt und alle Wetterschutzgitter mit Schalldämpfern ausgestattet.

Die Abluft in der Schleuse wird durch die Überdruckklappe und als Leckage der Schiebetüren abgeführt.

Eine Darstellung des Lüftungskonzepts ist in Abbildung 3-1 gegeben.

Bei der Auslegung der Lüftung des Fluchtstollens für den Normalbetrieb werden die Druckunterschiede im Fahrraum vernachlässigt (Tunnellänge <3 km). Auf eine Redundanz der Belüftung wird verzichtet. Die Gewährleistung der Verfügbarkeit erfolgt durch periodische Tests. Die Belüftung wird nicht USV gestützt [17].

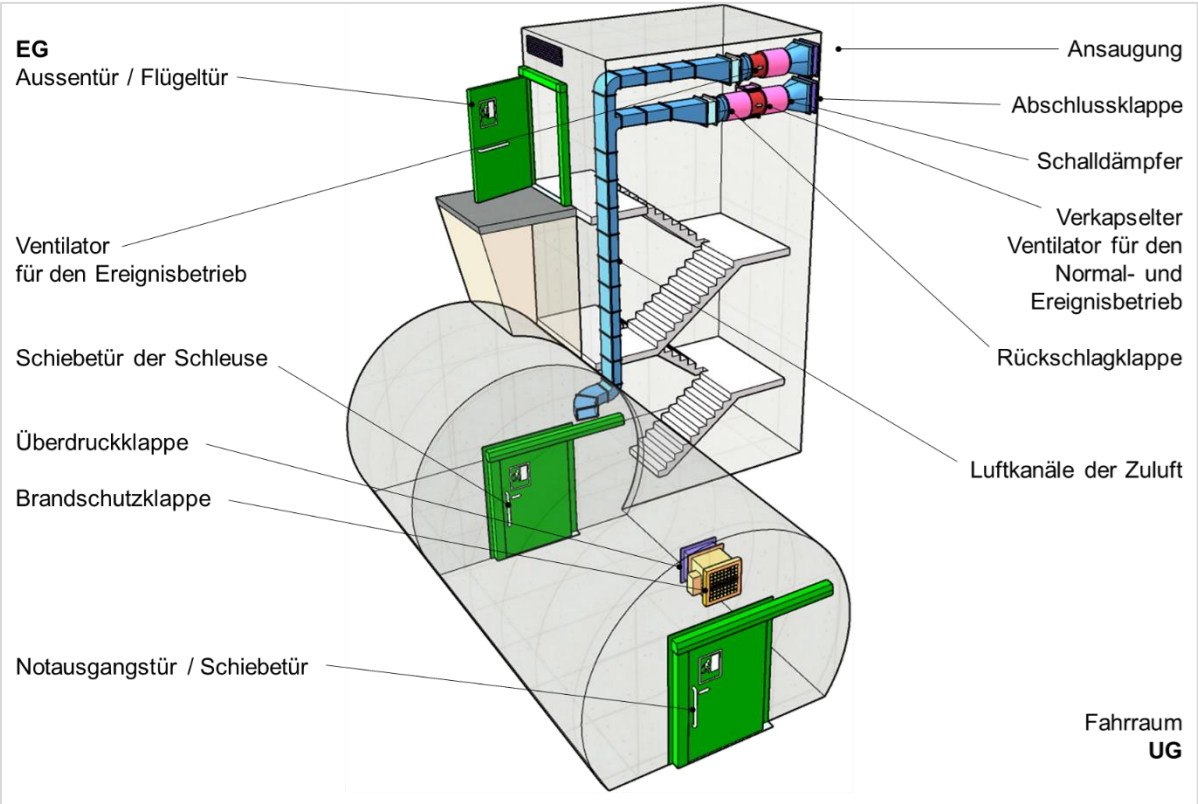


Abbildung 3-1: Lüftungskonzept Treppenhaus; Türen der Schleuse auf der Fahrraum-Ebene (UG); ein Ventilator pro Betriebszustand (Normal und Ereignis). [18]

3.2 Anforderungen für den Normalbetrieb

Der Begriff Normalbetrieb umfasst alle Zustände, bei welchen kein Alarm (Brandalarm) im Tunnel ansteht.

Bei geschlossener Schleuse und geschlossener Notausgangstür muss einen Überdruck vom Fluchtstollen gegenüber dem Fahrraum von mindestens 50 Pa gewährleistet werden [1].

Der Luftstrom durch Leckagen und allfällige separate Öffnungen muss 0.5 bis 1.0 m^3/s betragen.

Die Türen dürfen bei einer wirkenden Druckdifferenz von 50 Pa eine Leckage von maximal 0.15 m^3/s aufweisen [2]. Da das Treppenhaus (vertikalen Raum) sowie der Fahrraum als undichte Bauelemente betrachtet werden können, ist die Leckage durch beide Schiebetüren zu berücksichtigen. Der Volumenstrom durch die Überdruckklappe wird deshalb einem minimalen Wert von 0.2 m^3/s betragen.

Die Überdrucklüftung muss mit einer Filterung der Ansaugluft geplant werden [19].

3.3 Anforderungen der Belüftung im Ereignisbetrieb

Der Begriff Ereignisbetrieb umfasst alle Zustände bei einem Ereignis im Tunnel.

Im Ereignisfall ist der Volumenstrom der Zuluft deutlich höher als im Normalbetrieb. Die Mindestfördermenge wird durch den Volumenstrom für zwei gleichzeitig geöffnete Türen und eine durchschnittliche Durchströmungsgeschwindigkeit der Türen von mindestens 1.0 m/s zu 5.25 m^3/s berechnet [17]. Bei geschlossenen Türen kann der Überdruck gegenüber dem Fahrraum dann deutlich über 50 Pa ansteigen.

Es muss darauf geachtet werden, dass der Luftstrahl in den Fluchtwegen die flüchtenden Personen nicht behindert. Als Richtwert für die Kanaldimensionierung soll die Strömungsgeschwindigkeit an der Einblasöffnung 15 m/s nicht übersteigen (Fläche ≥0.35 m^2).

4. Auslegung der Belüftung von Notausgängen

4.1 Lüftungssystem

Die Lüftungskomponenten und deren Menge sind in der Tabelle 4-1 für die jeweiligen Notausgänge aufgelistet. Die Anordnung der Komponenten ist den Abbildung 4-1, Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5 für die NA 1 bis 3 zu entnehmen. Technischen Spezifikationen sind im Kapitel 5 zu finden.

#	Menge / Einheit	NA 1	NA 2	NA 3
1.1	Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass (mit Schalldämpfer und Maschengitter)	1 St.	1 St.	1 St.
1.2	Wetterschutzgitter für den Luftauslass (mit Maschengitter)	1 St.	1 St.	1 St.
	Rechteck Kanal 800x500	0.9 m	0.9 m	0.9 m
2.1	Rund Kanal D500	2.5 m	10.8 m	6.8 m
	Rund Kanal D300	0.3 m	0.3 m	0.3 m
2.2	Viereck Reduzierstück 800/500	1 St.	-	-
	Rechteck Reduzierstück 1200/800	-	1 St.	1 St.
2.3	Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	2 St.	2 St.	2 St.
2.4	Rund Reduzierstück D400/D300	2 St.	2 St.	2 St.
2.5	Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	-	3 St.	1 St.
2.6	Rund Bogen 90° Winkel D300/R200	2 St.	2 St.	2 St.
	Rechteck Bogen 90° Winkel 800x500/R400	-	-	1 St.
2.7	T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	2 St.	2 St.	2 St.
3.1	Rechteck Absperrklappe 800x1200	1 St.	1 St.	1 St.
3.2	Rechteck Überdruckklappe	1 St.	1 St.	1 St.
3.3	Rechteck Brandschutzklappe	1 St.	1 St.	1 St.
3.4	Rund Rückschlagklappe	1 St.	1 St.	1 St.
4.1	Normallüfter	1 St.	1 St.	1 St.
4.2	Ereignislüfter	1 St.	1 St.	1 St.
5	Rund-Rechteck-Rund Grobstaubfilter D400	1 St.	1 St.	1 St.
6.1	Rund Schalldämpfer zum Normallüfter L1000	1 St.	1 St.	1 St.
6.2	Rund Schalldämpfer zum Ereignislüfter L1000	1 St.	1 St.	1 St.
6.3	Schalldämpfer zum Wetterschutzgitter-Auslass	1 St.	1 St.	1 St.
7.1	Schiebetür als Notausgang	2 St.	2 St.	2 St.
7.2	Flügeltür zum Aussenbereich	1 St.	1 St.	1 St.
7.3	Streckmetall der Fassade (vgl. Abbildung 7-1)	1 St.	1 St.	1 St.

Tabelle 4-1: Beschreibung und Menge der Lüftungskomponenten.

4.1.1 Anordnung Lüftungssystem NA 1

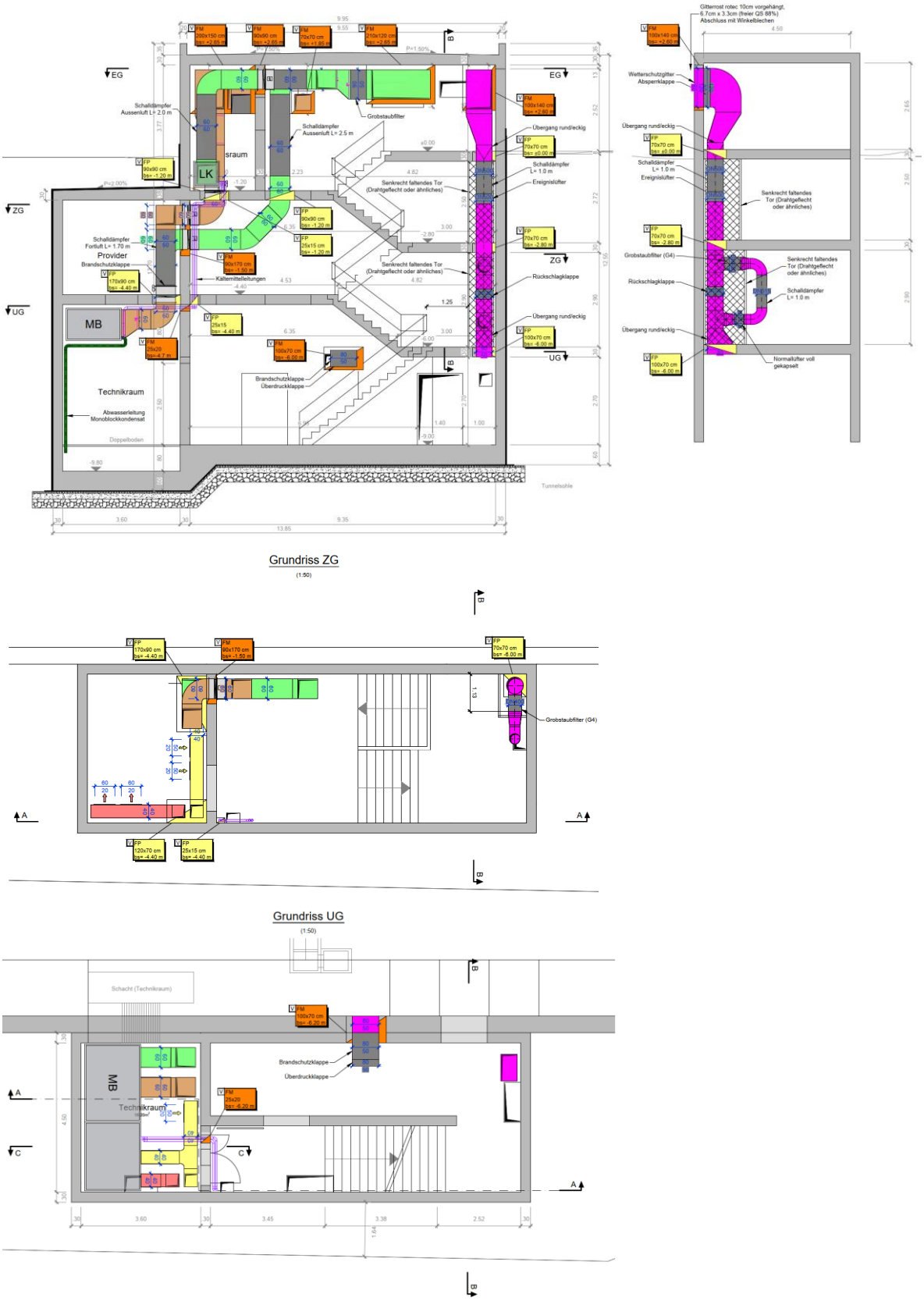


Abbildung 4-1: Lüftungssystem des NA 1, Anordnung der Lüftungskomponenten [27].

4.1.2 Anordnung Lüftungssystem NA 2

4.1.2.1 Schnitt F und G

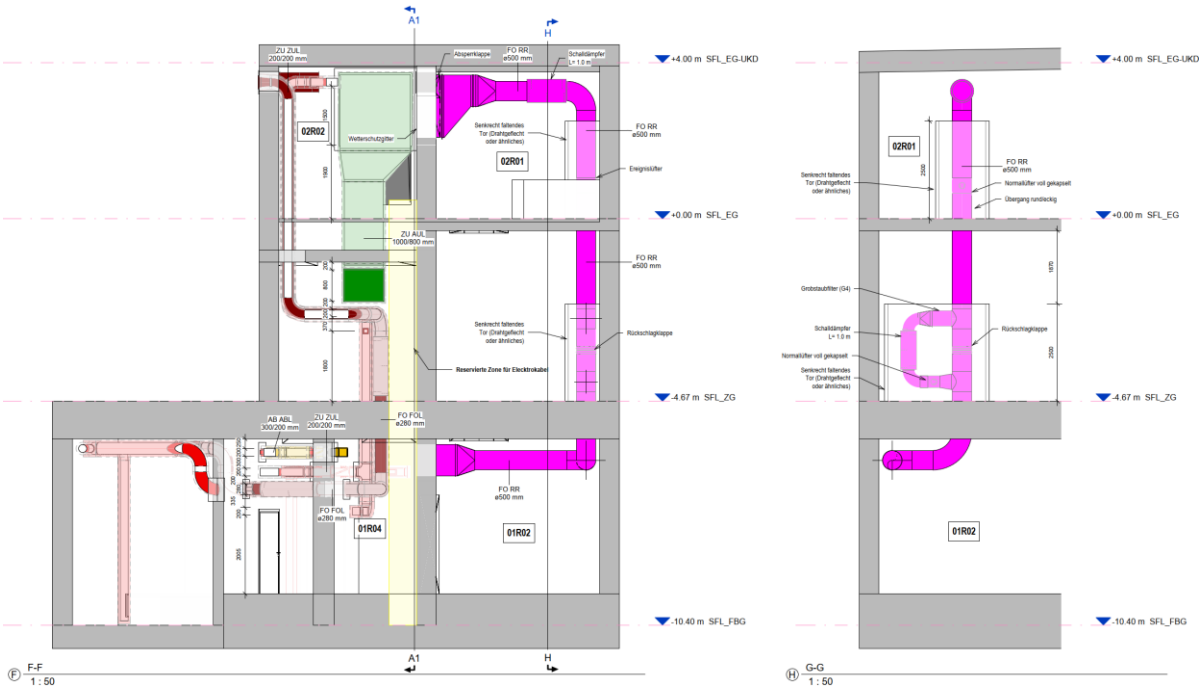
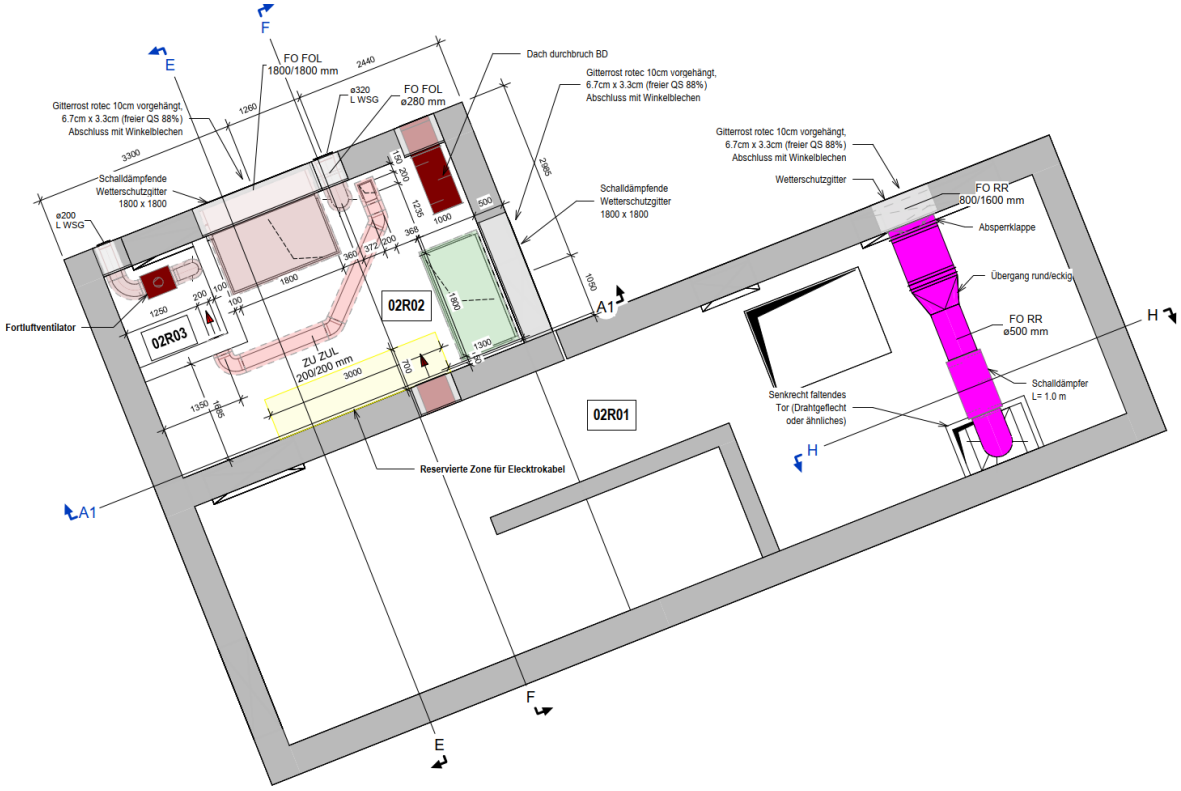


Abbildung 4-2: Lüftungssystem des NA 2, Anordnung der Lüftungskomponenten, Schnitt F und G [30].

4.1.2.2 Grundriss EG und ZG



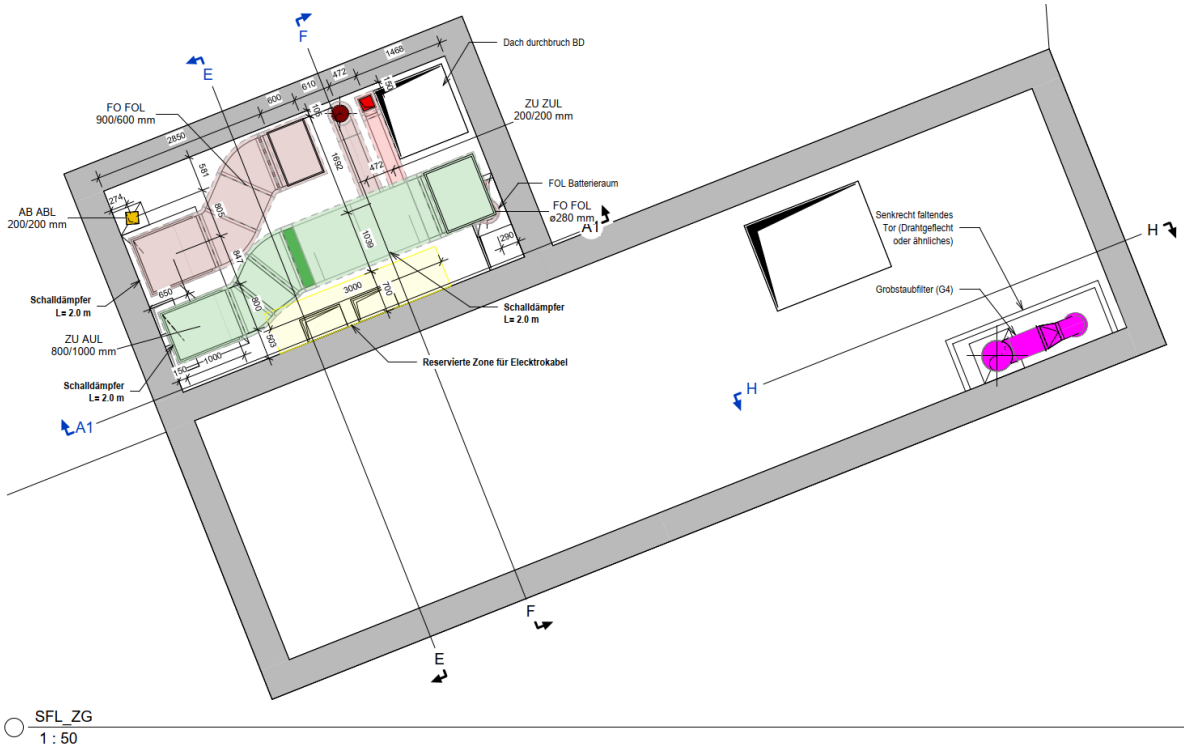


Abbildung 4-3: Lüftungssystem des NA 2, Anordnung der Lüftungskomponenten, Grundriss EG und ZG [29].

4.1.2.3 Grundriss UG



Abbildung 4-4: Lüftungssystem des NA 2, Anordnung der Lüftungskomponenten, Grundriss UG [31].

4.1.3 Anordnung Lüftungssystem NA 3

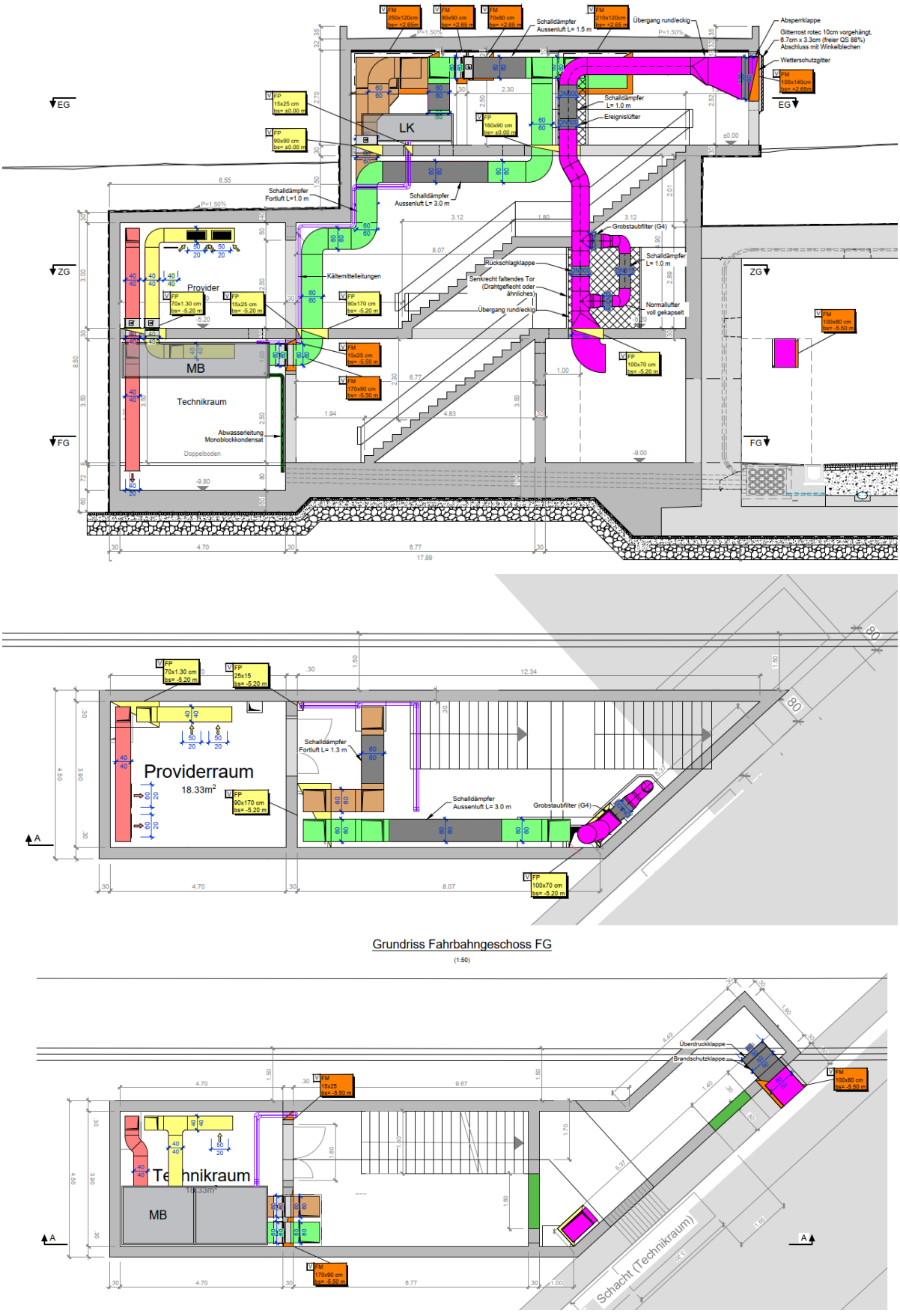


Abbildung 4-5: Lüftungssystem des NA 3, Anordnung der Lüftungskomponenten [28].

4.2 Leistung und Betriebspunkte der Ventilatoren

Im Lüftungssystem sind zwei verschiedene Typen von Axialventilatoren vorgesehen: Normallüfter und Ereignislüfter. Die Berechnung der Betriebspunkte erfolgt für beide Ventilatoren und die folgenden Betriebsszenarien:

- Normalbetrieb mit geschlossenen Notausgangstüren;
- Ereignisbetrieb mit geschlossenen Notausgangstüren;
- Ereignisbetrieb mit offenen Notausgangstüren.

Die Strömungswiderstände sind im Anhang A: Berechnung detailliert aufgeführt. Die Resultate sind in der Tabelle 4-2 zusammengefasst.

Bei einem Gesamtwirkungsgrad von ca. 65% wird die Motorleistung der entsprechenden Lüfter berechnet:

- Normallüfter: 370 W, Standardmotor nach IEC 60034-1 [8];
- Ereignislüfter: 15 kW, Standardmotor nach IEC 60034-1 [8].

Betriebspunkt	1	2	3	4	5	6
Normallüfter	NA 1 0.5 m^3/s @ 178 Pa	NA 2 0.5 m^3/s @ 183 Pa	NA 3 0.5 m^3/s @ 180 Pa	-	-	-
Ereignislüfter	NA 1 5.25 m^3/s @ 1’177 Pa (geschlossene Türen)	NA 2 5.25 m^3/s @ 1’693 Pa (geschlossene Türen)	NA 3 5.25 m^3/s @ 1’377 Pa (geschlossene Türen)	NA 1 5.25 m^3/s @ 959 Pa (offene Türen)	NA 2 5.25 m^3/s @ 1’476 Pa (offene Türen)	NA 3 5.25 m^3/s @ 1’159 Pa (offene Türen)

Tabelle 4-2: Betriebspunkte der Ventilatoren.

4.3 Begrenzung der Lärmemission

Der Schalldruckpegel wird für einen Beobachter an den folgenden Standorten berechnet:

- Aussenbereich (EG) bei 1 m Abstand vor dem Wetterschutzgitter für den Lufteinlass;
- Aussenbereich (EG) bei 1 m Abstand vor dem Wetterschutzgitter für den Luftauslass;
- Schleuse (UG) bei 1 m Abstand vor der Einblasöffnung.

Die Berechnung erfolgt gemäss VDI 2081 [7] für das Lüftungssystem NA 1 im Normal- und Ereignisbetrieb. Die Resultate sind in der Tabelle 4-3 zusammengestellt. Diese sind auf die Lüftungssysteme der anderen NA anwendbar, da die Systeme analog aufgebaut sind.

Schaldruckpegel	Einlass-EG / Aussenbereich	Auslass-EG / Aussenbereich	Auslass-UG / Schleuse
Normalbetrieb	25 dB(A)	30 dB(A)	78 dB(A)
Ereignisbetrieb	73 dB(A)	70 dB(A)	86 dB(A)

Tabelle 4-3: Lärmemission durch das Lüftungssystem, Schalldruckpegel bei 1 m Abstand, direkt vor der Öffnung.

5. Betriebskonzept

Im Normalfall wird die Lüftung dauernd in Betrieb sein (die Möglichkeit einer Zeitsteuerung muss vorhanden sein) und einen konstanten Überdruck gegenüber dem Fahrraum von 50 Pa erzeugen.

Im Ereignisfall, nach einem automatischen oder manuellen Brandalarm (nicht Voralarm) im Tunnel, sowie bei der Entnahme eines Feuerlöschers im Tunnel, schaltet der dedizierte Ventilator für den Ereignisfall ein. Zudem wird die Überdrucklüftung des entsprechenden Fluchttreppenhauses durch das Öffnen der Notausgangstür vom Fahrraum aktiviert [32].

Zum ausschliesslichen Zweck der Wartung und Testbetrieb können die Ereignislüfter mit 100% Drehzahl über 1h am Tag (zwischen 07 bis 19 Uhr) eingeschaltet werden – die Anforderung an die Lärmschutz-Verordnung sind damit erfüllt [39].

Zu Unterhaltszwecken ist es möglich über einen Schlüsselschalter die Überdrucklüftung auszuschalten oder manuell zu bedienen.

Detaillierte Angaben zu der Lüftungssteuerung und den Steuerungsalgorithmen der Lüftungsanlage werden separat im Steuerungsbericht Lüftung [20] behandelt.

6. Schnittstellen

Folgende technischen Schnittstellen sind nachfolgend beschrieben:

- Schnittstelle zur Energieversorgung und Steuerung;
- Schnittstelle zum Bau.

6.1 Schnittstellen zur Energieversorgung und Steuerung

Die Schnittstelle zur Lüftungseinheit (Ventilator und Absperrklappe) für die Energieversorgung und Erdung sind die Anschlussklemmen im Klemmenkasten der jeweiligen Lüftungskomponente.

Der Schaltschrank, in dem die notwendigen Steuergeräte für den Betrieb der Anlagen eingebaut sind, wird im EG des jeweiligen Treppenhauses angeordnet. Die Schnittstelle zum Schaltschrank bilden die Anschlussklemmen (Energie oder Signale).

Sämtliche Kabel (sowohl Energie- als auch Signalkabel) werden bauseits (BSA) geliefert und montiert.

Zur Auslegung der Energieversorgung wird eine Sicherheitsmarge von ca. 10% vorgesehen. Dies ergibt für den Ereignisbetrieb eine Anschlussleistung von 15.2 kW (pro Fluchttreppenhaus inkl. Zentrale). Die Energieversorgung ist ab Tunnelseitigem Normalnetz.

Das Signal zum Einschalten der Überdrucklüftung wird über die Divers Anlage kommuniziert. Ebenfalls wird der Status der Überdrucklüftung an die Divers Anlage gesendet. Bei einem Brandalarm, gesendet von der Brandmeldeanlage werden alle Überdrucklüftungen gemäss Wirkmatrix [32] in den Ereignisbetrieb versetzt.

Zusätzlich besteht eine Verbindung zur Schiebetür des jeweiligen Notausgangs vom Tunnel in die Schleuse. Sobald die Schiebetür geöffnet wird, geht die Überdrucklüftung für einen definierbaren Zeitraum (3-5 Minuten) in den Ereignisbetrieb. Bei Brandalarm geht die Überdrucklüftung in den permanenten Lüftungsbetrieb bis zum Rückstellen des Brandalarm und das Rücksetzen der Überdrucklüftung in den Normalbetrieb.

Die Leittechnik der Überdrucklüftung ist in [33] beschrieben.

6.2 Schnittstellen zum Bau

Schnittstellen zum Bau sind die Befestigungspunkte der Komponenten an Decken und Wänden in den Notausgängen bzw. Fluchttreppenhäusern, die Aussparungen für die Wetterschutzgitter, der Einbau der Druckentlastungsklappe, der Einbau der Kanal-Übergangsstücke sowie die Befestigungen der Lüftungskanäle und deren Durchführungen.

Die Montage aller Anlagenteile erfolgt auf den rohen Beton.

Die Flügel- und Schiebetüren werden durch den Bau geliefert. Die Investitions- und Unterhaltskosten der Türen werden im vorliegenden Bericht nicht aufgelistet.

7. Technische Spezifikation

Die Ausstattung muss dem aktuellen Stand der Technik und die SIA-Norm 3821 [14] beachten. Im Weiteren ist auf folgende Punkte zu achten:

- Gute Zugänglichkeit für die Wartung und den Unterhalt;
- Korrosionsbeständigkeit bzw. Korrosionsschutz der Komponenten;
- Verfügbarkeit der Ersatzteile.

Die Nutzungsdauer der Bauteile ist der SIA-Norm 197/2 [12] zu entnehmen. Gemäss ASTRA technischem Merkblatt 23001-12210 [4] sind für die Korrosionsklasse C4 (Zone 30) folgende Materialien anwendbar:

- Befestigungselemente im Bauwerk: Edelstahl 1.4539 [3][13];
- Halterungen: verzinkten Stahl oder Edelstahl 1.4571 [3][13];
- Gehäuse: verzinkten Stahl oder Edelstahl 1.4571 [3];

Weitere Angaben können der ASTRA TM 23001-11820 [5] entnommen werden.

7.1 Wetterschutzgitter

Zum sicherzustellen, dass das Wetterschutzgitter im Winter schneefrei bleibt und möglichst kein Laub angesaugt wird, wird das Wetterschutzgitter mindestens 1.5 m über den Boden angeordnet [14].

Rückseitig am Rahmen und Lamellen wird ein Schutzgitter (Maschenweite 16 mm) befestigt, um das Eindringen von Vögeln und Kleintieren zu verhindern.

Die Ausführung der Wetterschutzgitter erfolgt in rostfreiem Stahl.

7.1.1 Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass im EG

Das aussenliegende Wetterschutzgitter vor dem Ereignisventilator und vor der Absperrklappe wird als verwindungssteifer Rahmen mit Lamellen aus strömungsgünstigen Spezialprofilen für kleinen Druckverlust und niedrigen Geräuschpegel ausgeführt.

7.1.2 Wetterschutzgitter für den Luftauslass im EG

Das aussenliegende Wetterschutzgitter für den Auslass der Überdrucklüftung im Treppenhaus (EG) wird als verwindungssteifer Rahmen mit Lamellen aus strömungsgünstigen Spezialprofilen für kleinen Druckverlust und niedrigen Geräuschpegel ausgeführt.

Der vorgesehene Durchfluss für die Öffnung beträgt 0.15 m^3/s. Die frei Querschnittsfläche des Wetterschutzgitter soll mindestens 0.15 m^2 betragen.

7.2 Luftkanäle

Als Richtwert für die Kanaldimensionierung soll die Strömungsgeschwindigkeit im Querschnitt 12 m/s nicht übersteigen [17].

Alle Lüftungskanäle werden im verzinkten Stahlblech ausgeführt. Bei feuchtigkeitsgefährdeten Kanalstücken ist die Verwendung von rostfreiem Stahlblech notwendig.

Sämtliche Kanäle müssen schwingungsfrei montiert werden. Sie dürfen keine direkte Berührung mit dem Bauwerk haben.

Der auftretende Leckverlust in Liter pro Sekunde darf höchstens die Luftverluste gemäss Luftleckage – Klasse C der Eurovent-Vorschrift 2/2 [16] – erreichen.

Das Erdungskonzept ist zu berücksichtigen.

7.3 Rohrschalldämpfer

Es gelten die Spezifikationen des Kapitels 7.2, Luftkanäle.

7.4 Klappen

7.4.1 Rechteck Absperrklappe

Die saugseitig angeordnete Ventilatorabsperrklappe dient zur Absperrung des Lüftungssystem. Die Klappe wird mit einem elektrischen Federrücklaufantrieb ausgerüstet, der die Absperrklappe beim Ventilatoranlauf automatisch öffnet. Beim Ausschalten der Überdrucklüftung schliesst die Ventilatorabsperrklappe über den Federrücklauf.

7.4.2 Rechteck Überdruckklappe

Die mechanische Druckentlastungsklappe mit manueller Einstellung des Öffnungsdruckes wird in der Wand der Schleuse zum Fahrraum installiert.

Die Lamellen sind über ein Gestänge gleichlaufend gekoppelt und werden über einen Mechanismus (Hebel und Gewichte) auf den geforderten Auslösedruck eingestellt. Die Lamellen sind in der Ruhestellung geschlossen und öffnen sich bei einem Anstieg des Druckes über den geforderten Wert. Sie schliessen sich nach Abfall des Druckes wieder selbsttätig und gehen in die Ausgangsposition zurück.

7.4.3 Rechteck Brandschutzklappe

Die Schleuse mit dem Treppenhaus ist ein Brandabschnitt und wird vom Fahrraum durch eine Brandschutzklappe abgetrennt. Es sind feuerbeständige Klappen der Klassifizierung EI30 einzusetzen.

7.4.4 Rechteck Rückschlagklappe

Die Lärmemission durch die schlagende Klappe ist durch mechanische Massnahmen zu minimieren.

7.5 Axial Ventilatoren

Zur Reduktion der Vibrationsübertragung werden die Axialventilatoren an der Kanalleitung durch flexible Elemente verbunden.

7.5.1 Normallüfter

Der Normalventilator wird vertikal auf einer Aufhängung installiert und mit Schwingungsdämpfern ausgerüstet.

Der Lüfter wird zur Lärmreduktion voll gekapselt.

Allgemeine Daten der Lüftereinheit sind in der Tabelle 7-1 gegeben.

Beschreibung	Wert / Einheit
Typologie	Axialventilator
Laufraddurchmesser	~300 mm
Motornennleistung	≤0.37 kW
Anschlussleistung	ca. 0.75 kW
Anschlussspannung	3 x 400 V, 50 Hz
Lüfterklasse / Auswuchtgüte	BV-3 / G 2.5 (ISO 14694)
Volumenstrom	~0.5 m^3/s
Schalldruckpegel, 1 m, 45°, Freifeld	≤85 dB(A)
Lagerlebensdauer L10	40’000 h (Normalbedingung)
Gebrauchsdauer	20 Jahre

Tabelle 7-1: Allgemeine Daten des Normallüfters.

7.5.2 Ereignislüfter

Für die Belüftung im Ereignisbetrieb wird pro Fluchttreppenhaus je einen separaten Axialventilator vorgesehen. Die Ventilatoren werden zusätzlich zu den Aufhängungen mit Schwingungsdämpfern ausgerüstet. Zur Verbindung an der Kanalleitung werden flexible Verbindungselemente eingesetzt.

Allgemeine Daten der Lüftereinheit sind in der Tabelle 7-2 gegeben.

Beschreibung	Wert / Einheit
Typologie	Axialventilator
Laufraddurchmesser	~500 mm
Motornennleistung	≤15 kW
Anschlussleistung	ca. 18.5 kW
Anschlussspannung	3 x 400 V, 50 Hz
Lüfterklasse / Auswuchtgüte	BV-3 / G 2.5 (ISO 14694)
Volumenstrom	~5.25 m^3/s
Schalldruckpegel, 1 m, 45°, Freifeld	≤85 dB(A)
Lagerlebensdauer L10	40’000 h (Normalbedingung)
Gebrauchsdauer	20 Jahre

Tabelle 7-2: Allgemeine Daten des Ereignislüfters.

7.6 Rechteck Grobstaubfilter

Die Luftfiltrierung erfolgt für den Normalbetrieb durch einem rechteckigen Kanalfilter im Bypass Normallüfter. Die Filtrierung ist für Grobstaub der Klassifizierung «Coarse» (≥60%) gemäss ISO 16890 [11].

7.7 Anderes

7.7.1 Schiebetür der Schleuse

Die Schiebetür der Schleuse ist eine mechanische selbstschliessende Tür. Die Öffnungskraft bei der Erstinbetriebnahme und unter Betriebsdruck (Ereignisfall) der Lüftungen darf 100 N nicht übersteigen. Die lichten Masse kann dem Kapitel 2.2.4 entnommen werden.

Die Schiebetür als Notausgangtür wird mit einem Türkontakt ausgestattet. Die Schiebetüren werden gegeneinander nicht verriegelt.

7.7.2 Flügeltür zum Aussenbereich

Die Aussentür ist eine mechanische selbstschliessende Tür. Die Öffnungskraft bei der Erstinbetriebnahme und unter Betriebsdruck (Ereignisfall) der Lüftungen darf 100 N nicht übersteigen. Die Tür öffnet sich im Fluchtrichtung (Fahrraum-EG). Die lichten Masse kann dem Kapitel 2.2.4 entnommen werden.

Bei allen Aussentüren muss mit entsprechenden Massnahmen verhindert werden, dass Wasser eindringen kann (z.B. durch Vordach, Schwelle, Gefälle, Entwässerung, usw.).

7.7.3 Streckmetall der Fassade

Die Fassade der Gebäude über dem Treppenhaus wird zusätzlich zu den Wetterschutzgitter mit Streckmetall bekleidet. Die optisch freie Querschnittsfläche beträgt >90%. Die Füllstabteilung und die Tragstabteilung beträgt 66.7 mm respektiv 33.3 mm. Die Stärke der Stäbe ist 2.0 mm. Eine Darstellung des Streckmetalls ist in Abbildung 7-1 gegeben.

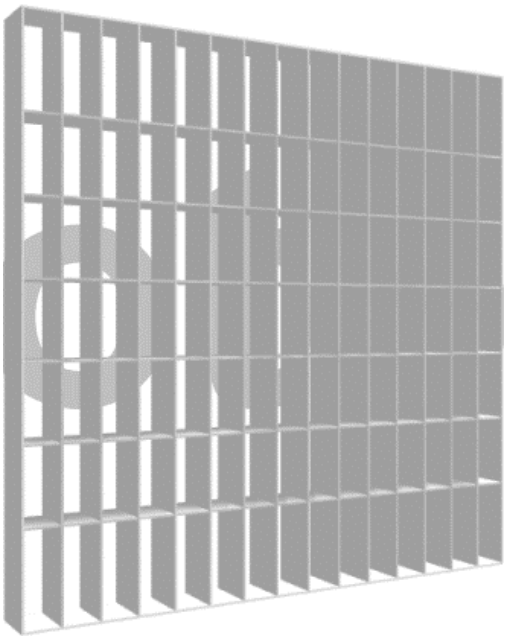


Abbildung 7-1: Bekleidung der Fassade mit Streckmetall.

8. Abnahme

Nachfolgend sind die verschiedenen Etappen bis zur Endabnahme der Lüftungsanlage in chronologischer Reihenfolge grob aufgeführt:

- Überprüfung von Systemkomponenten;
- Prüfung in der Werkstatt (FAT);
- Montagekontrolle;
- Inbetriebnahme;
- Vorläufige Vor-Ort-Prüfung (SAT);
- Electrosuisse-Kontrolle;
- Probebetrieb;
- Abnahme;
- Garantiezeit;
- Endprüfung vor Ort.

Details werden in der Ausführung definiert.

9. Bauprogramm

Das Bauprogramm der Überdrucklüftung ist im übergeordneten Bauprogramm [34] definiert.

10. Investitions- und Betriebskosten

Die Kostenschätzung (±15%) erfolgt für den mechanischen Teil der Lüftungskomponenten (3 Notausgänge) und ist nachfolgend zusammengestellt.

Die Gesamtkosten der Investition, des Betriebs und des Unterhalts (inkl. MwSt.) auf dem Zeithorizont von 20 Jahren ergibt sich zu 620,000 CHF. In der Berechnung sind die jährliche Teuerungsrate auf 2.0% und der langjähriger Zinssatz auf 3.0% gesetzt

10.1 Investitionskosten

Die Kostenschätzung umfasst die Wetterschutzgitter, Lüftungskanäle, Klappen, Lüftungseinheiten inkl. Aufhängung, Filter, Türen und Schaltschränke. Die Kosten beinhalten die Lüftungssteuerung sowie die Dienstleistungen des Unternehmers, Dritte und Planers. Nicht enthalten ist die Energieversorgung. Die Einbindung ins Leitsystem und die Visualisierung sind ebenfalls BSA-seitig zu berücksichtigen.

Die Investitionskosten (inkl. MwSt.) für die 3 Lüftungssysteme werden auf 242,000 CHF geschätzt. Die einzelnen Beträge sind in Tabelle 10-1 aufgeführt.

System / Kostenart	Beschreibung	Betrag
Fluchtwegbelüftung	Zuluftventilator 0.75 kW	6,000 CHF
	Zuluftventilator 10 kW	22,500 CHF
	Wetterschutzgittern	10,000 CHF
	Verschiedene Lüftungskanäle	23,500 CHF
	Klappen	45,000 CHF
	Filter und Schalldämpfer	21,000 CHF
	Leistungskabel - Ventilator - Klemmenkasten	6,000 CHF
Lüftungssteuerung	Sensorik (Überdruckmessung, Schalter)	15,000 CHF
	Schaltschrank	9,000 CHF
	Kabel Sensorik	6,000 CHF
Dienstleistungen Unternehmer	Engineering	6,000 CHF
	Softwareprogrammierung (Steuerung)	5,000 CHF
	Montage	5,000 CHF
	Entsorgung	0 CHF
	Prüfungen FAT, SAT	9,000 CHF
	Qualitätssicherung	3,000 CHF
	Inbetriebnahme	3,000 CHF
	Komplete Dokumentation	7,000 CHF
	Ausbildung	1,000 CHF
	Transport und Verpackung	6,000 CHF
	Ersatzteile (exkl. komplette Reserveeinheiten)	3,000 CHF
	Wartung & Unterhalt während Garantiezeit	6,000 CHF
Dienstleistungen Dritte	Gebietseinheit, Blaulichtorganisation	6,000 CHF
Dienstleistungen Planer	Projektierung Planer	31,000 CHF
	Bauleitung Planer	16,000 CHF
Total	Total Investitionskosten (ohne MwSt.)	225,000 CHF
	MwSt.	18,225 CHF
	Total Investitionskosten (inkl. MwSt.)	243,225 CHF
	Total Investitionskosten auf CHF 1'000.- abgerundet	**244,000 CHF**

Tabelle 10-1: Investitionskosten für die Lüftungskomponenten des Tunnels Wynematte (Preisstand Dezember 2020).

10.2 Betriebs- und Unterhaltskosten

Die jährlichen Betriebskosten basieren auf Energiekosten von 22 Rappen pro kW Stunde. Die Betriebszeit für die Normallüftung ist auf 8760 Stunden pro Jahr gesetzt.

Die jährlichen Unterhaltskosten der Strahlventilatoren sind mit den Ansätzen gemäss ASTRA Richtlinie 13001 [1] mit 5% pro Jahr auf die Investitionskosten bezogen.

Es ergeben sich Betriebs- und Unterhaltskosten von ca. 14‘000 CHF/Jahr (inkl. MwSt.).

System / Kostenart	Beschreibung	Betrag
Betriebskosten	Jährlicher Energieverbrauch (kWh) Überdrucklüftung	1,156 CHF/Jahr
Unterhaltskosten der Anlage	Annahme: 5% pro Jahr auf die Investitionskosten (konstant vom 1. bis 20. Jahr)	13,032 CHF/Jahr
Total	Total Betriebs- und Unterhaltskosten (inkl. MWST)	14,188 CHF/Jahr
	Total Betriebs- und Unterhaltskosten auf CHF 1'000.- abgerundet	**14,000 CHF/Jahr**

Tabelle 10-2: Betriebs- und Unterhaltskosten für die Fahrraumlüftung des Tunnels Wynematte.

11. Unterschriften

Bauherr (Projektleiterin)

Kanton Aargau

Departement Bau, Verkehr und Umwelt

Abteilung Tiefbau

Aarau, 31.05.2024 _____ _____

Ort, Datum Martina Tobler

Projektverfasser

IG PRELO c/o F. Preisig AG

Lombardi

Firmato digitalmente da GIAN PAOLO NODIROLI
DN: cn=GIAN PAOLO NODIROLI, c=CH
Data: 2024.05.20 15:44:00 +02'00'

Luzern, 31.05.2024_____ _____

Ort, Datum Gian Paolo Nodiroli, PL Yves Métry, PL Stv.

Anhang A: Berechnung der Strömungswiderstände

A.1 Lüftungssystem NA 1 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen

Normal ventilation Component	Quantity	Inlet section [1]									Outlet section [2]									Loss coefficient [-]	Reference section [-]	Wall friction coefficient [-]	Pressure loss [Pa]
		Volume flow [m³/s]	Leaked volume [m³/s]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Length [m]	Surface roughness [mm]				
0 Aussenluft (EG)																							0.00
1 Streckmetall der Fassade	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	0.10	2	-	0.02
2 Einlass (EG)	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	0.60	2	-	0.10
3 Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	7.70	2	-	1.23
4 Rechteck Absperrklappe	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	0.30	2	-	0.05
5 Rechteck Bogen 90° Reduzierstück 1200/800/R400	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	0.80	-	0.64	0.80	0.8	4.0E+04	1.00	-	0.70	2	-	0.25
6 Viereck Reduzierstück 800/500	1	0.50	0.00	0.80	0.80	-	0.64	0.80	0.8	4.0E+04	0.50	0.50	-	0.25	0.50	2.0	6.4E+04	1.00	-	0.30	2	-	0.71
7 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	0.50	0.00	0.50	0.50	-	0.25	0.50	2.0	6.4E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.50	-	0.10	2	-	0.38
8 Rund Kanal D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.70	0.15	0.00	1	0.019	0.10
9 Rund Schalldämpfer zum Ereignislüfter L1000	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	1.00	3.00	0.05	1	0.032	0.44
10 Ereignislüfter	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.50	-	0.80	1	-	3.06
11 Rund Kanal D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	1.00	0.15	0.00	1	0.019	0.14
12 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	0.70	-	0.16	2	-	1.51
13 Rund-Rechteck-Rund Grobstaubfilter D400	1	0.50	0.00	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	0.50	-	9.00	1	-	84.06
14 Rund Reduzierstück D400/D300	1	0.50	0.00	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.30	-	0.10	2	-	2.95
15 Rund Bogen 90° Winkel D300/R200	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.60	-	0.40	2	-	11.81
16 Rund Schalldämpfer zum Normallüfter L1000	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	1.00	3.00	0.05	1	0.038	5.20
17 Rund Bogen 90° Winkel D300/R200	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.60	-	0.40	2	-	11.81
18 Rund Kanal D300	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.30	0.15	0.00	1	0.017	0.50
19 Normallüfter	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.30	-	0.00	1	-	0.00
20 Rund Reduzierstück D400/D300	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	0.30	-	0.10	2	-	0.93
21 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	0.50	0.00	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.70	-	0.26	2	-	0.99
22 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.50	-	0.10	2	-	0.09
23 Rechteck Kanal 800x500	1	0.50	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.40	0.15	0.00	1	0.021	0.01
24 Auslass (Schleuse)	1	0.50	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.1	1.4E+04	-	-	1.00	1	-	0.92
25 Schleuse (Raum)	1	0.36	0.14	2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.1	9.8E+03	2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.1	9.8E+03	4.40	2.00	0.00	1	0.031	0.00
26 Einlass Überdruckklappe	1	0.22	0.28	2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.0	6.0E+03	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	0.60	2	-	0.11
27 Rechteck Überdruckklappe 800x500	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	280.20	1	-	50.01
28 Rechteck Brandschutzklappe 800x500	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	0.50	1	-	0.09
29 Rechteck Kanal 800x500	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.50	0.15	0.00	1	0.025	0.00
30 Auslass (Fahrraum)	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	1.00	1	-	0.18
99 Fahrraumluft (UG)																							0.00
Total pressure drop [Pa]																							**178**
Mechanical power [kW]																							**0.14**

Abbildung 0-1: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 1 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen.

A.2 Lüftungssystem NA 1 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen

Emergency ventilation - closed doors Component	Quantity	Inlet section [1]										Outlet section [2]										Loss coefficient [-]	Reference section [-]	Wall friction coefficient [-]	Pressure loss [Pa]
		Volume flow [m³/s]	Leaked volume [m3/s]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Length [m]	Surface roughness [mm]					
0 Aussenluft (EG)																									0.00
1 Streckmetall der Fassade	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.10	2	-	1.76
2 Einlass (EG)	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.60	2	-	10.59
3 Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	7.70	2	-	135.87
4 Rechteck Absperrklappe	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.30	2	-	5.29
5 Rechteck Bogen 90° Reduzierstück 800x800/R400	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	1.00	-	0.70	2	-	27.79
6 Wereck Reduzierstück 800/500	1	5.25	0.00	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	0.50	0.50	-	0.25	0.50	21.0	6.7E+05	1.00	-	0.30	2	-	78.06
7 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	5.25	0.00	0.50	0.50	-	0.25	0.50	21.0	6.7E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.10	2	-	42.18
8 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.70	0.15	0.00	1	0.015	8.82
9 Rund Schalldämpfer zum Ereignislüfter L1000	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	1.00	3.00	0.05	1	0.032	48.16
10 Ereignislüfter	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.80	1	-	337.44
11 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	1.00	0.15	0.00	1	0.015	12.59
12 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.70	-	0.10	2	-	42.18
13 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
14 Rund Rückschlagklappe	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.30	-	0.10	2	-	42.18
15 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
16 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.60	-	0.10	2	-	42.18
17 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.50	-	0.10	2	-	10.16
18 Rechteck Kanal 800x500	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.014	0.94
19 Auslass (Schleuse)	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	2.10	2.60	-	5.46	2.32	1.0	1.4E+05	-	-	1.00	1	-	101.64
20 Schleuse (Raum)	1	4.95	0.30	2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.9	1.4E+05	2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.9	1.4E+05	4.40	2.00	0.00	1	0.019	0.02
21 Einlass Überdruckklappe	1	4.65	0.60	2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.9	1.3E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	0.60	2	-	47.84
22 Rechteck Überdruckklappe 800x500	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	0.63	1	-	50.23
23 Rechteck Brandschutzklappe 800x500	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	0.50	1	-	39.87
24 Rechteck Kanal 800x500	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.50	0.15	0.00	1	0.014	0.93
25 Auslass (Fahrraum)	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	1.00	1	-	79.73
99 Fahrraumluft (UG)																									0.00
Total pressure drop [Pa]																									**1,177**
Mechanical power [kW]																									**9.50**

Abbildung 0-2: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 1 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen.

A.3 Lüftungssystem NA 1 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen

Emergency ventilation - open doors Component	Quantity	Inlet section [1]										Outlet section [2]										Pressure loss [Pa]
		Volume flow [m³/s]	Leaked volume [m3/s]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]		Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Length [m]	Surface roughness [mm]	Loss coefficient [-]	Reference section [-]	Wall friction coefficient [-]	
0 Aussenluft (EG)																							0.00
1 Streckmetall der Fassade	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05		0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.10	2	-	1.76
2 Einlass (EG)	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05		0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.60	2	-	10.59
3 Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05		0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	7.70	2	-	135.87
4 Rechteck Absperrklappe	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05		0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.30	2	-	5.29
5 Rechteck Bogen 90° Reduzierstück 800x800/R400	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05		0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	1.00	-	0.70	2	-	27.79
6 Viereck Reduzierstück 800/500	1	5.25	0.00	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05		0.50	0.50	-	0.25	0.50	21.0	6.7E+05	1.00	-	0.30	2	-	78.06
7 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	5.25	0.00	0.50	0.50	-	0.25	0.50	21.0	6.7E+05		-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.10	2	-	42.18
8 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05		-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.70	0.15	0.00	1	0.015	8.82
9 Rund Schalldämpfer zum Ereignislüfter L1000	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05		-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	1.00	3.00	0.05	1	0.032	48.16
10 Ereignislüfter	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05		-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.80	1	-	337.44
11 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05		-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	1.00	0.15	0.00	1	0.015	12.59
12 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05		-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.70	-	0.10	2	-	42.18
13 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05		-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
14 Rund Rückschlagklappe	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05		-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.30	-	0.10	2	-	42.18
15 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05		-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
16 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05		-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.60	-	0.10	2	-	42.18
17 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05		0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.13	5.2E+05	0.50	-	0.10	2	-	10.16
18 Rechteck Kanal 800x500	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05		0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.13	5.2E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.014	0.94
19 Auslass (Schleuse)	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05		2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.96	1.4E+05	-	-	1.00	1	-	101.64
20 Schleuse (Raum)	1	2.50	2.75	2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.5	6.8E+04		2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.46	6.8E+04	4.40	2.00	0.00	1	0.019	0.00
21 Schiebetür	1	2.50	2.75	2.10	2.60	-	5.46	2.32	0.5	6.8E+04		1.25	2.10	-	2.63	1.57	1.0	9.6E+04	-	-	2.20	2	-	1.18
99 Fahrraumluft (UG)																								0.00
Total pressure drop [Pa]																								**959**
Mechanical power [kW]																								**7.75**

Abbildung 0-3: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 1 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen.

A.1 Lüftungssystem NA 2 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen

Normal ventilation Component	Quantity	Inlet section [1]									Outlet section [2]									Pressure loss [Pa]
		Volume flow [m³/s]	Leaked volume [m³/s]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Length [m]	Surface roughness [mm]	Loss coefficient [-]	Reference section [-]	Wall friction coefficient [-]	
0 Aussenluft (EG)																							0.00
1 Streckmetall der Fassade	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	0.10	2	-	0.02
2 Einlass (EG)	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	0.60	2	-	0.10
3 Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	7.70	2	-	1.23
4 Rechteck Absperrklappe	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	0.30	2	-	0.05
5 Rechteck Reduzierstück 1200/800	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	0.80	-	0.64	0.80	0.8	4.0E+04	1.00	-	0.30	2	-	0.11
6 Übergangsstück Rechteck-Rund Krumm D500	1	0.50	0.00	0.80	0.80	-	0.64	0.80	0.8	4.0E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.50	-	0.10	2	-	0.38
7 Rund Kanal D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	2.00	0.15	0.00	1	0.019	0.29
8 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.90	-	0.40	2	-	1.53
9 Rund Schalldämpfer zum Ereignislüfter L1000	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	1.00	3.00	0.05	1	0.032	0.44
10 Ereignislüfter	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.50	-	0.80	1	-	3.06
11 Rund Kanal D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	3.50	0.15	0.00	1	0.019	0.50
12 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	0.70	-	0.16	2	-	1.51
13 Rund-Rechteck-Rund Grobstaubfilter D400	1	0.50	0.00	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	0.50	-	9.00	1	-	84.06
14 Rund Reduzierstück D400/D300	1	0.50	0.00	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.30	-	0.10	2	-	2.95
15 Rund Bogen 90° Winkel D300/R200	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.60	-	0.40	2	-	11.81
16 Rund Schalldämpfer zum Normallüfter L1000	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	1.00	3.00	0.05	1	0.038	5.20
17 Rund Bogen 90° Winkel D300/R200	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.60	-	0.40	2	-	11.81
18 Rund Kanal D300	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.30	0.15	0.00	1	0.017	0.50
19 Normallüfter	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.30	-	0.00	1	-	0.00
20 Rund Reduzierstück D400/D300	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	0.30	-	0.10	2	-	0.93
21 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	0.50	0.00	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.70	-	0.26	2	-	0.99
22 Rund Kanal D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	1.00	0.15	0.00	1	0.019	0.14
23 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.90	-	0.40	2	-	1.53
24 Rund Kanal D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.50	0.15	0.00	1	0.019	0.07
25 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.90	-	0.40	2	-	1.53
26 Rund Kanal D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	3.00	0.15	0.00	1	0.019	0.43
27 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.50	-	0.10	2	-	0.09
28 Rechteck Kanal 800x500	1	0.50	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.40	0.15	0.00	1	0.021	0.01
29 Auslass (Schleuse)	1	0.50	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.0	8.9E+03	-	-	1.00	1	-	0.92
30 Schleuse (Raum)	1	0.36	0.14	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.0	6.4E+03	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.0	6.4E+03	4.50	2.00	0.00	1	0.035	0.00
31 Einlass Überdruckklappe	1	0.22	0.28	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.0	3.9E+03	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	0.60	2	-	0.11
32 Rechteck Überdruckklappe 800x500	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	280.20	1	-	50.01
33 Rechteck Brandschutzklappe 800x500	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	0.50	1	-	0.09
34 Rechteck Kanal 800x500	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.50	0.15	0.00	1	0.025	0.00
35 Auslass (Fahrraum)	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	1.00	1	-	0.18
99 Fahrraumluft (UG)																							0.00
Total pressure drop [Pa]																							**183**
Mechanical power [kW]																							**0.14**

Abbildung 0-4: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 2 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen.

A.2 Lüftungssystem NA 2 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen

Emergency ventilation - closed doors Component	Quantity	Inlet section [1]									Outlet section [2]									Pressure loss [Pa]
		Volume flow [m³/s]	Leaked volume [m3/s]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Length [m]	Surface roughness [mm]	Loss coefficient [-]	Reference section [-]	Wall friction coefficient [-]	
0 Aussenluft (EG)																							0.00
1 Streckmetall der Fassade	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.10	2	-	1.76
2 Einlass (EG)	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.60	2	-	10.59
3 Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	7.70	2	-	135.87
4 Rechteck Absperrklappe	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.30	2	-	5.29
5 Rechteck Reduzierstück	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	1.00	-	0.30	2	-	11.91
6 Übergangsstück Rechteck-Rund D500	1	5.25	0.00	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.10	2	-	42.18
7 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	2.00	0.15	0.00	1	0.015	25.19
8 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.90	-	0.40	2	-	168.72
9 Rund Schalldämpfer zum Ereignislüfter L1000	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	1.00	3.00	0.05	1	0.032	48.16
10 Ereignislüfter	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.80	1	-	337.44
11 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	3.50	0.15	0.00	1	0.015	44.08
12 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.60	-	0.10	2	-	42.18
13 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
14 Rund Rückschlagklappe	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.30	-	0.10	2	-	42.18
15 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
16 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.60	-	0.10	2	-	42.18
17 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	1.00	0.15	0.00	1	0.015	12.59
18 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.90	-	0.40	2	-	168.72
19 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	0.15	0.00	1	0.015	6.30
20 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.90	-	0.40	2	-	168.72
21 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	3.00	0.15	0.00	1	0.015	37.78
22 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.50	-	0.10	2	-	10.16
23 Rechteck Kanal 800x500	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.014	0.94
24 Auslass (Schleuse)	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.4	9.4E+04	-	-	1.00	1	-	101.64
25 Schleuse (Raum)	1	4.95	0.30	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.4	8.8E+04	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.4	8.8E+04	4.50	2.00	0.00	1	0.018	0.00
26 Einlass Überdruckklappe	1	4.65	0.60	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.4	8.3E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	0.60	2	-	47.84
27 Rechteck Überdruckklappe 800x500	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	0.63	1	-	50.23
28 Rechteck Brandschutzklappe 800x500	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	0.50	1	-	39.87
29 Rechteck Kanal 800x500	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.63	4.6E+05	0.50	0.15	0.00	1	0.014	0.93
30 Auslass (Fahrraum)	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	1.00	1	-	79.73
99 Fahrraumluft (UG)																							0.00
Total pressure drop [Pa]																							**1,693**
Mechanical power [kW]																							**13.68**

Abbildung 0-5: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 2 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen.

A.3 Lüftungssystem NA 2 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen

Emergency ventilation - open doors Component	Quantity	Inlet section [1]									Outlet section [2]									Pressure loss [Pa]
		Volume flow [m³/s]	Leaked volume [m3/s]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Length [m]	Surface roughness [mm]	Loss coefficient [-]	Reference section [-]	Wall friction coefficient [-]	
0 Aussenluft (EG)																							0.00
1 Streckmetall der Fassade	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.10	2	-	1.76
2 Einlass (EG)	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.60	2	-	10.59
3 Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	7.70	2	-	135.87
4 Rechteck Absperrklappe	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.30	2	-	5.29
5 Rechteck Reduzierstück	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	1.00	-	0.30	2	-	11.91
6 Übergangsstück Rechteck-Rund D500	1	5.25	0.00	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.10	2	-	42.18
7 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	2.00	0.15	0.00	1	0.015	25.19
8 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.90	-	0.40	2	-	168.72
9 Rund Schalldämpfer zum Ereignislüfter L1000	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	1.00	3.00	0.05	1	0.032	48.16
10 Ereignislüfter	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.80	1	-	337.44
11 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	3.50	0.15	0.00	1	0.015	44.08
12 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.60	-	0.10	2	-	42.18
13 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
14 Rund Rückschlagklappe	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.30	-	0.10	2	-	42.18
15 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
16 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.60	-	0.10	2	-	42.18
17 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	1.00	0.15	0.00	1	0.015	12.59
18 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.90	-	0.40	2	-	168.72
19 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	0.15	0.00	1	0.015	6.30
20 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.90	-	0.40	2	-	168.72
21 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	3.00	0.15	0.00	1	0.015	37.78
22 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.50	-	0.10	2	-	10.16
23 Rechteck Kanal 800x500	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.014	0.94
24 Auslass (Schleuse)	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.4	9.4E+04	-	-	1.00	1	-	101.64
25 Schleuse (Raum)	1	2.50	2.75	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.2	4.5E+04	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.2	4.5E+04	4.50	2.00	0.00	1	0.021	0.00
26 Schiebetür	1	2.50	2.75	3.20	4.00	-	12.80	3.56	0.2	4.5E+04	1.25	2.10	-	2.63	1.57	1.0	9.6E+04	-	-	2.20	2	-	1.18
99 Fahrraumluft (UG)																							0.00
Total pressure drop [Pa]																							**1.476**
Mechanical power [kW]																							**11.92**

Abbildung 0-6: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 2 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen.

A.1 Lüftungssystem NA 3 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen

Normal ventilation Component	Quantity	Inlet section [1]										Outlet section [2]										Pressure loss [Pa]
		Volume flow [m³/s]	Leaked volume [m³/s]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Length [m]	Surface roughness [mm]	Loss coefficient [-]	Reference section [-]	Wall friction coefficient [-]	
0 Aussenluft (EG)																						0.00
1 Streckmetall der Fassade	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	0.10	2	-	0.02
2 Einlass (EG)	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	0.60	2	-	0.10
3 Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	7.70	2	-	1.23
4 Rechteck Absperrklappe	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	-	-	0.30	2	-	0.05
5 Rechteck Reduzierstück 1200/800	1	0.50	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	0.5	3.2E+04	0.80	0.80	-	0.64	0.80	0.8	4.0E+04	1.00	-	0.30	2	-	0.11
6 Übergangsstück Rechteck-Rund Krumm D500	1	0.50	0.00	0.80	0.80	-	0.64	0.80	0.8	4.0E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.50	-	0.10	2	-	0.38
7 Rund Kanal D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	3.00	0.15	0.00	1	0.019	0.43
8 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.90	-	0.40	2	-	1.53
9 Rund Schalldämpfer zum Ereignislüfter L1000	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	1.00	3.00	0.05	1	0.032	0.44
10 Ereignislüfter	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.50	-	0.80	1	-	3.06
11 Rund Kanal D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	3.00	0.15	0.00	1	0.019	0.43
12 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	0.70	-	0.16	2	-	1.51
13 Rund-Rechteck-Rund Grobstaubfilter D400	1	0.50	0.00	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	0.50	-	9.00	1	-	84.06
14 Rund Reduzierstück D400/D300	1	0.50	0.00	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.30	-	0.10	2	-	2.95
15 Rund Bogen 90° Winkel D300/R200	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.60	-	0.40	2	-	11.81
16 Rund Schalldämpfer zum Normallüfter L1000	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	1.00	3.00	0.05	1	0.038	5.20
17 Rund Bogen 90° Winkel D300/R200	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.60	-	0.40	2	-	11.81
18 Rund Kanal D300	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.30	0.15	0.00	1	0.017	0.50
19 Normallüfter	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	0.30	-	0.00	1	-	0.00
20 Rund Reduzierstück D400/D300	1	0.50	0.00	-	-	0.30	0.07	0.30	7.1	1.4E+05	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	0.30	-	0.10	2	-	0.93
21 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	0.50	0.00	-	-	0.40	0.13	0.40	4.0	1.0E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.70	-	0.26	2	-	0.99
22 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	0.50	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	2.5	8.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.50	-	0.10	2	-	0.09
23 Rechteck Kanal 800x500	1	0.50	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.40	0.15	0.00	1	0.021	0.01
24 Rechteck Bogen 90° Winkel 800x500/R400	1	0.50	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	0.60	-	0.70	2	-	0.65
25 Auslass (Schleuse)	1	0.50	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	1.3	4.9E+04	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.0	7.3E+03	-	-	1.00	1	-	0.92
26 Schleuse (Raum)	1	0.36	0.14	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.0	5.2E+03	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.0	5.2E+03	7.40	2.00	0.00	1	0.037	0.00
27 Einlass Überdruckklappe	1	0.22	0.28	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.0	3.2E+03	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	0.60	2	-	0.11
28 Rechteck Überdruckklappe 800x500	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	280.20	1	-	50.01
29 Rechteck Brandschutzklappe 800x500	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	0.50	1	-	0.09
30 Rechteck Kanal 800x500	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.50	0.15	0.00	1	0.025	0.00
31 Auslass (Fahrraum)	1	0.22	0.28	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	0.6	2.2E+04	-	-	1.00	1	-	0.18
99 Fahrraumluft (UG)																							0.00
Total pressure drop [Pa]																							**180**
Mechanical power [kW]																							**0.14**

Abbildung 0-7: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 3 – Normalbetrieb mit geschlossenen Türen.

A.2 Lüftungssystem NA 3 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen

Emergency ventilation - closed doors Component	Quantity	Inlet section [1]										Outlet section [2]										Pressure loss [Pa]
		Volume flow [m³/s]	Leaked volume [m3/s]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Length [m]	Surface roughness [mm]	Loss coefficient [-]	Reference section [-]	Wall friction coefficient [-]	
0 Aussenluft (EG)																						0.00
1 Streckmetall der Fassade	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.10	2	-	1.76
2 Einlass (EG)	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.60	2	-	10.59
3 Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	7.70	2	-	135.87
4 Rechteck Absperrklappe	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.30	2	-	5.29
5 Rechteck Reduzierstück	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	1.00	-	0.30	2	-	11.91
6 Übergangsstück Rechteck-Rund D500	1	5.25	0.00	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.10	2	-	42.18
7 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	3.00	0.15	0.00	1	0.015	37.78
8 Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.90	-	0.40	2	-	168.72
9 Rund Schalldämpfer zum Ereignislüfter L1000	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	1.00	3.00	0.05	1	0.032	48.16
10 Ereignislüfter	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.80	1	-	337.44
11 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	3.00	0.15	0.00	1	0.015	37.78
12 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.60	-	0.10	2	-	42.18
13 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
14 Rund Rückschlagklappe	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.30	-	0.10	2	-	42.18
15 Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
16 T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.60	-	0.10	2	-	42.18
17 Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.13	5.2E+05	0.50	-	0.10	2	-	10.16
18 Rechteck Kanal 800x500	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.13	5.2E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.014	0.94
19 Rechteck Bogen 90° Winkel 800x500/R400	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.13	5.2E+05	0.60	-	0.70	2	-	71.15
20 Auslass (Schleuse)	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.3	7.7E+04	-	-	1.00	1	-	101.64
21 Schleuse (Raum)	1	4.95	0.30	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.3	7.2E+04	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.3	7.2E+04	7.40	2.00	0.00	1	0.019	0.00
22 Einlass Überdruckklappe	1	4.65	0.60	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.2	6.8E+04	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	0.60	2	-	47.84
23 Rechteck Überdruckklappe 800x500	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	0.63	1	-	50.23
24 Rechteck Brandschutzklappe 800x500	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	0.50	1	-	39.87
25 Rechteck Kanal 800x500	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.63	4.6E+05	0.50	0.15	0.00	1	0.014	0.93
26 Auslass (Fahrraum)	1	4.65	0.60	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	11.6	4.6E+05	-	-	1.00	1	-	79.73
99 Fahrraumluft (UG)																						0.00
Total pressure drop [Pa]																						**1,377**
Mechanical power [kW]																						**11.12**

Abbildung 0-8: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 3 – Ereignisbetrieb mit geschlossenen Türen.

A.3 Lüftungssystem NA 3 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen

	Emergency ventilation - open doors Component	Quantity	Inlet section [1]										Outlet section [2]										Pressure loss [Pa]
			Volume flow [m³/s]	Leaked volume [m3/s]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Width [m]	Height [m]	Diameter [m]	Cross section [m²]	Hydraulic diameter [m]	Velocity [m/s]	Reynold number [-]	Length [m]	Surface roughness [mm]	Loss coefficient [-]	Reference section [-]	Wall friction coefficient [-]	
0	Aussenluft (EG)																						0.00
1	Steckmetall der Fassade	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.10	2	-	1.76
2	Einlass (EG)	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.60	2	-	10.59
3	Rechteck Wetterschutzgitter für den Lufteinlass	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	7.70	2	-	135.87
4	Rechteck Absperrklappe	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	-	-	0.30	2	-	5.29
5	Rechteck Reduzierstück	1	5.25	0.00	0.80	1.20	-	0.96	0.96	5.5	3.4E+05	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	1.00	-	0.30	2	-	11.91
6	Übergangsstück Rechteck-Rund D500	1	5.25	0.00	0.80	0.80	-	0.64	0.80	8.2	4.2E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.10	2	-	42.18
7	Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	3.00	0.15	0.00	1	0.015	37.78
8	Rund Bogen 90° Winkel D500/R400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.90	-	0.40	2	-	168.72
9	Rund Schalldämpfer zum Ereignislüfter L1000	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	1.00	3.00	0.05	1	0.032	48.16
10	Ereignislüfter	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.50	-	0.80	1	-	337.44
11	Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	3.00	0.15	0.00	1	0.015	37.78
12	T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.60	-	0.10	2	-	42.18
13	Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
14	Rund Rückschlagklappe	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.30	-	0.10	2	-	42.18
15	Rund Kanal D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.015	5.04
16	T-Stück (Verzweigung) 2xD500/D400	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.60	-	0.10	2	-	42.18
17	Übergangsstück Rechteck-Rund 800x500/D500	1	5.25	0.00	-	-	0.50	0.20	0.50	26.7	8.6E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.13	5.2E+05	0.50	-	0.10	2	-	10.16
18	Rechteck Kanal 800x500	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.13	5.2E+05	0.40	0.15	0.00	1	0.014	0.94
19	Rechteck Bogen 90° Winkel 800x500/R400	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.13	5.2E+05	0.60	-	0.70	2	-	71.15
20	Auslass (Schleuse)	1	5.25	0.00	0.80	0.50	-	0.40	0.62	13.1	5.2E+05	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.3	7.7E+04	-	-	1.00	1	-	101.64
21	Schleuse (Raum)	1	2.50	2.75	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.1	3.6E+04	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.1	3.6E+04	7.40	2.00	0.00	1	0.022	0.00
22	Schiebetür	1	2.50	2.75	4.30	4.50	-	19.35	4.40	0.1	3.6E+04	1.25	2.10	-	2.63	1.57	1.0	9.6E+04	-	-	2.20	2	-	1.18
99	Fahrraumluft (UG)																							0.00
	Total pressure drop [Pa]																							**1,159**
	Mechanical power [kW]																							**9.36**

Abbildung 0-9: Berechnung der Strömungswiderstände im Lüftungssystem NA 3 – Ereignisbetrieb mit offenen Türen.

Anhang B: Berechnung des Schalldruckpegels

Die Berechnung erfolgt gemäss VDI 2081 [7] für den Lüftungssystem NA 1 im Normal- und Ereignisbetrieb. Die Resultate sind auf die Lüftungssysteme der anderen NA anwendbar, da die Systeme analog aufgebaut sind.

B.1 Normalbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Lufteinlass

			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Einlass EG (1m Abstand)											
		Lw	0	0	0	0	0	0	0	0	9 dB
		D	3	3	3	3	3	3	3	3	
		ΔL	0	0	0	0	3	0	0	0	
		ΣL	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**9 dB**
Gitter											
H	1.1 m	**Lw**	20	26	18	15	15	15	15	15	29 dB
B	1.1 m	**D**	3	6	9	16	21	24	24	30	
S	0.3 m²	**ΔL**	17	23	15	12	12	12	12	12	
V 1	1.8 m/s	**ΣL**	**17**	**23**	**15**	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**	**26 dB**
Kanal			0.6	0.6	0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
L	1.0 m	**Lw**	16	16	16	16	16	16	16	16	25 dB
H	0.5 m	**D**	1	1	0	0	0	0	0	0	
B	0.5 m	**ΔL**	10	7	4	0	0	0	0	0	
S	0.3 m²	**ΣL**	**18**	**23**	**15**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**26 dB**
V 1	2.4 m/s										
dg	0.4 m										
Krümmer			17	20	23	26	29	30	35	38	
S	0.3 m²	**Lw**	3	0	0	0	0	0	0	0	10 dB
V 1	2.0 m/s	**D**	3	7	6	3	3	3	3	3	
dg	0.6 m	**ΔL**	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΣL	**18**	**23**	**16**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**26 dB**
Schalldämpfer 1											
		Lw	40	35	31	26	23	19	16	13	42 dB
		D	4	5	13	26	38	29	18	13	
		ΔL	30	18	13	4	0	0	0	0	
		ΣL	**31**	**24**	**17**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**32 dB**
Kanal			0.6	0.6	0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
L	1.0 m	**Lw**	5	5	5	5	5	5	5	5	14 dB
H	0.6 m	**D**	1	1	0	0	0	0	0	0	
B	0.8 m	**ΔL**	0	0	0	0	0	0	0	0	
S	0.5 m²	**ΣL**	**31**	**24**	**17**	**13**	**13**	**13**	**13**	**13**	**32 dB**
V 3	1.2 m/s										
dg	1.5 m										
Schalldämpfer 2											
		Lw	40	35	31	26	23	19	16	13	42 dB
		D	4	10	17	31	44	43	26	14	
		ΔL	26	13	0	0	0	0	0	0	
		ΣL	**32**	**25**	**18**	**14**	**13**	**13**	**13**	**13**	**33 dB**
Ventilator											
		Lw	57	67	75	80	80	77	73	66	85 dB
		D	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΔL	39	35	26	1	0	0	0	3	
		ΣL	**40**	**35**	**27**	**14**	**14**	**14**	**14**	**14**	**41 dB**
A bewertung			-26	-16	-9	-3	0	1	1	1	
			14	**19**	**18**	**11**	**14**	**15**	**15**	**15**	**25 dB(A)**

Abbildung 0-1: Schalldruckpegel beim Normalbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Lufteinlass, 1 m Abstand zur Öffnung.

B.2 Normalbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Luftauslass

			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Auslass EG (1m Abstand)											
		Lw	0	0	0	0	0	0	0	0	9 dB
		D	3	3	3	3	3	3	3	3	
		ΔL	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΣL	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**9 dB**
Gitter											
H	0.5 m	**Lw**	32	26	26	20	17	15	15	15	34 dB
B	0.8 m	**D**	3	4	7	8	13	15	13	15	
%	0.2 m	**ΔL**	29	23	23	17	14	12	12	12	
S	0.1 m²	**ΣL**	**29**	**23**	**23**	**17**	**14**	**12**	**12**	**12**	**31 dB**
V 1	9.6 m/s										
V g	1.770 m/s										
Schalldämpfer 1											
H	0.5 m	**Lw**	17	13	9	6	2	6	3	0	20 dB
B	0.8 m	**D**	8	20	41	46	50	41	26	21	
L	1.0 m	**ΔL**	11	6	0	0	0	0	0	0	
		ΣL	**29**	**23**	**23**	**17**	**14**	**13**	**13**	**13**	**31 dB**
Fluchtweg											
		Lw	0	0	0	0	0	0	0	0	9 dB
		D	5	5	5	5	5	5	5	5	
		ΔL	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΣL	**29**	**23**	**23**	**17**	**14**	**13**	**13**	**13**	**31 dB**
Ventilator											
		Lw	57	67	75	80	80	77	73	66	85 dB
		D	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΔL	38	35	19	18	9	13	26	22	
		ΣL	**39**	**35**	**25**	**21**	**16**	**16**	**26**	**22**	**41 dB**
A bewertung			-26	-16	-9	-3	0	1	1	1	
			13	**19**	**16**	**18**	**16**	**17**	**27**	**23**	**30 dB(A)**

Abbildung 0-2: Schalldruckpegel beim Normalbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Luftauslass, 1 m Abstand zur Öffnung.

B.3 Normalbetrieb – Schleuse (UG) vor der Einblasöffnung

			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Auslass UG (1m Abstand)											
		Lw	0	0	0	0	0	0	0	0	9 dB
		D	3	3	3	3	3	3	3	3	
		ΔL	0	0	0	0	3	0	0	0	
		ΣL	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**9 dB**
BSK											
H	1.1 m	**Lw**	62	52	45	39	36	35	35	35	63 dB
B	1.1 m	**D**	0	0	0	0	0	0	0	0	
S	0.3 m²	**ΔL**	59	49	42	36	33	32	32	32	
V 1	1.8 m/s	**ΣL**	**59**	**49**	**42**	**36**	**33**	**32**	**32**	**32**	**60 dB**
Kanal			0.6	0.6	0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
L	1.0 m	**Lw**	16	16	16	16	16	16	16	16	25 dB
H	0.5 m	**D**	1	1	0	0	0	0	0	0	
B	0.5 m	**ΔL**	13	13	13	13	13	13	13	13	
S	0.3 m²	**ΣL**	**59**	**49**	**42**	**36**	**33**	**32**	**32**	**32**	**60 dB**
V 1	2.4 m/s										
dg	0.4 m										
Krümmer			17	20	23	26	29	30	35	38	
S	0.3 m²	**Lw**	3	0	0	0	0	0	0	0	10 dB
V 1	2.0 m/s	**D**	3	7	6	3	3	3	3	3	
dg	0.6 m	**ΔL**	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΣL	**59**	**49**	**42**	**36**	**33**	**32**	**32**	**32**	**60 dB**
Kanal			0.6	0.6	0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
L	1.0 m	**Lw**	5	5	5	5	5	5	5	5	14 dB
H	0.6 m	**D**	1	1	0	0	0	0	0	0	
B	0.8 m	**ΔL**	0	0	0	0	0	0	0	0	
S	0.5 m²	**ΣL**	**59**	**49**	**42**	**36**	**33**	**32**	**32**	**32**	**60 dB**
V 3	1.2 m/s										
dg	1.5 m										
Ventilator											
		Lw	57	67	75	80	80	77	73	66	85 dB
		D	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΔL	50	56	65	74	74	71	67	60	
		ΣL	**59**	**57**	**65**	**74**	**74**	**71**	**67**	**60**	**78 dB**
A bewertung			-26	-16	-9	-3	0	1	1	1	
			33	**41**	**56**	**71**	**74**	**72**	**68**	**61**	**78 dB(A)**

Abbildung 0-3: Schalldruckpegel beim Normalbetrieb – Schleuse (UG) vor der Einblasöffnung, 1 m Abstand zur Öffnung.

B.4 Ereignisbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Lufteinlass

			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Einlass EG (1m Abstand)											
		Lw	0	0	0	0	0	0	0	0	9 dB
		D	3	3	3	3	3	3	3	3	
		ΔL	0	0	0	0	3	0	0	0	
		ΣL	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**9 dB**
Gitter											
H	1.1 m	**Lw**	76	78	77	69	66	62	54	46	82 dB
B	1.1 m	**D**	3	4	7	8	13	15	13	15	
S	0.3 m²	**ΔL**	73	75	74	66	63	59	51	43	
V 1	16.8 m/s	**ΣL**	**73**	**75**	**74**	**66**	**63**	**59**	**51**	**43**	**79 dB**
Kanal			0.6	0.6	0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
L	1.0 m	**Lw**	65	65	65	65	65	65	65	65	74 dB
H	0.5 m	**D**	1	1	0	0	0	0	0	0	
B	0.5 m	**ΔL**	59	58	55	54	49	47	49	47	
S	0.3 m²	**ΣL**	**73**	**75**	**74**	**66**	**63**	**59**	**53**	**48**	**79 dB**
V 1	22.2 m/s										
dg	0.0 m										
Krümmer			17	20	23	26	29	30	35	38	
S	0.3 m²	**Lw**	47	41	34	26	18	8	0	0	48 dB
V 1	18.5 m/s	**D**	3	7	6	3	3	3	3	3	
dg	0.1 m	**ΔL**	40	33	24	15	2	0	0	0	
		ΣL	**73**	**75**	**74**	**66**	**63**	**59**	**53**	**48**	**79 dB**
Schalldämpfer 1											
		Lw	80	80	80	80	80	80	80	80	89 dB
		D	4	5	11	20	47	45	25	12	
		ΔL	70	65	64	66	61	59	61	59	
		ΣL	**75**	**76**	**74**	**69**	**65**	**62**	**62**	**59**	**80 dB**
Ventilator											
		Lw	79	89	98	102	103	100	96	88	108 dB
		D	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΔL	65	69	71	68	37	34	52	55	
		ΣL	**75**	**76**	**76**	**72**	**65**	**62**	**62**	**61**	**81 dB**
A bewertung			-26	-16	-9	-3	0	1	1	1	
			49	**60**	**67**	**69**	**65**	**63**	**63**	**62**	**73 dB(A)**

Abbildung 0-4: Schalldruckpegel beim Ereignisbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Lufteinlass, 1 m Abstand zur Öffnung.

B.5 Ereignisbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Luftauslass

			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Auslass EG (1m Abstand)											
		Lw	0	0	0	0	0	0	0	0	9 dB
		D	3	3	3	3	3	3	3	3	
		ΔL	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΣL	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**9 dB**
Gitter											
H	1.0 m	**Lw**	76	78	77	69	66	62	54	46	82 dB
B	1.0 m	**D**	3	4	7	8	13	15	13	15	
%	0.2 m	**ΔL**	73	75	74	66	63	59	51	43	
S	0.2 m²	**ΣL**	**73**	**75**	**74**	**66**	**63**	**59**	**51**	**43**	**79 dB**
V 1	1.6 m/s										
V g	0.300 m/s										
Schalldämpfer 1											
H	1.0 m	**Lw**	62	57	53	48	44	41	38	35	64 dB
B	1.0 m	**D**	8	20	41	46	50	41	26	21	
L	1.5 m	**ΔL**	56	50	43	37	28	23	22	17	
		ΣL	**73**	**75**	**74**	**66**	**63**	**59**	**51**	**43**	**79 dB**
Fluchtweg											
		Lw	0	0	0	0	0	0	0	0	9 dB
		D	3	3	3	3	3	3	3	3	
		ΔL	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΣL	**73**	**75**	**74**	**66**	**63**	**59**	**51**	**43**	**79 dB**
Ventilator											
		Lw	79	89	98	102	103	100	96	88	108 dB
		D	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΔL	62	59	44	42	34	38	51	46	
		ΣL	**73**	**75**	**74**	**66**	**63**	**59**	**54**	**48**	**79 dB**
A bewertung			-26	-16	-9	-3	0	1	1	1	
			47	**59**	**65**	**63**	**63**	**60**	**55**	**49**	**70 dB(A)**

Abbildung 0-5: Schalldruckpegel beim Ereignisbetrieb – Aussenbereich (EG) vor dem Wetterschutzgitter für den Luftauslass, 1 m Abstand zur Öffnung.

B.6 Ereignisbetrieb – Schleuse (UG) vor der Einblasöffnung

			63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	
Auslass UG (1m Abstand)											
		Lw	0	0	0	0	0	0	0	0	9 dB
		D	3	3	3	3	3	3	3	3	
		ΔL	0	0	0	0	3	0	0	0	
		ΣL	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**9 dB**
BSK											
H	0.5 m	**Lw**	80	80	80	80	80	80	80	80	89 dB
B	0.8 m	**D**	0	0	0	0	0	0	0	0	
S	0.1 m²	**ΔL**	77	77	77	77	77	77	77	77	
V 1	46.3 m/s	**ΣL**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**86 dB**
Kanal			0.6	0.6	0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
L	1.0 m	**Lw**	65	65	65	65	65	65	65	65	74 dB
H	0.5 m	**D**	1	1	0	0	0	0	0	0	
B	0.5 m	**ΔL**	62	62	62	62	62	62	62	62	
S	0.3 m²	**ΣL**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**86 dB**
V 1	22.2 m/s										
dg	0.0 m										
Krümmer			17	20	23	26	29	30	35	38	
S	0.3 m²	**Lw**	47	41	34	26	18	8	0	0	48 dB
V 1	18.5 m/s	**D**	3	7	6	3	3	3	3	3	
dg	0.1 m	**ΔL**	43	37	31	23	15	5	0	0	
		ΣL	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**77**	**86 dB**
Schalldämpfer 2											
		Lw	80	80	80	80	80	80	80	80	89 dB
		D	6	14	25	45	50	50	37	20	
		ΔL	73	69	71	74	74	74	74	74	
		ΣL	**79**	**78**	**78**	**79**	**79**	**79**	**79**	**79**	**88 dB**
Kanal			0.6	0.6	0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
L	1.0 m	**Lw**	53	53	54	54	54	54	54	54	63 dB
H	0.6 m	**D**	1	1	0	0	0	0	0	0	
B	0.8 m	**ΔL**	41	29	19	2	0	0	10	27	
S	0.5 m²	**ΣL**	**79**	**78**	**78**	**79**	**79**	**79**	**79**	**79**	**88 dB**
V 3	11.6 m/s										
dg	0.2 m										
Ventilator											
		Lw	79	89	98	102	103	100	96	88	108 dB
		D	0	0	0	0	0	0	0	0	
		ΔL	66	64	63	51	47	44	53	62	
		ΣL	**79**	**78**	**78**	**79**	**79**	**79**	**79**	**79**	**88 dB**
A bewertung			-26	-16	-9	-3	0	1	1	1	
			53	**62**	**69**	**76**	**79**	**80**	**80**	**80**	**86 dB(A)**

Abbildung 0-6: Schalldruckpegel beim Ereignisbetrieb – Schleuse (UG) vor der Einblasöffnung, 1 m Abstand zur Öffnung.