KANTON AARGAU

DEPARTEMENT
BAU, VERKEHR UND UMWELT
Abteilung Tiefbau

GEMEINDE Suhr, Gränichen, Oberentfelden IO/AO

STRASSE Verkehrsinfrastruktur – Entwicklung Raum Suhr (VERAS)
NK240, NK 241, K242

BEREICH D954 D962

OBJEKT Los 2

Technischer Bericht Betriebs- und Sicherheitsausrüstung

Vorstudien	Vorprojekt	Bauprojekt	Auflageprojekt	Ausführungsprojekt	Ausgeführtes Werk



PROJEKTVERFASSER

IG PRELO
% F. Preisig AG, Zürich

FPREISIG AG Lombardi

Markus, Schneider
Teilprojektleiter Los 2

Erstellt: 31.05.2024

BAUHERR

Abteilung Tiefbau
Realisierung
PS-Nr.: 640-203830

Andreas, Drohomirecki
Projektleiter ATB

Dok. Nr.: 2601

Planerteam IG PRELO

F. Preisig AG

Hagenholzstrasse 83b

8050 Zürich

Tel.: 044 308 85 85

E-Mail: zuerich@preisigag.ch

Lombardi AG

Winkelriedstrasse 37

6003 Luzern

Tel.: 041 226 40 50

E-Mail: luzern@lombardi.group

Fachplaner

Erb + Partner Ingenieurbüro AG

Meilistrasse 12

8400 Winterthur

Tel.: 052 269 25 25

E-Mail: info@erb-partner.ch

Änderungsverzeichnis

Rev.	Projektverfasser			Bauherr			Bemerkungen
	Datum	Name	Visum	Datum	Name	Visum	
0.1	26.09.2022	Käser, Métry, Baccala, Maier, Lucchini					Entwurf
0.2	14.10.2022	Käser, Métry, Baccala, Maier, Lucchini					Entwurf 2t. Abgabe
0.3	14.07.2023	Käser, Métry					Entwurf Abgabe BP
0.4	21.08.2023	Käser, Métry					Abgabe Vernehmlassung
1.0	31.01.2024	Käser, Métry	MeY	31.01.2024	M. Tobler	MT	Abgabe Bauprojekt
2.0	31.05.2024	Käser, Métry	MeY	31.05.2024	M. Tobler	MT	Abgabe Auflageprojekt

Impressum

Auftraggeber

Departement Bau, Verkehr und Umwelt
Abteilung Tiefbau

Gesamtprojektleitung: Matthias Adelsbach
Projektleitung: Andreas Drohomirecki
Projektleitung Stv.: Mauro Spada

Projektverfasser

Planerteam IG PRELO c/o F. Preisig AG

Autoren

[Métry Yves]
[Käser Raffaele]
[Baccala Joel]
[Kähr Leandro]

Glossar

ATS	Allgemeinen technischen Spezifikationen
ASTRA	Bundesamt für Strassen
AVA	Aargau Verkehr AG (vormals WSB)
AUL	Aussenluft
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BHU	Bauherrenunterstützung
BKN	Breitbandkommunikationsnetzwerk
BMA	Brandmeldeanlage
BMG	Brandmeldeanlage Gebäude
BMT	Brandmeldeanlage Tunnel
BMZ	Brandmeldezentrale
BP	Bauprojekt
BS	Brandsektor
BSA	Betriebs- und Sicherheitsausrüstung
CHF	Schweizer Franken
CO	Kohlenmonoxid
COP	Coefficient of Performance (Kältetechnik)
DAB	Digital Audio Broadcasting
DTV	Durchschnittliches tägliches Verkehrsaufkommen
EG	Erdgeschoss
EP	Erhaltungsprojekt
ESP	Elektrostützpunkt
EW	Elektrizitätswerk
EZT	Echtzeittest
FAT	Werkabnahme
FOL	Fortluft
FU	Frequenzumrichter
Fz	Fahrzeuge
GV	Gegenverkehr
HLK	Heizung Lüftung Klima
IGT	Integrierten Test
IP	Schutzart
ISO	International Organization for Standardization
KS	Kopfstation
LEMP	Blitz (Lightning Electro Magnetic Puls)
LPZ	Blitzschutz Zone (Lightning Protection Zone)
LS	Lüftungssektor
LSA	Licht Signal Anlage
LSV	Lärmschutzverordnung
LW	Lastwagen
LWA	Lastwagenanteil, Anteil der Lastwagen am Gesamtverkehr
LWL	Lichtwellenleiter
KVR	Konstanter Volumenstromregler
MK	Massnahmenkonzept
MMI	Mensch Maschine Interface
MSV	Massgebendes stündliches Verkehrsaufkommen

MWSt.	Mehrwertsteuer
NA	Notausgang
NIBT	Norme sur les installations à basse tension
NIN	Niederspannungs installations Normen
OLM	Optical link module
PIARC	Association mondiale de la route
PoE	Power over Ethernet
PV	Projektverfasser
PW	Personenwagen
PWE	Personenwageneinheiten
QV	Querverbindung
RIO	Remote Input Output
RL	Richtlinie
RV	Richtungsverkehr
SABA	Strassenabwasser-Behandlungsanlage
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SL	Selbstlüftung
SLASS	synchronized longitudinal announcement speaker System
SPD	Blitzstrom- und Überspannungsableiter
SPS	Speicher Programmierbaren Steuerungen
ST	Sichttrübung
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
SV	Strahlventilator
TP	Teilprojekt
ÜLS	Übergeordnetes Leitsystem
UN	Unternehmer
UKV	Universelle Gebäudeverkabelung
VERAS	Verkehrsinfrastruktur-Entwicklung Raum Suhr
VK	Verteilkabine
VLS	Verkehrsleitsystem
VoIP	Voice over IP
VP	Vorprojekt
VVR	Variabler Volumenstromregler
VS	Vorstudie
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute
WebGUI	Web-Basierte graphische Bedienungsschnittstelle (graphic user inteface)

Inhalt

Planerteam IG PRELO **2**

Impressum **3**

Glossar **4**

Inhalt **6**

1. Zusammenfassung **13**

2. Einleitung **15**
2.1 Ziele des Projekts 15
2.2 Installationsbereiche 15
2.3 Abgrenzungen, Schnittstellen 16
2.3.1 Energieversorgung 16
2.3.1 Beleuchtung 16
2.3.2 Kommunikation und Leittechnik 16
2.3.3 Bau 16

3. Grundlagen **18**
3.1 Planungsgrundlagen 18
3.1.1 L20-Simulation 18
3.1.2 Berechnungsgrundlagen Beleuchtung 18
3.1.3 Druckverhältnisse 20
3.1.4 Schallschutz 20
3.1.5 Verkehrsprognosen 2040 21
3.2 Rahmenbedingungen und Annahmen des Planers 22
3.2.1 Rahmenbedingungen 22
3.3 Normen / Richtlinien 23
3.3.1 Gesetzte, Verordnungen 24
3.3.2 ASTRA-Richtlinien 24
3.3.3 Normen und Vorschriften 24
3.3.4 Übrige Weisungen, Unterlagen 25
3.4 Allgemeine Bemerkungen und Konzepte 25
3.4.1 Anforderungen vom Betrieb an die Anlagen 25
3.4.2 Umwelt der Anlage und deren Eigenschaften 26
3.4.3 Nutzungsdauer der Anlagen-Teile 27
3.4.4 Brandschutz 27
3.4.5 Schutzmassmassnahmen gegen Blitz und Überspannung 27
3.4.6 Nachhaltigkeit und alternative Energiequellen 31

4. Technische Lösung **37**
4.1 Energieversorgung 37
4.1.1 Leittechnik Energieversorgungsanlage 37
4.1.2 Mittelspannung (1kV bis 20kV) 38
4.1.3 Niederspannung 38
4.1.4 Kleinspannung (<50V) 43
4.1.5 Notstrom 44
4.2 Beleuchtung 46
4.2.1 Leittechnik Beleuchtungsanlage 46
4.2.2 Durchfahrtsbeleuchtung 48
4.2.3 Adaptationsbeleuchtung 49

4.2.4 Brandnotbeleuchtung 50
4.2.5 Optische Leiteinrichtung 51
4.2.6 Fluchtwegbeleuchtung 53
4.2.7 Strassenbeleuchtung 54
4.3 Lüftung 54
4.3.1 Leittechnik Lüftungsanlage Tunnel 54
4.3.2 Längslüftung Tunnel 55
4.3.3 Fluchtwegbelüftung 55
4.3.4 Energiemessung 55
4.4 Signalisation 56
4.4.1 Leittechnik Verkehrsleitsystem (VLS) 56
4.4.2 Leittechnik Lichtsignalanlage (LSA) 56
4.4.3 Statische Signalisation 56
4.4.4 VM-System 56
4.4.5 Verkehrsdatenerfassung 57
4.4.6 Sicherheitseinrichtung 57
4.5 Überwachungsanlage 62
4.5.1 Brandmeldeanlage Tunnel 62
4.5.2 Brandmeldeanlage Gebäude 67
4.5.3 Videoanlage 72
4.5.4 Divers 75
4.5.5 Glatteismeldeanlage 76
4.6 Kommunikation & Leittechnik 77
4.6.1 Kommunikation 77
4.6.2 Leittechnik 80
4.6.3 Funk- und Einsprechanlage 80
4.6.4 Beschallungsanlage 83
4.6.5 Notruftelefon 85
4.6.6 Mobilfunk 89
4.7 Kabelanlage 89
4.7.1 Erdungsanlage 89
4.7.2 Lichtwellenleiter 91
4.7.3 Universelle Gebäudeverkabelung 92
4.7.4 NT-Kabel 93
4.7.5 Kabeltrassen und Steigzonen 93
4.8 Nebeneinrichtung 95
4.8.1 Elektroinstallationen 95
4.8.2 Heizung, Lüftung, Klima 97
4.8.3 Krananlage/Hebezeug 113
4.8.4 Pumpwerk, Ölabscheider, Rückhaltebecken 113
4.8.5 Löscheinrichtung 116
4.8.6 Tür / Tor / Zutrittskontrolle 117
4.8.7 Schränke, Verteilkabinen 117
4.8.8 Brandschottung 121
4.8.9 Doppelboden 122
4.8.10 Metallbauarbeiten 124
4.8.11 Barriere Anlagen 124
4.8.12 Kernbohrungen und Aussparungen 125
4.8.13 Wasserversorgung 125
4.8.14 Telefonie 125

4.8.15 Raumeinrichtungen 125

5. Inbetriebnahme 127
5.1 Test und Inbetriebnahme 127
5.1.1 Projektablauf 133
5.1.2 Betrieb und Unterhalt während der Garantiezeit 134
5.1.3 Wartung der Anlagen 134
5.2 Schulung 134
5.2.1 Zielgruppe 1: Technischer Dienst/Unterhalt 135
5.2.2 Zielgruppe 2: Betrieb/KAPO 135
5.3 Dokumentation 135
5.3.1 Beschriftungen und Kennzeichnung 136

6. Bauprogramm, Verkehrsführung, Terminplan 137
6.1 Bauprogramm 137
6.2 Verkehrsführung 137
6.3 Terminplan BSA 137

7. Kosten 138
7.1 Investitionskosten 138
7.1.1 Energieversorgung 138
7.1.2 Beleuchtung 139
7.1.3 Lüftung 139
7.1.4 Signalisation 140
7.1.5 Überwachungsanlage 141
7.1.6 Kommunikation & Leittechnik 142
7.1.7 Kabelanlage 143
7.1.8 Nebeneinrichtung 144
7.1.9 Zusammenfassung 146
7.2 Betriebskosten 146
7.2.1 Energieversorgung 146
7.2.2 Beleuchtung 147
7.2.3 Lüftung 147
7.2.4 Signalisation 147
7.2.5 Überwachungsanlage 147
7.2.6 Kommunikation & Leittechnik 148
7.2.7 Kabelanlage 148
7.2.8 Nebeneinrichtung 148
7.2.9 Zusammenfassung 148
7.3 Wartungskosten 149
7.3.1 Energieversorgung 149
7.3.2 Beleuchtung 149
7.3.3 Lüftung 149
7.3.4 Signalisation 149
7.3.5 Überwachungsanlage 150
7.3.6 Kommunikation & Leittechnik 150
7.3.7 Kabelanlage 150
7.3.8 Nebeneinrichtung 150
7.3.9 Zusammenfassung 151

8. Unterschriften 152

9. Beilagen 153
9.1 Beilagen BSA 153
9.2 Beilagen Verkehrstechnik 155
9.3 Beilagen BAU 155
9.4 Beilagen Dritte 155
9.5 Weitere Beilagen und Quellen 155

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geometrische Daten des Tunnels Wynematte. ... 19
Tabelle 2: Aussenklimatischen Bedingungen ... 20
Tabelle 3: Innenklimatischen Bedingungen ... 20
Tabelle 4: Lärmschutz-Verordnung LSV, Belastungsgrenzwerte für Industrie- und Gewerbelärm ... 21
Tabelle 5: Verkehrsdaten für die Jahre 2030 bis 2040 (prognostizierte Werte). ... 22
Tabelle 6: Rahmendbedingungen ... 23
Tabelle 7: Umwelt der Anlage und deren Eigenschaften ... 26
Tabelle 8: LEMP-Zonenübergänge und SPD-Typen ... 31
Tabelle 9: Photovoltaik Betrachtung und Möglichkeiten ... 34
Tabelle 10: weitere im Projekt geprüfte Photovoltaik Standorte ... 35
Tabelle 11: Datenpunkte Messungen ... 38
Tabelle 12: Leistungsbilanztabelle (BE: Fahrtrichtung Bern, ZH: Fahrtrichtung Zürich) ... 40
Tabelle 13: Kabeleigenschaften ... 42
Tabelle 14: Datenpunkte NS-Verteilung ... 43
Tabelle 15: Datenpunkte USV-Anlage ... 46
Tabelle 16: Datenpunkte Leittechnik Tunnelbeleuchtung ... 47
Tabelle 17: Datenpunkte Durchfahrtsbeleuchtung ... 49
Tabelle 18: Datenpunkte Adaptationsbeleuchtung ... 50
Tabelle 19: Datenpunkte Brandnotbeleuchtung ... 51
Tabelle 20: Datenpunkte optische Leiteinrichtung ... 53
Tabelle 21: Datenpunkte Fluchtwegbeleuchtung ... 54
Tabelle 22: Datenpunkte Sicherheitseinrichtung ... 62
Tabelle 23: Antennentypen ... 83
Tabelle 24: Datenpunkte Funk- und Einsprechanlage ... 83
Tabelle 25: Datenpunkte an Beschallung von Leittechnik ... 85
Tabelle 26: Datenpunkte Beschallung an Leittechnik ... 85
Tabelle 27: Datenpunkte Sicherheitseinrichtung ... 88
Tabelle 28: Anfallenden Wärmelasten in der Hauptzentrale ... 99
Tabelle 29: Anfallenden Wärmelasten in den Notausgängen und Elektrostützpunkten ... 99
Tabelle 30: Volumenstrombedarf Raumlüftung HZ ... 100
Tabelle 31: Raumlüftung - Schallpegel ausserhalb des Gitters der Hauptzentrale ... 102
Tabelle 32: Leistungen der Kältemaschine, Hauptzentrale ... 103
Tabelle 33: Luftvolumenstrom im Treppenhaus der Hauptzentrale ... 103
Tabelle 34: Volumenstrombedarf Raumlüftung Notausgang NA1 ... 104
Tabelle 35: Volumenstrombedarf Raumlüftung Notausgang NA3 ... 105
Tabelle 36: Schallemission NA1 und NA3 ... 105
Tabelle 37: Leistungen der Kältemaschine, Notausgänge NA1 und NA3 ... 106
Tabelle 38: Volumenstrombedarf der ESP-Räume ... 106
Tabelle 39: Minimale Einfügungsdämmung vom schallgedämmten Wetterschutzgitter ... 110
Tabelle 40: Blechstärke von Luftkanäle ... 111
Tabelle 41: Pumpwerk, Ölabscheider, Rückhaltebecken ... 116
Tabelle 42: Zusammenfassung der Schränke Hauptzentrale ... 119
Tabelle 43: Zusammenfassung der Schränke NA1 ... 120
Tabelle 44: Zusammenfassung der Schränke NA3 ... 120
Tabelle 45: Zusammenfassung der Schränke ESP Wynematte ... 120
Tabelle 46: Zusammenfassung der Schränke ESP Helgefeld ... 121
Tabelle 47: Tests und Inbetriebsetzung der Anlagen ... 132

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Übersicht des Tagbautunnels Wynematte aus Beilage 2606. 14
Abbildung 3-1: Auszug aus der Norm SN 640 551-1 [16] zur Bestimmung der Tunnelklasse 18
Abbildung 3-2: Auszug aus der Norm SN 640 551-1 [16] zur Bestimmung vom k-Wert 19
Abbildung 3-3: Strassenverkehrslärm Nacht 21
Abbildung 3-4: Auflistung der Schadensquellen, Schadensursachen und Schadensarten für die Risikoanalyse nach SN EN 62305-2 [18] 29
Abbildung 3-5: Auflistung der Risken anhand der Schadensart und deren Ursache. [18] 29
Abbildung 3-6: Darstellung der LPZ in einem Tunnel [47]. 30
Abbildung 3-7: Projekt Lärmschutzwände bei Safenwil AG an der A1 [49] 33
Abbildung 3-8: Visualisierung eines Solardach über der Autobahn [50] 34
Abbildung 4-1: Prinzip Notstromversorgung 44
Abbildung 4-2: Prinzip Lastaufteilung Durchfahrtsbeleuchtung 48
Abbildung 4-3: Picktorgramm Notausgang, aus ASTRA Richtlinie 13010 58
Abbildung 4-4: Picktorgramm SOS-Signal, aus ASTRA Richtlinie 13010 60
Abbildung 4-5: Viersprachige Hinweistafel, aus ASTRA Richtlinie 13010 61
Abbildung 4-6: Brandsektoren aus Beilage 2604 63
Abbildung 4-7: Prinzip Divers Verkabelung mit RIO's im virtuellen Netzwerk der Divers Anlage [44] 75
Abbildung 4-8: Kommunikation Tunnel Wynematte, Konzept der Divers Anlage [44] 76
Abbildung 4-9: Prinzip Anbindung der Leittechnik am BKN-AG 77
Abbildung 4-10: Standort Mast 82
Abbildung 4-11: Montagehöhe Hausinstallationen 97
Abbildung 4-12: HLK-Prinzipschema Hauptzentrale, Beilage 2682-1 101
Abbildung 4-13: H,x-Diagramm, HLK-Anlage Hauptzentrale (HZ) 102
Abbildung 4-14: HLK-Schema Notausgänge NA1 und NA3 (Beilage 2682-2) 104
Abbildung 4-15: Simulation des Temperaturverlauf im ESP-Raum 106
Abbildung 4-16: Volumenstromregelung ESP-Raum 107
Abbildung 7-1: Investitionskosten Energieversorgung 138
Abbildung 7-2: Investitionskosten Beleuchtung 139
Abbildung 7-3: Investitionskosten Signalisation 140
Abbildung 7-4: Investitionskosten Überwachungsanlage 141
Abbildung 7-5: Investitionskosten Kommunikation & Leittechnik 142
Abbildung 7-6: Investitionskosten Kabelanlage 143
Abbildung 7-7: Investitionskosten Nebeneinrichtung Teil1 144
Abbildung 7-8: Investitionskosten Nebeneinrichtung Teil2 145
Abbildung 7-9: Investitionskosten Zusammenfassung 146
Abbildung 7-10: Betriebskosten Energieversorgung 146
Abbildung 7-11: Betriebskosten Beleuchtung 147
Abbildung 7-12: Betriebskosten Signalisation 147
Abbildung 7-13: Betriebskosten Überwachungsanlage 147
Abbildung 7-14: Betriebskosten Kommunikation & Leittechnik 148
Abbildung 7-15: Betriebskosten Kabelanlage 148
Abbildung 7-16: Betriebskosten Nebeneinrichtung 148
Abbildung 7-17: Betriebskosten Zusammenfassung 148
Abbildung 7-18: Wartungskosten Energieversorgung 149
Abbildung 7-19: Wartungskosten Beleuchtung 149
Abbildung 7-20: Wartungskosten Signalisation 149
Abbildung 7-21: Wartungskosten Überwachungsanlage 150
Abbildung 7-22: Wartungskosten Kommunikation & Leittechnik 150

Abbildung 7-23: Wartungskosten Kabelanlage 150
Abbildung 7-24: Wartungskosten Nebeneinrichtung 150
Abbildung 7-25: Wartungskosten Zusammenfassung 151

1. Zusammenfassung

Die Region um Suhr und insbesondere das Suhrer Dorfzentrum sind seit Jahren einem stetigen wachsendem Verkehrsaufkommen ausgesetzt. Dabei 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 ist. 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 VS die festgelegte Linienführung zum Vorprojekt (VP) weiterentwickelt. Dabei wurde das Projekt in 3 Teilprojekte aufgeteilt, was 2021 im Bauprojekt (BP) der Ostumfahrung Suhr resultierte.

Im vorliegenden technischen Beschrieb der BSA werden die geplanten Massnahmen für die Betriebs und Sicherheitsausrüstungen des Tagbautunnels Wynematte (Teilprojekt Los 2) in der Phase Bauprojekt beschrieben. Von Norden nach Süden umfasst das Teilprojekt:

- den Knoten Meierhof
- die Grundwasserwanne Wynematte (mit Stapelbecken und Pumpwerk)
- Elektrostützpunkt Wynematte
- den Tagbautunnel Wynematte
- 3 Notausgänge mit Fluchttreppenhäusern ins Freie und Zentrale oder Technikräume (NA1-Buhalde, NA2- Wynematte, NA3-Helgefeld)
- Elektrostützpunkt Helgefeld
- die Grundwasserwanne Helgefeld (mit Pumpwerk und SABA)
- den Knoten Südanbindung.

Der Tagbautunnel Wynematte besteht aus einer zweispurigen Röhre, welche im Gegenverkehr befahren wird. Seine Länge beträgt 844 m mit einem gleichmässigem Steigungs- und Gefälleanteilen von 0.37%.

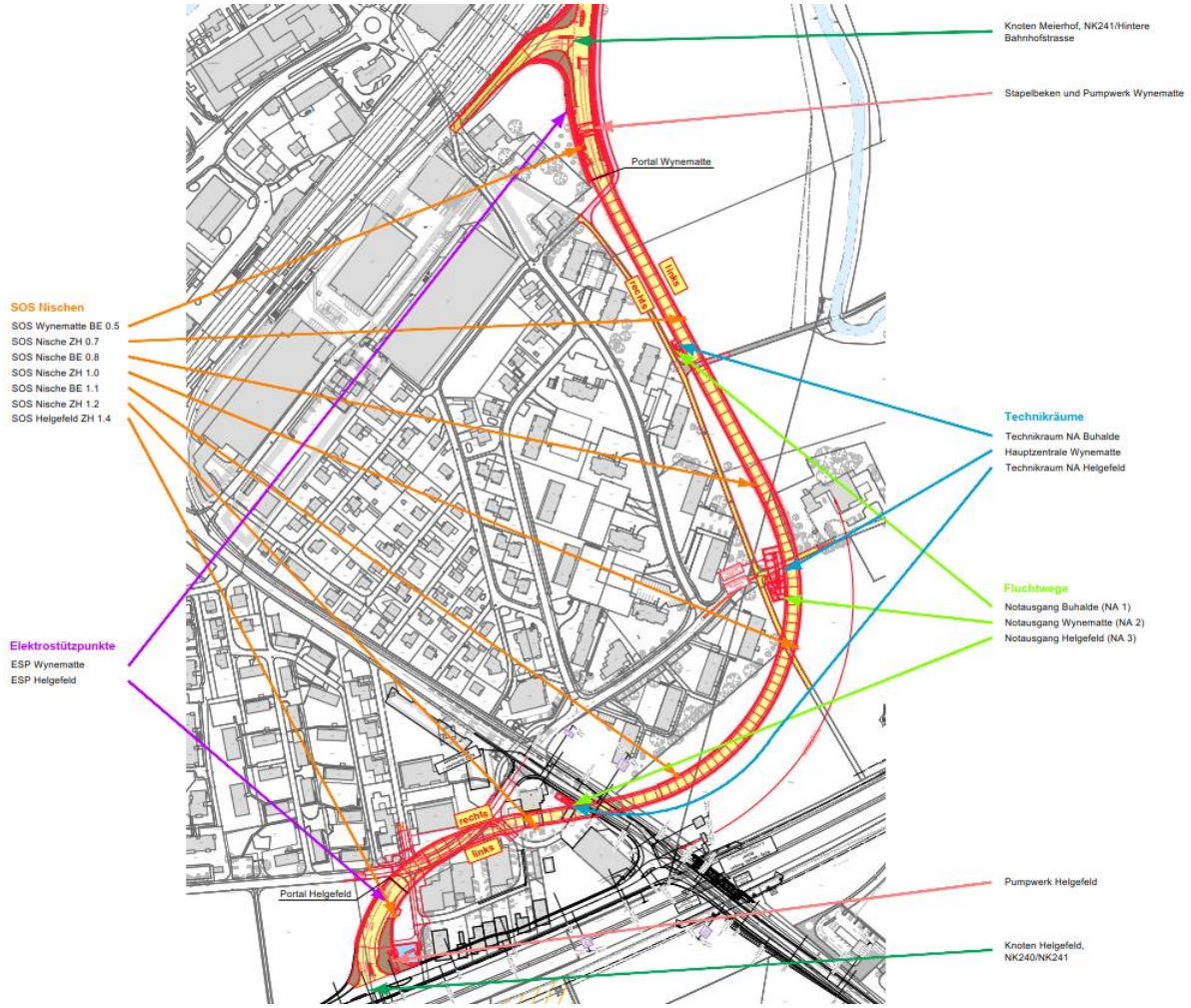


Abbildung 1-1: Übersicht des Tagbautunnels Wynematte aus Beilage **2606**.

Entlang des Tagbautunnels sind in Abständen von 200 m bis 300 m drei Notausgänge (NA1 bei km 747.78, NA2 bei km 976.02, NA3 bei km 1256.40) angeordnet, welche an die Oberfläche führen. 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.

2. Einleitung

Ziel des vorliegenden Berichtes ist die Darstellung der Massnahmen im Bereich der Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen zu beschreiben.

Der Bericht beinhaltet die Auslegung der elektromechanischen Installationen des Tagbautunnels Wynematte für den Normal- und Ereignisbetrieb, die technischen Spezifikationen der Aggregate sowie die Schnittstellen zum Bau und zu Dritten wie zum Beispiel zur Gemeinde und zum Stromversorger.

2.1 Ziele des Projekts

Sicherheitsziele

- Sicherer und unfallfreier Betrieb des Tunnels von Knoten Meierhof bis Knoten Südanbindung.
- Im Falle eines Ereignisses sichere und zuverlässige technische Abläufe im Tunnel von der Detektion über die Alarmierung der Einsatzkräfte bis hin zur Evakuierung der Tunnelnutzer.

Lebensdauer der Anlage

- Konzepte auf dem aktuellen Stand der Technik
- Einsatz von Komponenten auf dem aktuellen Stand der Technik
- Einsatz von robusten Komponenten und Schutzvorrichtungen
- Einsatz von Komponenten unter Berücksichtigung der geltenden Normen, Richtlinien, ATS und Merkblätter

Technische Ziele

- Wartungsarme Anlagen
- Möglichkeit zur Erweiterung

  (z.B. Ausreichen Kommunikationsnetzwerk, Regelmässige Kabelaufstiege im Tunnel)
- Energiesparende Komponenten

  (z.B. LED-Beleuchtung, dimmbarer Beleuchtung technisch optimierte Lüftungsanlagen)
- Einsatz von Ressourcen schonenden Konzepten

  (z.B. Teil der Divers Verkabelung via RIO um Kupfer und Platz in der Rohranlage zu sparen sowie technisch auf dem aktuellsten Stand zu sein.)
- Gute Zugänglichkeit

  (z.B. Komponenten so Einbauen (in technische Räumlichkeiten) damit bei Unterhaltsarbeiten oder Reparaturarbeiten der Tunnel möglichst selten und möglichst kurz gesperrt werden muss.)

2.2 Installationsbereiche

In der Beilage 2606 ist eine Übersicht über die betroffenen Objekte erstellt.
Die relevanten Installationsbereiche für die BSA sind folgende:

- Knoten Meierhof
- Tagbautunnel Wynematte
- Knoten Südanbindung
- Über diesen Bereich sind folgende Installationsplätze für die BSA von Bedeutung:

- Technikräume
- Fluchtwege/Notausgänge (3 Stk.)
- SOS-Nischen (5 Stk. im Tunnel und 2 Stk. an den Tunnelportale)
- Elektrostützpunkte Helgefeld und Wynematte mit Nebenraum für den Unterhaltsdienst.

2.3 Abgrenzungen, Schnittstellen

2.3.1 Energieversorgung

Die Energieversorgung des Tunnels erfolgt ab dem lokalen Versorgungsnetz (TBS Strom AG). Die Einspeisung erfolgt redundant im Ring über den Transformator TBS Meierhof und den Transformator TBS N1. Der Stromzähler in der Einspeisung (BF100) befindet sich in der Energieverteilung (Raum 01R09) der Tunnelzentrale.

Die Schnittstelle zwischen Kanton und dem lokalen Energieversorger ist die Einspeiseklemme im Schrank der Hauptverteilung Normalnetz – Einspeisung (BF100) im Raum 01R09 – Energieverteilung.

2.3.1 Beleuchtung

Die Beleuchtung der Überführung Bernstrasse Ost wird durch das Los1 beschrieben.

Die Beleuchtung der Portalvorzone und Knoten mit LSA werden im Bericht der öffentlichen Beleuchtung 0380 beschrieben.

2.3.2 Kommunikation und Leittechnik

Die Steuerungen der Anlagen werden an das Kantonale Netzwerk «ÜLS-AG» angebunden. Die Anbindung zwischen Anlagensteuerungen und Kantonales Netzwerk erfolgt über Ethernet und Glasverbindungen. Die genaue Lösung wird im Kapitel 4.6 beschrieben.

Die Schnittstelle zwischen Kantonales Netzwerk und Anlagen bildet der Access-Switch, welcher in der Hauptzentrale im Netzwerkschrank eingebaut ist.

Sämtliche Anlagen müssen gemäss dem Integrationsleitfaden in das ÜLS-AG eingebunden werden. Die Anlagen müssen vorgängig angemeldet werden. Danach werden Datenpunktlisten erstellt, die Schnittstelle vorgängig getestet und erst dann effektiv integriert.

2.3.3 Bau

Die Schnittstellen mit dem Bau sind wie folgt:

- Kabelrohrblock und Schächte im Tunnel sowie auf offener Strecke
- Technische Räume (Zentralen, ESP’s, Fluchtwege)
- Aussparungen in den technischen Räumen
- Aussparungen in der Tunnelwölbung
- SOS-Nischen
- Pumpwerke, Stapelbecken und SABA
- Fundamente (SOS-Alarmkasten an den Tunnelportalen, Kandelaber, Signale, Verteilkabinen und Mastfundament)

- Stahlkonstruktion für die Signalisation auf offener Strecke
- Türen aussen und innen

3. Grundlagen

3.1 Planungsgrundlagen

3.1.1 L20-Simulation

Auf Stufe Bauprojekt wurde an der Projektsitzung 22-05 vom 07.07.2022, entschieden in dieser Phase auf eine L20 Messung zu verzichten da die Umgebung sich nach der Projektierung verändert wird. Die Messung wird auf Stufe der Ausführung vorgenommen.

Auf Stufe Bauprojekt wird der L20-Wert mittels Simulation/Berechnung ermittelt. Die Berechnungen sind in folgenden Unterkapitel zu finden.

3.1.2 Berechnungsgrundlagen Beleuchtung

Leuchtdichte Portal Helgefeld:

L_{20}=5738.2 cd/m^2

Leuchtdichte Portal Wynematte:

L_{20}=8127.9 cd/m^2

Tunnelklasse

Die Tunnelklasse wird mittels der Norm [16] bestimmt, das Resultat ist wie folgt.

Bestimmung der Tunnelklasse anhand von Wertungspunkten
Détermination de la classe de tunnel à l'aide de points d'évaluation

Verkehrsstärke[1] / *Débit de circulation*[1]			Wertungspunkte / *Points d'évaluation*
Einrichtungsverkehr 3 Fahrstreifen[2] / *Trafic unidirectionnel 3 voies de circulation*[2]	Einrichtungsverkehr 2 Fahrstreifen / *Trafic unidirectionnel 2 voies de circulation*	Gegenverkehr / *Trafic bidirectionnel*	
[Fz · h^{-1}] / [*vhc · h^{-1}*]			
> 4700	> 2800	> 1800	(3)
2400...4700	1200...2800	800...1800	2
< 2400	< 1200	< 800	1
Gemischter Verkehr / *Trafic mixte*			1
Nur Motorfahrzeuge / *Véhicules automobiles uniquement*			(0)
Leuchtdichte der Wände / *Luminance des parois* L_{fsp}	< 80%		1
	> 80%		(0)
Länge / *Longueur* > 2,5 km	Nur für Innenstrecke[3] / *Zone centrale uniquement*[3]		1
Länge / *Longueur* ≤ 2,5 km			(0)

Abbildung 3-1: Auszug aus der Norm SN 640 551-1 [16] zur Bestimmung der Tunnelklasse

Das Total der Wertungspunkte das gleichzeitigt der Tunnelklasse entspricht ist gleich 3.

k-Wert

Der k-Wert wird benötigt, um die Leuchtdichte der Einfahrtsstrecke zu ermitteln, dieser Wert ergibt sich aus folgender Tabelle (Abbildung 3-2), abhängig der Geschwindigkeit und der Tunnelklasse.

Erforderliche k-Werte (in ‰) zur Erzielung der Leuchtdichte der Einfahrtstrecke L_{fe}
Valeurs k requises (en ‰) définissant le niveau de la luminance de la zone d'entrée L_{fe}

Klasse *Classe*	Symmetrische Beleuchtung *Eclairage symétrique* ($q_c < 0{,}35$)				Asymmetrische Beleuchtung *Eclairage asymétrique* ($0{,}35 \le q_c < 0{,}50$)	Gegenstrahlbeleuchtung *Eclairage à contre-flux* ($q_c \ge 0{,}50$)			
	V_{max} [km · h^{-1}]					V_{max} [km · h^{-1}]			
	60	80	100	120		60	80	100	120
	k [‰]				Siehe Anmerkung *Voir remarque*	k [‰]			
5	35	45	60	70		20	27	35	40
4	30	40	50	60		16	22	30	35
3	25	30	40	50		13	18	25	30
2	15	20	30	40		10	15	20	25
1	13	16	20	30		10	12	15	20

Abbildung 3-2: Auszug aus der Norm SN 640 551-1 [16] zur Bestimmung vom k-Wert

Leuchtdichte der Einfahrtsstrecke

Leuchtdichte Einfahrtsstrecke Portal Helgefeld:

L_{fe}= L_{20} x k-Wert= 5738.2 cd/m^2 x 0.025 = 143.5 cd/m^2

Leuchtdichte Einfahrtsstrecke Portal Wynematte:

L_{fe}= L_{20} x k-Wert= 8127.9 cd/m^2 x 0.025 = 203.2.92 cd/m^2

Leuchtdichte der Innenstrecke

Die Leuchtdichte im Innenbereich des Tunnels ist anhand der Norm [16], Kapitel 11.2.4, wie folgt bestimmt.

- Gegenverkehr, 60 km/h
- Innenstrecke Tag, Leuchtdichte L_{fi}: 1.3 cd/m^2
- Innenstrecke Nacht, Leuchtdichte L_{fi}: 1.0 cd/m^2
- Innenstrecke Ereignis, Leuchtdichte L_{fi}: 3.0 cd/m^2

Geometrie des Tunnels

Die Geometrie des Tunnel Wynematte ist in folgender Tabelle 1 zusammengefasst.

Tunnel Wynematte	**Richtung Wynematte nach Helgenfeld**
Gesamtlänge (Portal-Portal)	844 m
Mittlere Höhe über Meer	391 m.ü.M.
Portalhöhe Wynematte	389 m.ü.M.
Portalhöhe Helgenfeld	392 m.ü.M.
Mittlere Längsneigung	0.49%
Massgebende Längsneigung (über 800 m)	0.50%
Tunnelprofil	Gewölbe (575.3 m) / Rechteck (268.7 m)
Rechteckprofil Portal Wynematte	25.4 m
Rechteckprofil Portal Helgefeld	243.3 m

Tabelle 1: Geometrische Daten des Tunnels Wynematte.

3.1.2.1 Klimatische Bedingungen

Massgebend für die Auslegung der Kühlung und Lüftung der Zentrale sind die äusseren klimatischen Bedingungen. Die Berechnung der erforderlichen Kühlleistung und Luftvolumenstrom wurde mit den folgenden Werte durchgeführt:

	Aussentemperatur für Wärmeleitung [°C]	Relative Feuchte [%]	Dichte [kg/m³]
Luft Winter	-15	30	1.15
Luft Sommer	30	69	1.10
Erde Winter	8	-	-
Erde Sommer	12	-	-

Tabelle 2: Aussenklimatischen Bedingungen

Die internen klimatischen Anforderungen werden nach der ASTRA-Richtlinie [1] definiert. Diese lauten wie folgt:

Raum	Raumtemperatur	Relative Feuchte [%]
NS - und Steuerungsräume	min. 12°C / max. 32°C	25% / 85%
USV - Raum	min. 12°C / max. 32°C	25% / 85%
Lager-, Büro-, Aufenthaltsräume	min. 12°C / max. 32°C	25% / 85%
Batterieraum	min. 15°C – Ideal 20°C – max. 25°C	25% / 85%

Tabelle 3: Innenklimatischen Bedingungen

Die minimalen Auslegungswerte der Temperatur und relative Feuchte gelten für die Dimensionierung der Heizung und die maximalen Auslegungswerte gelten für die Dimensionierung der Kühlung. Für den Batterieraum wurde der Auslegungswert auf 20 °C für Winter und Sommer festgelegt.

3.1.2.2 Lufthygienische Bedingungen

Um eine gute Luftqualität in jedem Raum zu gewährleisten, ist einen minimalen Luftwechsel definiert. Als Referenzwert wurde ein flächenspezifischen Luftvolumenstrom von 2 m³/(h•m²) für Serverräume genommen (laut SIA 2024 [24]). Für einen 3 Meter hohen Raum kann dieser flächenspezifische Luftvolumenstrom in einen Volumenspezifischen Luftwechsel umgerechnet werden, dies entspricht 0.67 R/h. Mit ein Sicherheitsfaktor von 1.5 ergibt das einen minimalen Luftvolumenwechsel von 1 R/h für alle Räume. Für das WC ist hingegen ein minimaler Luftvolumenstrom von 8 m³/(h•m²) definiert (laut [24]), was einen Luftvolumenwechsel von 3 R/h entspricht.

3.1.3 Druckverhältnisse

Durch den Tunnelverkehr im Fahrraum sind die Notausgänge und die Technikräume inkonstanten Druckverhältnissen ausgesetzt. Eine Aufgabe der Raumlüftung und der Überdrucklüftung ist es die technischen Räume und Notausgänge mit einem höheren Druck zu betreiben als der Fahrraum um Verunreinigungen ausserhalb der technischen Räume und des Notausgangs zu halten. Die Druckdifferenz zwischen Technikräume und Fluchtweg sowie Notausgang und Fahrraum/Umgebung soll unter 100 Pa liegen, so dass die Türen einwandfrei geöffnet werden können. Der Batterieraum und das WC müssen gegenüber den übrigen Räumen in Unterdruck liegen.

3.1.4 Schallschutz

Bei den Lüftungsanlagen ist die Lärmemission unvermeidbar und deswegen ist eine Schalldämmung zwingend notwendig. Die Ermittlung und Beurteilungspegel (Lr) in dB(A) des Aussenlärms richtet sich

nach der Lärmschutz-Verordnung LSV für eine Empfindlichkeitsstufe II in der Nacht. Die Empfindlichkeitsstufe II wird für alle Notausgang Gebäude als Planungswert verwendet.:

Empfindlichkeitsstufe (ES) (Art. 43)	**Planungswert** Lr in dB(A)		**Immissionsgrenzwert** Lr in dB(A)		**Alarmwert** Lr in dB(A)	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I - Erholung	50	40	55	45	65	60
II - Wohnen	55	45	60	50	70	65
III - Wohnen/Gewerbe	60	50	65	55	70	65
IV - Industrie	65	55	70	60	75	70

Tabelle 4: Lärmschutz-Verordnung LSV, Belastungsgrenzwerte für Industrie- und Gewerbelärm

Als Grundlage wurde im weiterem der Strassenverkehrslärm während der Nacht (siehe Abbildung 3-3) analysiert. In der Umgebung von der Notausgang 1 (NA1) liegt der Schallpegel am niedrigsten bei ca. 45 dB(A). Anhand dieser Angabe wurde der maximale Schalpegel 10 m um das Gebäude auf 45 dB(A) festgelegt.

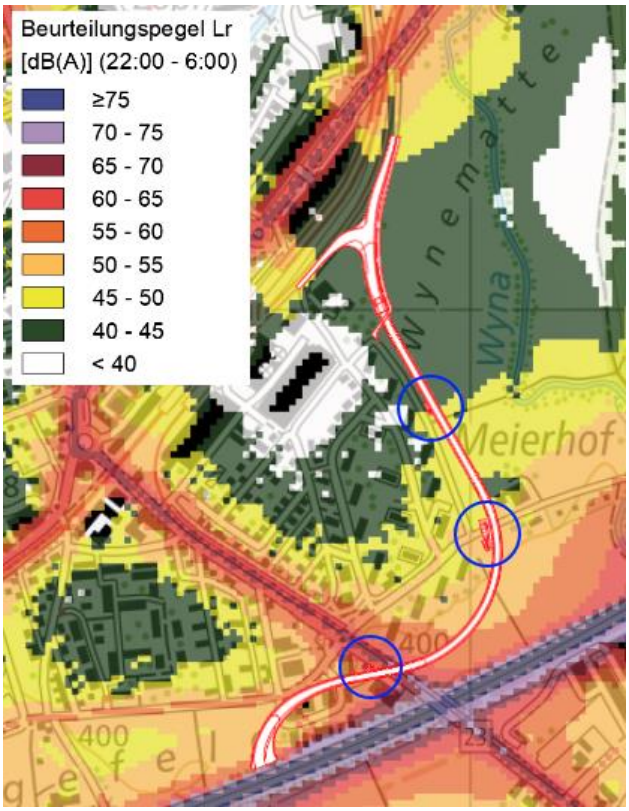


Abbildung 3-3: Strassenverkehrslärm Nacht

3.1.5 Verkehrsprognosen 2040

Der Tunnel Wynematte wird mit Gegenverkehr und eine Fahrspur pro Fahrrichtung betrieben. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit ist für alle Fahrzeugkategorien, Lastwagen (LW) und Personenwagen (PW), auf 60 km/h festgelegt. Die Verkehrsprognose für das Jahr 2040 [47] nennt für die Tunnelstrecke einen durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) von 14‘830 Fz/Tag und einen Lastwagenanteil am DTV von 6% [44].

Für die Dimensionierung gemäss ASTRA RL 13001 [1] werden die Verkehrsdaten im Jahr der geplanten Eröffnung und 10 Jahre danach (Summe beider Fahrrichtungen) benötigt. Die Verkehrsprognose geht mit einer Eröffnung des Tunnels 2030 aus. Die mittlere Verkehrszunahme bis 2040 wird mit einer Zuwachsrate von 1.5% pro Jahr gerechnet. Der Lastwagenanteil wird als gleichbleibend angenommen.

Der massgebliche stündliche Verkehr (MSV) wird mit 14% vom DTV berechnet (Regionalverkehr). Die für die Lüftungsauslegung massgebenden maximalen Verkehrsdichten werden auf die Personenwageneinheit (PWE) bezogen. Hinsichtlich des Längenbedarfs zählt 1 PW als 1 PWE, und 1 LW als 2 PWE. Die daraus berechneten Verkehrszahlen für das Eröffnungsjahr und 10 Jahre danach sind in Tabelle 5 dargestellt.

Jahr	DTV	LW-Anteil	MSV (alle Fz)	PWE/h/Fahrstreifen
2030	12’778 Fz/Tag	6%	1'789 Fz/h	948 PWE/h/Fahrstreifen
2035	13’766 Fz/Tag	6%	1'927 Fz/h	1021 PWE/h/Fahrstreifen
2040	14’830 Fz/Tag	6%	2'076 Fz/h	1'100 PWE/h/Fahrstreifen

Tabelle 5: Verkehrsdaten für die Jahre 2030 bis 2040 (prognostizierte Werte).

Bei Stillstand der Fahrzeuge ist pro Fahrstreifen mit einer Verkehrsdichte von 150 PWE/km zu rechnen. Die Verkehrskapazität in Tunneln mit Gegenverkehr und flüssigem Verkehr ist auf 1’800 PWE pro Stunde und Fahrstreifen zu erwarten. Gemäss den Verkehrszahlen kann der Tunnel Wynematte als nicht staugefährdet betrachtet werden. Ausserdem ist die spezielle Verkehrsführung mit Kreuzung und Ampeln an beiden Tunnelenden durch das VLS geregelt, welche die Stauwahrscheinlichkeit weiter reduziert.

Die Annahmen für das mittlere LW-Gewicht und den Dieselanteil bei den PW lauten:

- LW-Gewicht: 18 t (Regionalverkehr)
- Dieselanteil der PW: 27%[1] (Jahr 2040)

3.2 Rahmenbedingungen und Annahmen des Planers

3.2.1 Rahmenbedingungen

Folgende Rahmenbedingungen wurden definiert:

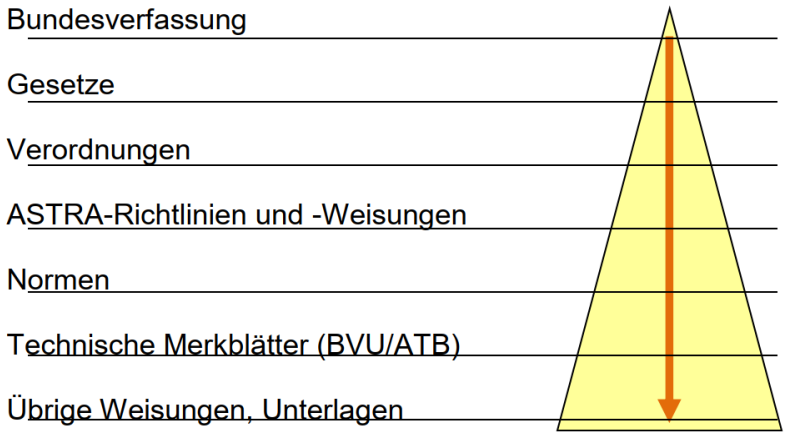
[1] Wert aus [1] gilt als konservativ zu betrachten. Aufgrund technologischen Fortschritten und den EU-Zielen kann dieser Wert stark variieren.

Thema	Bedingung
Geschwindigkeit	60 km/h
Versorgungsroute	Die NK241 wird als Versorgungsroute vom Typ II klassiert. • Licht Breite: 5.00 m • Licht Höhe: 4.80 m
Gefährliche Güter	Im Tunnel dürfen gefährliche Güter transportiert werden.
Fussgänger und Radfahrer	Verbot für Fussgänger und Radfahrer im Tunnel Wynematte
Mofafahrer /Landwirtschaftlicher Verkehr	Der Tunnel ist für Mofafahrer sowie für den landwirtschaftlichen Verkehr gesperrt.
Öffentlicher Verkehr	Auf der NK241 ist derzeit kein öffentlicher Verkehr vorgesehen.
Normalprofil	• Fahrspurbreiten: 2 x 4.00 m • Bankettbreite Fahrrichtung Zürich: 1.65 m • Bankettbreite Fahrrichtung Bern: 1.61 m • Quergefälle: 3 %, in den Kurven 5 % • Längsgefälle Fahrraum: 0.37 % • Längsgefälle Portal Wynematte: 0.37 % • Längsgefälle Fahrraum: 5.0 %
Beleuchtung	Die Vorzone und die Knoten bei den Portalen Helgefeld sowie Wynematte werden beleuchtet.

Tabelle 6: Rahmendbedingungen

3.3 Normen / Richtlinien

Die Normen respektive der Richtlinie müssen folgende Rangordnung einhalten.



3.3.1 Gesetzte, Verordnungen

SR 734.1	Verordnung über elektrische Schwachstromanlagen
SR 734.2	Verordnung über elektrische Starkstromanlagen
SR 734.31	Verordnung über elektrische Leitungen
SR 734.5	Verordnung über die elektrische Verträglichkeit
SR 741.21	Signalisationsverordnung SSV
SVG	Strassenverkehrsgesetz

3.3.2 ASTRA-Richtlinien

[1] ASTRA. Lüftung der Strassentunnel – Systemwahl, Dimensionierung und Ausstattung. Richtlinie 13001, V3.00, Ausgabe 2021.
[2] Richtlinie Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln, ASTRA 13002, V1.06, Ausgabe 2008.
[3] Richtlinie Branddetektion in Strassentunneln, ASTRA 13004, V2.10, Ausgabe 2007.
[4] Richtlinie Videoanlagen, ASTRA 13005, V1.01, Ausgabe 2012.
[5] Richtlinie Funksysteme im Strassentunnel, ASTRA 13006, V5.02, Ausgabe 2018
[6] Richtlinie Signalisation der Sicherheitseinrichtungen im Strassentunnel, ASTRA 13010, V2.08, Ausgabe 2011
[7] Richtlinie Türen und Tore in Strassentunneln. ASTRA 13011, V1.06, Ausgabe 2009.¨
[8] Richtlinie Beleuchtungsanlagen. ASTRA 13015, V1.12, Ausgabe 2017.
[9] ASTRA, Fachhandbuch BSA, Technisches Merkblatt Werkstoffwahl und Korrosionsschutz, 23001-12120, V2.30, Ausgabe 2021.
[10] ASTRA, Fachhandbuch BSA, Technisches Merkblatt Zonen-Klimatische Bedingungen, 23001-12210, V2.30, Ausgabe 2021.
[11] ASTRA, Fachhandbuch BSA, Technisches Merkblatt Funktionen der Lüftungssteuerung, 23001-11315, V2.00, Ausgabe 2015.
[12] ASTRA, Fachhandbuch BSA, Technisches Merkblatt, Sensorik, 23001-11320, V2.00, Ausgabe 2015.
[13] ASTRA, Fachhandbuch BSA, Technisches Merkblatt Längslüftung, 23001-11330, V1.30, Ausgabe 2022.

3.3.3 Normen und Vorschriften

[14] NIBT2020, Niederspannungs- Installationsnorm.
[15] SIA 197/2 Projektierung Tunnel – Strassentunnel.
[16] VSS 640 551-1 öffentliche Beleuchtung in Strassentunneln, Galerien und Unterführungen, Teil 1: Lichttechnische Anforderungen, Begriffe und Gütemerkmale
[17] DIN EN 62305-1, Blitzschutz – Teil 1 Allgemeine Grundsätze (2013)
[18] DIN EN 62305-2, Blitzschutz – Teil 2 Risiko-Management (2013)
[19] DIN EN 62305-3, Blitzschutz – Teil 3 Schutz von baulichen Anlagen und Personen (2012)
[20] DIN EN 62305-4, Blitzschutz – Teil 4 Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen (2011)
[21] EN 62262, Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel (Ausrüstung) gegen äussere mechanische Beanspruchungen (IK-Code) (2002)
[22] DIN EN 60529, Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (2014)

[23] SN EN ISO 12944 - Teil 2, Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
[24] SIA 2024, Raumnutzungsdaten für Energie- und Gebäudetechnik
[25] SN EN 62485-2, Sicherheitsanforderungen an Sekundär-Batterien und Batterieanlagen - Teil 2: Stationäre Batterien
[26] SIA 2028, Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik
[27] SIA 382, Lüftung von Gebäuden - Prüf und Messverfahren für die Übergabe raumlufttechnischer Anlagen
[28] SWKI VA 104-01, Hygiene Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte
[29] DIN 1946, Raumlufttechnik
[30] DIN EN 779, Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Bestimmung der Filterleistung
[31] SWKI VA101-01, Klassifizierung, Testmethoden und Anwendung von Luftfiltern
[32] SNR 464022 Blitzschutzsysteme, Schweizer Regel, 2.Auflage, 2015-06
[33] SNR 464113 Fundamenterder, Schweizer Regel, 1.Auflage, 2015-10

3.3.4 Übrige Weisungen, Unterlagen

[34] ATS Kanton Aargau, ATS-G04 405.604_Dokumentation, Ausgabe 2020.
[35] ATS Kanton Aargau, ATS-G05 405_605_Kennzeichnung, Ausgabe 2020.
[36] ATS Kanton Aargau, VTV-Kamerainstallationen
[37] VTV AG, Ausbau AID Lösung div. Tunnel, erstellt von Siemens, 20.01.2020
[38] VTV AG, Übersicht VMS AG, erstellt von Siemens, 09.02.2021
[39] VTV AG, VMS_Connector_SW_Dok, erstellt von Remtec AG, 15.12.2016
[40] ATS Kanton Aargau, 405_405 Verkehrsleitsystem, Ausgabe 2022
[41] UELSAG03E30EC020_V03_Integrationsleitfaden, erstellt von ABB, 26.11.2014
[42] Faktenblatt doppelte Einspeisung, Version 1.0 vom 07.08.2023

Die Unterlagen von Seiten Kanton Aargau sind auf dem Integralen Management-System (IMS) abgelegt. Und unter dem folgenden Link zu finden: https://www.ag.ch/de/verwaltung/bvu/mobilitaet-verkehr/strasseninfrastruktur/integrales-management-system-ims

3.4 Allgemeine Bemerkungen und Konzepte

3.4.1 Anforderungen vom Betrieb an die Anlagen

Die Anlagen sollen unterhaltsfreundlich aufgebaut und wartungsarm sein. Dies hat einen Einfluss auf die Positionierung sowie auf die Wahl der Komponenten. Die Projektverfasser haben speziell darauf geachtet, dass so viele Komponenten wie möglich in den technischen Räumlichkeiten (NA1, NA2 und NA3) untergebracht werden damit so wenig wie nötig im Tunnel untergebracht ist.
Ziel ist es bei den Unterhaltarbeiten so kurz und wenig wie möglich den Tunnel zu sperren.

3.4.2 Umwelt der Anlage und deren Eigenschaften

Thema	Beschreibung
Temperatur	Es ist mit Temperaturen von ca. -20°C bis +40°C zu rechnen. Innerhalb dieser Werte kann es auch zu grossen Temperaturschwankungen kommen. Fazit: ev. Heizung-, Lüftung, Klimagerät einsetzen
Feuchtigkeit	Die Feuchtigkeit vor Ort setzt sich zusammen aus der relativen Luftfeuchtigkeit, der gespeicherten Feuchtigkeit im Boden, dem Niederschlag und der stehenden Feuchtigkeit nach einem Niederschlag. Fazit: IP-Schutz anwenden und für Feuchtigkeitskontrolle Klimagerät einsetzten.
Hagel / Schnee	Die Anlagen sind teilweise dem Hagel sowie der Schneelast ausgesetzt. Je nach Position könnten auch die Schneeräumungsfahrzeuge den Schnee gegen die BSA-Anlagen drücken bzw. schleudern. Fazit: Anlagen mechanisch schützen
Wind	Wetterbedingte Windgeschwindigkeit und der Fahrtwind vorbeifahrender Verkehrsteilnehmer wirken auf die BSA-Anlagen ein. Die Wetterbedingte Windrichtung und Windgeschwindigkeit kann variieren. Fazit: Materialkonstruktion und Aufstellungsort entsprechend wählen
Höhe	Portal Wynematte: 389 m.ü.M. Portal Helgenfeld: 392 m.ü.M. Fazit: Die Höhe und die Höhenunterschiede der Portale haben keinen bedeutenden Einfluss
Korrosion	Die Anlagen entlang der Strecke sind den Wettereinflüssen (Sonne, Regen, Schnee, Kälte, Hitze, etc.), sowie dem Schadstoff-Ausstoss des Verkehrs und dem Einsatz von Taumittel (Streusalz) ausgesetzt. Fazit: Komponenten entsprechend schützen und korrosionsbeständiges Material wählen und Erdungen erstellen.
Schadstoffe	Die Schadstoffemissionen der Fahrzeuge bestehen hauptsächlich aus Wasserdampf und Kohlendioxid (CO2). Daneben werden weitere Schadstoffe (teils oxidierend und giftig), wie Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NOx) oder Ozon (O3), indirekt gebildet. Fazit: Komponenten entsprechend schützen und korrosionsbeständiges Material wählen
Verkehrsteilnehmer	Durch ungewollte (Unfall) oder mutwillige Beschädigungen (Vandalismus) kann der Verkehr stark beeinträchtigt werden. Fazit: Bei der Positionierung und Gestaltung der BSA-Komponenten ist auch den äusseren Einfluss der Verkehrsteilnehmer Beachtung zu schenken.

Tabelle 7: Umwelt der Anlage und deren Eigenschaften

3.4.3 Nutzungsdauer der Anlagen-Teile

Die Komponenten und Apparate sind so auszulegen das diese in ihrem idealen Auslegungspunkt arbeiten, so dass eine frühzeitige Alterung verhindert werden kann. In der Regel sollen die Komponenten mindestens für die Nutzungsdauer der SIA 197-2 [15] Anhang A.3 ausgelegt werden.

3.4.4 Brandschutz

Es wird ein Brandschutzkonzept (in Beilage 2608) definiert, welches während des ganzen Projekts eingehalten wird. Die Richtlinien der VKF werden alle eingehalten, dies wurde in einem Faktenblatt [46] beschrieben. Alle technischen Räume bilden einen eigenen Brandabschnitt. Der Pfad des Fluchtweges, in den Notausgängen ist jeweils ein Brandabschnitt. Der Tunnel bildet ebenfalls ein eigener Brandabschnitt mit 6 Brandsektoren.
Jeder Brandabschnitt hat mindestens 1 Rauchmelder. Räumlichkeiten mit mehr als einer Tür werden mittels hinterleuchteten Fluchtwegtafeln (Exit) ausgeschildert, diese Schilder werden auch dort eingesetzt, wo der Fluchtweg eine Richtungsänderung vornimmt. Im Tunnel sind an der Tunnel Wand auf der Seite der Notausgänge, alle 25 Meter, hinterleuchtete Fluchtwegschilder mit den Fluchtweg-Distanzen zu den Notausgängen angebracht. Die Beleuchtung in den Brandabschnitten wird vom Notnetz gespiesen. Die Notausgänge haben eine Schleuse mit Überdruckbelüftung, um das Eindringen von Rauch aus dem Tunnel in den Notausgang zu verhindern. Die Raumanschlüsse für die Belüftung der technischen Räume, sind mit Brandschutzklappen ausgestattet.

3.4.5 Schutzmassmassnahmen gegen Blitz und Überspannung

Der innere Blitzschutz dient dem gefahrlosen Abbau transienter Überspannungen. Dazu wird ein Potentialausgleich geschaffen, der die Überspannungen zur Erde ableitet. Die Ableitung kann beim Potentialausgleich permanent aufgebaut sein, oder temporär über Überspannungsableiter. Der Einbau von solchen Blitzstrom- und Überspannungsableiter (SPD), wird im vorliegenden Projekt empfohlen. Die Auslegung der Blitzstrom- und Überspannungsableiter basiert auf dem genormten Blitzschutz-Zonenkonzept, wonach die durch Blitzschlag (LEMP, Lightning Electromagnetic Pulses) entstehenden starken elektromagnetischen Felder und deren Wirkungen durch definierte Blitzschutzzonen (LPZ) stufenweise abgebaut werden. Sobald SPDs hintereinander geschalten werden, erfordert die Harmonisierung der Ableitung eine rundum abgestimmte Abschaltcharakteristik, welche die Überströme bis zum jeweiligen Bemes-sungsschaltvermögen innerhalb einer vorgegebenen Zeit abfängt. Ein wirksamer Blitz- und Überspannungsschutz ist gemäss folgenden Normen und Richtlinien zu erstellen:
EN 62305 (Blitzschutznorm)
EN 62305-1 Blitzbedrohung [Allgemeine Grundsätze]
EN 62305-2 Blitzrisiko [Ermitteln des Gefährdungspegels - LPL]
EN 62305-3 Blitzschutzsysteme [Bestimmen der baulichen Massnahmen - LPS]
EN 62305-4 Elektrische und elektronische Systeme [Bestimmen der elektrischen und elektronischen Schutzsysteme – SPM]
Für die Bestimmung der baulichen Massnahmen (LPS) sind in der Schweiz die Leitsätze des SEV 4022 Blitzschutzsysteme umzusetzen.
Die elektronischen Schutzsysteme (Überspannungsschutzgeräte-SPD) müssen die IEC-Norm 61643-1 erfüllen.
SNR 464022 Blitzschutzsysteme, Schweizer Regel, 2.Auflage, 2015-06

Ein abgestimmter und koordinierter Überspannungsschutz wird erreicht, wenn die erforderliche Ausrüstung einheitlich ausgelegt werden. Es werden die folgenden Schutzarten für das Schutzkonzept mit Überspannungsableiter verwendet:

→ Grobschutz Blitzstromableiter Typ 1
→ Mittelschutz Überspannungsableiter Typ 2
→ Geräteschutz Überspannungsableiter Typ 3

Es wird eine Blitzschutzanlage mit Fangeinrichtung bei den Notausgangsgebäuden aufgrund der installierten Photovoltaikanlage benötigt.
Bei den ESP's kann jedoch darauf verzichtet werden, da die Gebäude nur wenige Meter oder gar nicht aus dem Erdreich ragen und es gibt keine Elektromechanische Anlagen auf den Dächern. Metallene Bauelemente werden jeweils über einen am Gebäude aussenliegenden Leiter mit dem Erdreich verbunden.
Zwingend muss für jedes Gebäude eine stabile Fundamenterdung mit einem Ringerder aufgrund der abgedichteten Gebäude aufgebaut werden.
Es wird ein Blitz- und Überspannungsschutzkonzept erstellt, welches bei der Auslegung von Aggregaten, VK, ESP und Technikräumen eingehalten werden muss. So kann das Risiko für einen Schaden durch einen LEMP an der Anlage verhindert werden.
In der Beilage 2674 ist das Konzept vom Überspannungsschutz dargestellt.

Risikoanalyse

Die Risikoanalyse wird gemäss [18] aufgelistet.
Das Schadensrisiko wird wie folgt berechnet:

Schadensrisiko $$R = N * P * L$$

N: Häufigkeit von gefährlichen Ereignissen
(Wie oft kommt es zu Blitzeinschlägen in der zu betrachtenden Fläche?)
P: Schadenswahrscheinlichkeit
Mit welcher Wahrscheinlichkeit richtet ein Blitzeinschlag einen bestimmten Schaden an?
L: Verlust/Schadensfaktoren
Welche Auswirkungen hat ein ganz bestimmter Schaden (Schadenshöhe, Ausmass, Konsequenzen)

R1: Risiko des Verlustes von Menschenleben
(einschliesslich dauerhafter Verletzungen)
R2: Risiko des Verlustes von Dienstleistungen für die Öffentlichkeit
R3: Risiko des Verlustes von unersetzlichem Kulturgut
R4: Risiko des Verlustes von wirtschaftlichen Werten

Aufgrund der obigen Formel des Schadensrisiko und den daraus resultierenden Risiken, können die Risiken R1 und R2 eintreten. Grafisch dargestellt, werden die Risiken, deren Schadensquellen/Ursachen und Schadensart in Abbildung 3-4 und Abbildung 3-5.

Schadensquelle	Schadensursachen	Schadensarten
S1 Blitzeinschlag in die bauliche Anlage	**D1** **D2** **D3**	L1,L4 L1,L2,L3,L4 L1,L2,L4
S2 Blitzeinschlag neben die bauliche Anlage	**D3**	L1,L2,L4
S3 Blitzeinschlag in die Versorgungsleitung	**D1** **D2** **D3**	L1,L4 L1,L2,L3,L4 L1,L2,L4
S4 Blitzeinschlag neben den Versorgungsleitungen	**D3**	L1,L2,L4

Schadensursachen «Damage»
D1 Elektrischer Schock von Lebewesen
D2 Feuer, Explosion, mech. und chem. Wirkung
D3 Störungen von elektrischen/-elektronischen Systemen durch Überspannungen

Schadensarten «Loss»
L1 Verletzung/Tod von Personen
L2 Ausfall von Dienstleistungen
L3 Verlust von Kulturgütern
L4 Wirtschaftliche Verluste

Abbildung 3-4: Auflistung der Schadensquellen, Schadensursachen und Schadensarten für die Risikoanalyse nach SN EN 62305-2 [18]

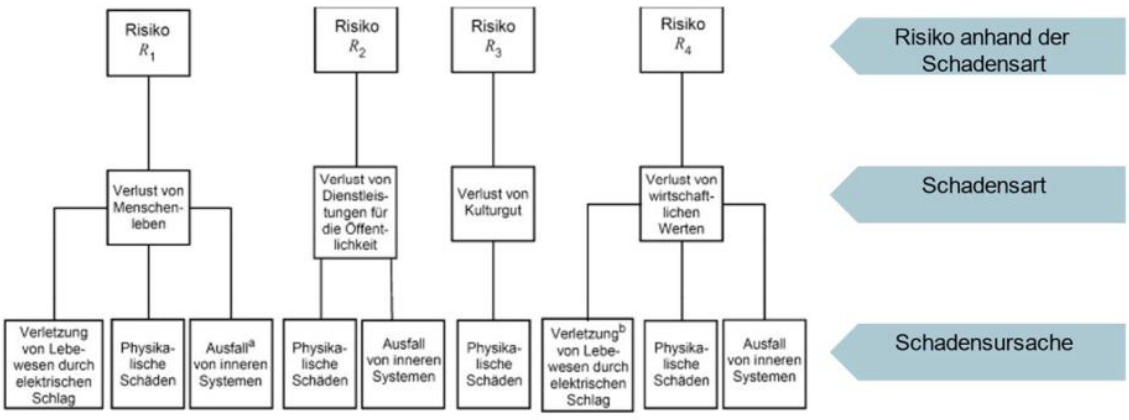


Abbildung 3-5: Auflistung der Risken anhand der Schadensart und deren Ursache. [18]

Die NIN 2020 (kap. 4.4.3.4 in NIN) gibt vor, dass bei öffentlichen Einrichtungen ein Schutz gegen transiente Überspannungen vorgesehen werden muss. Es erhöht die Versorgungssicherheit und mindert das Risiko von Ausfällen der Anlagen und Datenverlusten.

Blitz Schutz Zonen (LPZ)

Die verschiedenen LPZ an einem Beispiel in Abbildung 3-6 zu sehen, werden in äussere und innere Zonen unterteilt.

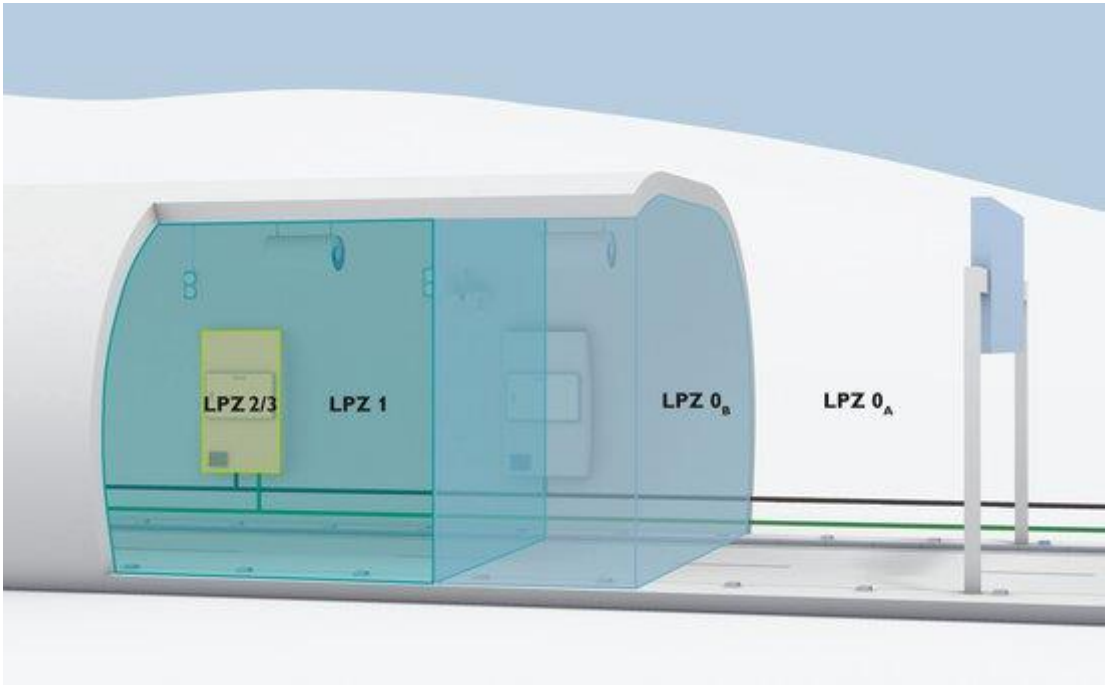


Abbildung 3-6: Darstellung der LPZ in einem Tunnel [48].

Äußere Zonen:

- LPZ 0A = Zone, die durch direkte Blitzeinschläge und das volle elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet ist. Die inneren Systeme können dem vollen Blitzstrom ausgesetzt sein.
- LPZ 0B = Zone, die gegen direkte Blitzeinschläge geschützt, aber durch das volle elektromagnetische Feld des Blitzes gefährdet ist. Die inneren Systeme können anteiligen Blitzströmen ausgesetzt sein.

Innere Zonen:

- LPZ 1 = Zone, in der Stoßströme durch Stromaufteilung und durch isolierende Schnittstellen und/oder durch Überspannungsableiter an den Zonengrenzen begrenzt werden. Das elektromagnetische Feld des Blitzes kann durch räumliche Schirmung gedämpft sein.
- LPZ 2, 3, ... n = Zone, in der Stoßströme durch Stromaufteilung und durch isolierende Schnittstellen und/oder durch zusätzliche Überspannungsableiter an den Zonengrenzen weiter begrenzt werden können. Das elektromagnetische Feld des Blitzes kann durch zusätzliche, räumliche Schirmung weiter gedämpft sein.

Umsetzung der Zonen im Projekt

Im Tunnel Wynematte wird der Tunneleinfahrtsbereich ab Portalmauer mit LPZ 1 und der Tunnelportal-Vorzonen Bereich als LPZ 0B definiert dies aufgrund der hohen Stützmauer, welche die Tunnel innenhöhe übersteigen und somit vor direkten Blitzeinschlägen schützen. Dies wird mittels dem Blitzkugelverfahren nach [19] ausgelegt. Somit verschieben sich die LPZ-Zonen gemäss dem Beispiel aus

Abbildung 3-6 nach aussen und im Tunnel Fahrraum ist bereits ab Portal LPZ 1. Im Fahrraum ohne Portalbereich wird die LPZ 2 analog der Zentrale angewendet.

Alle Kabel, die von einer Zone in eine andere führen, oder durch eine andere Zone verlaufen, müssen, geschirmt (mit Schirmdrähten) ausgeführt werden. Dies sind die Kabel von Aggregaten im Portalbereich und die Kabel, welche aus dem Tunnel in die offene Strecke zu Aggregaten führen. Die Kabel der offenen Strecke werden aus den jeweiligen ESP's oder VK's führen.

Einspeisungen und Abgänge, die aus einem anderen Gebäude kommen oder durch einen Rohrblock in eine andere Zone geleitet werden, müssen mit einem Kombi Ableiter beim Zonenübergang (Tunnelportal Überspannungsschutzschrank, welcher die Kabel abgreift), versehen werden. Zusätzlich wird bei den Ein und Ausgängen von Schränken ein Überspannungsschutz installiert. Rangierverteiler für Potentialfreie Verbindungen sind ebenfalls mit Überspannungsableiter versehen.

Für Kameras, Signale und Sensorik sowohl ausserhalb des Tunnels wie auch im Tunnel Einfahrtsbereich wird beim Eintritt in den Schrank ein Kombi-Ableiter benötigt. Dies dient dem Schutz der Zentrale und anderer Anlagen. Der Verlust der Kamera, des Signals oder der Sensorik wird als Risiko akzeptiert. Für Aggregate, welche im Tunnel installiert sind und die Kabelverbindung in einen Technikraum oder SOS-Alarmkasten führt wird kein Überspannungsableiter beim Eintritt in den Schrank benötigt. Der Tunnel und die Zentralen des Tunnels werden als selbes Gebäude betrachtet. Installationen im Tunnelportalbereich innerhalb des Tunnels gelten als Zone 0 und müssen via Überspannungsschutzschrank in den Tunnel Rohrblock eingeführt werden.

Überspannungsableiter SPD
Die SPD's werden unterteilt in Blitzstromableiter (T1) und Kombi-Ableiter (T1/T2), Leistungsfähige Überspannungsableiter (T2) und zusätzliche Überspannungsableiter(T3).
Es können die SPD-Typen in Tabelle 8 für die definiert Zonenübergänge verwendet werden.

Tabelle 8: LEMP-Zonenübergänge und SPD-Typen

Zonenübergang	**SPD-Typ** (Impulskategorie C1/C2 nach IEC 61643-21 Tabelle 3)	**Bezeichnung**
LPZ 0A → LPZ 1	Typ 1	Blitzstromableiter
LPZ 0A → LPZ 1	Typ1/Typ2	Kombi-Ableiter
LPZ 0A → LPZ 2	Typ1/Typ2	Kombi-Ableiter
LPZ 0B → LPZ 1	Typ 2	Überspannungsableiter
LPZ 1 → LPZ 2	Typ 2	Überspannungsableiter
LPZ 2 → LPZ 3	Typ 3	Geräteschutz

Anbindung ins ÜLS
Alle Überspannungsableiter werden überwacht und als potentialfreien Kontakt via Divers pro Standort (Raum, SOS-Schrank, VK) gesammelt ins ÜLS eingebunden.

3.4.6 Nachhaltigkeit und alternative Energiequellen

Im vorliegenden Bericht sind folgende Themen bezüglich Nachhaltigkeit eingeflossen:

- Reduktion von Kabel aus Kupfer mit Kunststoff Isolationen. Glasfaser Verbindungen werden als Datenpunkt Austausch zwischen Örtlichkeiten verwendet.
- Die Frequenzumrichter der Strahlventilation können die Luftströmung im Tunnel mit dem geringst nötigem Energieaufwand Regeln und sind zusätzlich so ausgestattet, dass die Bremsenergie als elektrische Energie ins Netz zurückgespiesen wird.

- Verschiedene Temperaturprofile der HLK für den Winter und den Sommer.
- Die Temperatur Regelung in den Technikräumen erfolgt mittels Freecooling Konzept.
- Energieverbrauchsmonitoring, der elektrische Verbrauch der Anlagen muss gemessen und visualisiert werden.
- Bei der Beleuchtung sind Nachtabsenkungs-Massnahmen umgesetzt und auf die tiefere Geschwindigkeit von 60 km/h ausgelegt, was somit gemäss Norm eine tiefere Beleuchtung im Tunnelfahrraum ermöglicht.
- Die Leuchtdichte im Tunnel wird mit Portal Kameras auf die Umgebungshelligkeit geregelt.
- Die LED-Beleuchtung könnte zusätzlich mit einer dynamischen Reklassifizierung der Durchfahrtsbeleuchtung anhand der Norm [16] über die Messung der Verkehrsstärke optimiert werden.
- Die Testbetriebe der Anlagen werden auf ein Minimum reduziert und wenn Testbetriebe nötig sind, dann werden diese mit dem geringst-nötigen Energiebedarf/Energieverbrauch betrieben.
- Minimale Anzahl Reserve Material auf dem Objekt lagern.

Nachhaltigkeitsworkshop

Die folgenden Themen welche die BSA betreffen, wurden am Nachhaltigkeitsworkshop vom 03.05.2022 besprochen:

- Minimierung des Energieverbrauchs
- Erneuerbare Energien
- Emissionen – Beeinträchtigung des Klimas

Die Minimierung des Energieverbrauch ist im BSA-Projekt eingeflossen und es wird darauf geachtet, die möglichst energieeffizienteste Anlage oder das energieeffizienteste System zu planen.

Alternative Energiequellen

Folgende alternative Energiequellen werden hier vertieft geprüft:

- Solarenergie
- Windenergie
- Erdwärme

<u>Photovoltaik</u>

Die Photovoltaik ist die modularste und für den Tunnel Wynematte die am effektivste alternative Energiequelle.

Der Energiebedarf des Tunnel Wynematte liegt im Normalbetrieb bei 20% (100 kW) der installierten Leistung aus Tabelle 12. Der Gesamt Verbrauch pro Jahr für diese 20% liegen bei 883.5MWh. Mit den in Tabelle 9 aufgelisteten Leistungserträgen der Photovoltaik, könnte der Tunnel Wynematte im Normalbetrieb mit rund 1/4 durch erneuerbare Energie betrieben werden.

Der Grösste Konflikt der Photovoltaik mit dem Projekt, ergibt sich aus der Begrünung der Gebäude und der Schallschutzwände. Die Bewilligungsfähigkeit und die Ortsbildverträglichkeit wurde noch nicht geprüft.

Es wird vorgeschlagen die Dächer der Notausgangs Gebäude und die Portaldächer und Stützmauern mit Photovoltaik auszurüsten. Ein Beispiel einer Stützmauer mit Lärmschutzwand ist in Abbildung 3-7 zu sehen



Abbildung 3-7: Projekt Lärmschutzwände bei Safenwil AG an der A1 [50]

Zusätzlich wird ein Konzept vorgeschlagen, welches eine Solaranlage über der Fahrbahn vorsieht. Analog den geplanten Projekten von Swiss Energypier [49] oder der bereits umgesetzten Solaranlage über der A81 bei Hegau in Deutschland [52]. Als Dimensions-Vergleich, die Überdachung der A81 in Deutschland auf 10m produziert eine Leistung von 40MWh/J. BASt - Fachthemen – Verkehrstechnik - Photovoltaik-Straßenüberdachung



Abbildung 3-8: Visualisierung eines Solardach über der Autobahn [51]

Die Ausrichtung der PV-Module wird in Ost-West Richtung sein, mit Ausnahme des Portal Wynematte mit Südausrichtung. Die Auslegung und die Abschätzungen der Erträge, Neigungswinkel und Ausrichtungen der Photovoltaik Anlage wurden gemäss dem Europäischen Photovoltaic Geographical Information System [53] geprüft.

Die technischen Angaben der möglichen PV-Module sind:

Leistung: 400 Wp

Länge: 1.75 m

Breite: 1.00 m

Die Aufschlüsselung, wo welche PV-Möglichkeiten bestehen, ist in Tabelle 9 beschrieben. Folgende Farbcodierung wurde definiert:

Grün,	wird als ideal und umsetzbar betrachtet.
Gelb,	aufgrund Konflikte oder geringer Fläche, schwierig und aufwendig umsetzbar.
Orange,	aufgrund vieler Konflikte und zusätzlichen Aufwendungen, nicht umsetzbar.
Rot,	aufgrund von Beschlüssen kein möglicher Standort für Photovoltaik.

Tabelle 9: Photovoltaik Betrachtung und Möglichkeiten

Objekt	**Fläche für Solar**	**Nutzbare Fläche in m²**	**Installierte Leistung kWp**	**Leistungsertrag**	**Konflikte mit… und Entscheide**
Zusammengefasstes Potential Tunnel Wynematte	Dächer Stützmauern Spezialbau über Fahrbahn	-	283 kWp	255 MWh/J	Begrünung und Bepflanzung

Stützmauer Wynematte	Wand Vertikal mit 30° und Kombination der Schallschutzmauer Analog an der A1 bei Safenwil	Länge 160m beidseitig je 80m à 1-2 Reihen	48 kWp	40.8 MWh/Jahr 850 Wh/kWp	Begrünung, Schallschutz, Platzbedarf, Ausrichtung der PV-Module Abstand der Stützmauer zur Fahrbahn. Somit mehr Platzbedarf für das Lichtraumprofil
Portal Dach Wynematte	Dachfläche Portal	≈100m^2	11.5 kWp	11.5 MWh/Jahr 1000 kWh/kWp	Begrünung Lage der Dachfläche nach unten versetzt.
NA 1 Buhalde	Dachfläche Südwand	≈ 33m^2	5 kWp	4.5 MWh/Jahr 900 kWh/kWp	Begrünung, geplanter Baum wird einen Schatten werfen
NA 2 Zentrale	Dachfläche Südwand	≈ 87 m^2	16 kWp	14.4 MWh/Jahr 900 kWh/kWp	Begrünung
NA 3 Helgefeld	Dachfläche	≈ 38m2	6 kWp	5.4 MWh/Jahr 900 kWh/kWp	Begrünung Kleine Erträge
Portal Dach Helgefeld	Dachfläche Portal	≈ 75m2	9 kWp	8.1 MWh/Jahr 900 kWh/kWp	Begrünung Kleine Erträge
Stützmauer Helgefeld Nord West	Wand Vertikal mit 30° und Kombination der Schallschutzmauer Analog an der A1 bei Safenwil	Länge 120m 2-3 Reihen Solarpanels	60 kWp	57.0 MWh/Jahr 950 kWh/kWp	Begrünung, Schallschutz Abstand der Stützmauer zur Fahrbahn.
Solar Überdachung NK240 entlang A1 zwischen Büsel und Hürdli	Spezialaufbau über der Fahrbahn	100m Länge, 7m Breite, 600m2 Fläche	128 kWp	115.2 MWh/Jahr 900 kWh/kWp	Ideal da grosse Fläche und kein Konflikt mit Grünfläche und Sonneneinstrahlung Beliebig skalierbar

Die folgenden weiteren Objekte und Positionen zu sehen in Tabelle 10 wurden im Laufe des Projekts als Photovoltaikanlagen Standort überprüft.

Tabelle 10: weitere im Projekt geprüfte Photovoltaik Standorte

Objekt	Fläche für Solar	Beschlüsse und Entscheide
Hürdli, Rad und Gehwegbrücke	Brückenbrüstung	Die Velobrücke steht in der Nähe eines heiklen Waldbereichs und wegen des Landschaftsbilds sind dort keine PV-Anlagen vorgesehen.
Überführung Bernstrasse Ost	Brückenbrüstung	Mit Blick auf das Landschaftsbild ist auch an der Brücke über die SBB keine PV vorgesehen.

Die Investitionskosten pro installierte kWp betragen auf Gebäuden und Stützmauern abgeschätzt ca. 3’000CHF. Für die Installation über der NK240 wären die Kosten bei rund 5’000CHF pro kWp. Dies ergibt eine abgeschätzte Gesamtsumme von 460’000CHF für die Gebäude und Portale sowie 640’000CHF für die 100m lange Solaranlage über der NK240 inklusive dem Gerüst Aufbau.

Von den Investitionskosten sind die vom Bund erhaltenen Förderungen abzuziehen, die nach der heutigen Vergütung [55] bei einem einmaligen Betrag von 270 CHF/kWp liegen. (283kWp * 270 CHF/kWp = 76’410 CHF)

Der Strompreis bei Bezug liegt bei 0.2CHF/kWh was pro Jahr (TBS, Grosskunden, 2023) die Stromkosten für den Betrieb des Tunnels um 51'000 CHF reduzieren würde. Bei der Annahme, dass die in Tabelle 9 beschriebenen installierten Leistungen umgesetzt werden. Der Strompreis ist eine wesentliche Einflussgrösse auf die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage. Ebenfalls wurde der Gerüstaufbau über der NK240 eingerechnet.

Die Investitionskosten sind mit einem Strompreis von 0.2 CHF/kWh nach Rund 20 Jahren (255'000 kWh * 0.2 CHF/kWh = 51'000 CHF) amortisiert. Wird der Strompreis in Zukunft auf 0.3 CHF/kWh steigen, wären die Investitionskosten bereits nach weniger als 14 Jahren amortisiert.

Aus Tabelle 9 ist ersichtlich, dass nicht jeder mögliche Ort gut umsetzbar ist. Deshalb wird im Folgenden nur über die grün markierten Standorte Bilanz gezogen. Die gesamte installierte Leistung für diese Standorte wäre 144 kWp mit einem jährlichen Leistungsertrag von 129.6 MWh/Jahr. Die Kosten für diese Massnahmen würden abgeschätzt 688'000 CHF betragen. Bei Abgezogener Vergütung zur Förderung der Photovoltaik, liegen die Investitionskosten bei 649'120 CHF (688'000 CHF – (144 kWp * 270 CHF/kWp)).

Zusätzlich würde eine Überdachung eines Strassenabschnitt Lärm reduzieren und die darunterliegende Strasse vor Umwelteinflüssen schonen.

Windenergie

Die Windgeschwindigkeiten im Projektperimeter sind für den Betrieb einer Windkraftanlage eher tiefe Wind-Geschwindigkeiten [54] und deshalb nicht geeignet für eine Windkraftanlage.

Erdwärme

Erdwärme kann nur im Bereich HLK zum Regulieren der Raumtemperaturen eingesetzt werden. Es wird im Bereich HLK bereits hauptsächlich mit Freecooling gekühlt und nur an heissen Tagen eine Kälteanlage (im Prinzip eine Wärmepumpe) eingesetzt. Im Winter wird die Abwärme der technischen Anlagen zum Heizen der Technikräume benutzt.
Erdwärmesonden könnten nur an wenigen Tagen im Sommer zum kühlen benötigt werden da die HLK ein ausgeklügeltes Freecooling System benutzt, um die Temperaturen in den Technikräumen zu regulieren. An den wenigen Tagen, an welchen die Erdwärmesonden zum kühlen benutzt würde, stehen die Kosten in keinem Verhältnis zum Nutzen. Zusätzlich müsste für Erdwärme die Grundwasser-Situation im Bereich Tunnel Wynematte geprüft werden.

Umsetzung von alternativen Energiequellen im Projekt

Es werden im Projekt die Photovoltaikmodule auf den Dächern der Notausgänge umgesetzt und installiert. Dies entspricht einer installierten Leistung von rund 27kWp und einer Leistung von abgeschätzten 24.3MWh/Jahr.

4. Technische Lösung

4.1 Energieversorgung

4.1.1 Leittechnik Energieversorgungsanlage

Amtliche Messung

Die amtliche Messung wird in der in der Einspeisung des Tunnel vom Elektrizitätswerk im Schrank BF100 durchgeführt, siehe auch [42]. Dies gilt für die Messung der BSA-Einrichtungen sowie die Messung der Provideranlagen.

Der Schrank befindet sich im Raum 01R09 im Untergeschoss der Hauptzentrale, der Schrank BF100 und demzufolge der Raum 01R09 müssen für den lokalen Stromverteiler zugänglich sein.

Betriebsmessung

Die Betriebsmessung dient dem Kanton rein als Statistik, die Messung wird auf Niveau der Niederspannungsverteilung durchgeführt. Die Messgeräte müssen folgende Daten erfassen:

- Wirk-, Blind- und Scheinleistung
- Leistungsfaktor
- Strom
- Spannung
- Wirk- und Blindenergie

Diese Art der Messung wird für folgende Analgen durchgeführt.

- Gesamtenergiemessung, Normalnetz
- Gesamtenergiemessung, Notnetz
- Energiemessung Tunnelbeleuchtung, Normalnetz
- Energiemessung Tunnelbeleuchtung, Notnetz
- Energiemessung Tunnellüftung, Normalnetz
- Energiemessung Lüftung Zentrale (NA2), Normalnetz

Die Messgeräte werden direkt im Schrank der Anlage eingebaut und via UKV-Verkabelung / RS485 an das BKN angeschlossen.

Die Messungen, die an das Leitsystem weitergegeben werden, sind folgende:

Meldung	Zustand
Wirkleistung	Wert
Blindleistung	Wert
Wirkenergie	Wert
Blindenergie	Wert
Leistungsfaktor	Wert
Spannung Phase 1	Wert
Spannung Phase 2	Wert
Spannung Phase 3	Wert
Strom I1	Wert
Strom I2	Wert
Strom I3	Wert

Tabelle 11: Datenpunkte Messungen

Überwachung

Alle Schaltelemente werden mit potentialfreie Signal- und Hilfskontakte ausgeschattet.

Die Zustände der Elemente werden in den Schränken in der Hauptzentrale an die Divers Anlage via Datenkabel übertragen. In den Nebenräumen (NA1, NA3 und ESP's) sowie in der SOS-Nischen werden die Signale via RIO resp. LWL-Kabel an die Divers Anlage übermittelt.

Die Leittechnik der Energieversorgung ermöglicht keine Bedienung der Schaltelemente von Fern, die Installation dient rein der Überwachung.

Das Schema der Leittechnik der Energie ist in der Beilage 2611 zu finden.

4.1.2 Mittelspannung (1kV bis 20kV)

Der Tunnel Wynematte wird mit Niederspannung versorgt, in der Hauptzentrale befindet sich dem zufolge keine Mittelspannungsanlage. In diesem Kapitel wird die Einspeisung, die durch den lokalen Stromverteiler erfolgt beschreiben.

Der Tunnel Wynematte wird durch eine Redundante Einspeisung mit Strom versorgt, die Einspeisung erfolgt einerseits ab dem Transformator Meierhof, die zweite Einspeisung erfolgt ab den Transformator N1. Die beiden Leitungen münden in der Steigzone der Hauptzentrale und werden bis dort in getrennte Rohranalgen geführt damit eine physische Redundanz sichergestellt wird.

Der Teil der Mittelspannungsanalage obliegt der Verantwortung vom lokalen Elektrizitätswerk, eine Koordination um die Definition der Vorsicherung ist anhand der Leistungsbilanz des Tunnels Wynematte notwendig.

4.1.3 Niederspannung

Die Niederspannung beinhaltet die Normalstrom und die Notnetzversorgung. Die Hauptverteilung befindet sich in der Zentrale Wynematte (NA2). Von der Zentrale aus erfolgt die Einspeisung für die Nebenräume (Technikraum Buhalde im NA1, Technikraum Helgefeld im NA3, ESP Wynematte, ESP Helgefeld) sowie die SOS-Nischen im Tunnel und die Alarmkasten an den Portalen des Tunnels.

Im Schema der Niederspannung, Beilage 2612, ist das oben beschriebene Prinzip graphisch dargestellt. Die Abzweigung von der Stammleitung zu den SOS-Alarmkasten und den Technikräume erfolgt mittels Muffen, die in den Kabelzugschächte unmittelbar davor eingebaut werden.

In den folgenden Unterkapitel wird die Verteilung der einzelnen Standorte beschrieben.

Zentrale Wynematte – NA2

Im Untergeschoss der Zentrale Wynematte, im Raum 01R09, befinden sich folgende Energieschränke:

- BF100: Hauptverteilung Normalnetz – Einspeisung
- BF001: Hauptverteilung Normalnetz – Tunnellüftung
- BF002: Hauptverteilung Normalnetz – USV, ESP's, Fluchtwege, Alarmkasten
- BF003: Hauptverteilung Normalnetz – Tunnelbeleuchtung, Raumlüftung Zentrale
- BFC001: Unterverteilung Normalnetz – Strecke/Tunnel (Reserve Abgänge)
- BFD001: Unterverteilung Normalnetz – Zentrale
- BR001: Hauptverteilung Notnetz – USV, ESP's, Fluchtwege, Alarmkasten
- BRC001: Unterverteilung Notnetz – Strecke/Tunnel
- BRD001: Unterverteilung Notnetz – Zentrale

Wie man aus der Auflistung sehen kann, ist das Ziel die Verteilung ortgerecht zu trennen, um eine saubere und eindeutige Schrankzugehörigkeit zu definieren.

Diese Schränke sind energietechnisch ein wichtiger Bestandteil des Projektes, da ab diese die Verteilung über das Tunnel Wynematte und die dazugehörigen Nebenräume erfolgt.

Die Singleline-Pläne dieser Schränke sind in der Beilage 2613 bis 2616 abgelegt.

Technikraum Buhalde – NA1

Im Fluchtweg Buhalde befindet sich auf Fahrbahnhöhe der Technikraum, wo sich u.a. die Unterverteilung vom Fluchtweg befindet. Diese Verteilung ist im Schrank BFD002 / BRD002 (Kombischrank Normal und Notnetz) enthalten. Ab diesem Schrank werden die Systemanlagen im Technikraum gespiesen sowie die Aggregate, die sich im Fluchtweg befinden, wie z.B. die Flutwegbeleuchtung.

Das Singleline-Schema ist in der Beilage 2617-1 abgelegt.

Technikraum Helgefeld – NA3

Wie für den Notausgang Buhalde befindet sich auch im Fluchtweg Helgefeld der Technikraum wo sich im Schrank BFD003 / BRD003 (Kombischrank Normal und Notnetz) die Niederspannungsverteilung für diesen Fluchtweg befindet.

Ab dem Notausgang NA3 werden auch die Komponenten, welche sich beim Standort des Knoten Büsel und des Funkmastes befinden, mit Energie versorgt. Für mehr Details siehe Kapitel 4.6.3.

Das Prinzip der Verteilung ist in der Beilage 2617-2 dargestellt.

ESP Wynematte

Die Verteilung im ESP Wynematte beinhaltet die Einspeisung für die technische Installationen im ESP, sowie die Abgänge für die Einspeisung der Anlageschränke, die sich in diesem Standort befinden sowie die Abgänge für die Einspeisung des Nebenraumes.

Die Verteilung der Niederspannung ist in der Beilage 2618-1 ersichtlich.

ESP Helgefeld

Das Singleline-Schema der Niederspannungsverteilung ist als Anhang 2618-2 beigelegt.

Aus diesem Plan ist zu sehen das der Schrank BFD201 / BRD201 die Energieverteilung des Normal- sowie des Notnetzes für diese Räumlichkeit beinhaltet.

SOS-Nischen

Im Abteil, unten links vom SOS-Alarmkasten befindet sich die Energieverteilung. Diese Verteilung versorgt den Alarmkasten und die internen Komponenten mit Strom. Zusätzlich dient der SOS-Alarmkasten als Energieverteilung für die Bezüger in der Nische (Steckdosenkasten in der Nische, Beleuchtung der Nische, Signal der SOS-Nische).

Die Anbindung der SOS-Nischen erfolgt via Normal- und Notnetz, siehe Beilage 2612.

Verbrauch

Die Auslegung der Niederspannungsversorgung ergibt sich aus der abgeschätzten Leistungsbilanztabelle, die unten zu finden ist.

Technische Räume/Nischen	Leistung in kVA, NS-Verteilung	Leistung in kVA, NST-Verteilung
Wynematte – NA2	223.16	29.08
Buhalde – NA1	30.61	3.35
Helgefeld – NA3	37.97	2.82
ESP Wynematte	26.18	4.83
ESP Helgefeld	39.19	4.91
SOS BE 0.5 – Tunnel Portal	12.77	0.84
SOS ZH 0.7	12.77	1.56
SOS BE 0.8	12.77	0.89
SOS ZH 1.0	12.77	0.91
SOS BE 1.1	12.77	0.89
SOS ZH 1.2	12.77	1.57
SOS ZH 1.4 – Tunnel Portal	12.77	0.88
Total [kVA]	**446.53**	**52.54**

Total Tunnel Wynematte [kVA]	499.06

Tabelle 12: Leistungsbilanztabelle (BE: Fahrtrichtung Bern, ZH: Fahrtrichtung Zürich)

Die obere Tabelle fasst die Leistungen der einzelnen Standorte zusammen, das Detail der einzelnen Anlagen und Standorte ist im folgenden Kapitel zu finden. Für jeden einzelnen Standort wurde eine Reserveleistung von 20% für künftige Erweiterungen vorgesehen.

Technische Eigenschaften

Leistungsschutzschalter

Die Technologie der Leistungsschutzschalters soll dem heutigen Markt entsprechen und sollen von einem zuverlässigen Hersteller sein.

Die gewählten Leistungsschutzschalter sollen über die gesamte Niederspannungsverteilung vom selben Fabrikant sein.

Die Selektivität muss über die ganze Verteilung gewährleistet sein.

Kabel

In folgender Tabelle sind die Eigenschaften der Kabel aufgelistet, diese müssen zwingend eingehalten werden.

Start	Ziel	Nagetierschutz	Kabelkassen (Bau PV SR 933.01)
Zentrale	Zentrale (via Tunnel)	ja	Normalnetz Cca s1, d1, a1 Notnetz B2ca s1a, d1,a1 E60
Zentrale	Zentrale (intern)	nein	Normalnetz Cca Notnetz FE180 – E60
Zentrale	Tunnel (oberhalb der Fahrbahn)	nein	Normalnetz Cca s1,d1,a1 Notnetz B2ca s1a, d1,a1 E60
Zentrale	Tunnel (unterhalb der Fahrbahn)	ja	Normalnetz Cca s1,d1,a1 Notnetz B2ca s1a, d1,a1 E60
Zentrale	Fluchtweg	nein	Normalnetz B2ca E60 Notnetz FE180 E60
Fluchtweg	Fluchtweg	nein	Normalnetz B2ca E60 Notnetz FE180 E60
Tunnel	Tunnel (oberhalb der Fahrbahn)	nein	Normalnetz Cca s1,d1,a1 Notnetz B2ca s1a, d1,a1 E60
Tunnel	Tunnel (unterhalb der Fahrbahn)	ja	Normalnetz Cca s1,d1,a1 Notnetz B2ca s1a, d1,a1 E60
Tunnel	offene Strecke	ja	Normalnetz Cca s1,d1,a1 Notnetz B2cas1a, d1,a1 E60, UV beständig
Zentrale	offene Strecke	ja	Normalnetz Cca s1,d1,a1,UV beständig Notnetz B2cas1a, d1,a1 E60, UV beständig
offene Strecke	offene Strecke	ja	Normalnetz Fca UV beständig Notnetz B2cas1a, d1,a1 E60, UV beständig

Tabelle 13: Kabeleigenschaften

Eine detaillierte Kabelliste wird in der nächsten Projektfase erstellt.

Muffe

Die Eigenschaften der Muffen sind wie folgt:

- Abzweigmuffe inkl. Vergussstoff
- Durchgang: 25-95 mm^2
- Abzweigung: 16-50 mm^2
- Verlegung in Kabelzugschacht (Tunnel sowie offene Strecke)
- Schutzart: IP68

Abzweigdosen

Die Abzweigdosen unterteilen sich in Dosen für die Verteilung vom Normalnetz und das Notnetz, sowie Verlegung im Tunnel, offene Strecke oder Technik Gebäude. Die Anforderungen sind folgende:

- Material: Polymere
- Dimensionen: nach bedarf
- Mechanischer Schutz: IP66
- Dimensionen Kabeldurchführungen: je nach Situation
- Befestigungsmaterial Dose Tunnel: Klasse V nach SIA 179
- Befestigungsmaterial Dose offene Strecke: Klasse IV nach SIA 179
- Befestigungsmaterial Dose Technikraum: Klasse II nach SIA 179

Dosen für die Notnetzverkabelung müssen die Eigenschafft E30 haben und Orange gefärbt sein.

Meldungen an Leittechnik

Die NS-Verteilung wird über die Divers Anlage ans BKN angebunden, folgende Datenpunkte müssen an das ÜLS übermittelt werden.

Meldung	Zustand
Lasttrennschalter	Ein <-> Aus
Leistungsschutzschalter > 63A (Schalterstellung)	Ein <-> Aus
Leistungsschutzschalter > 63A (Auslösung)	Ein <-> Ausgelöst
Leistungsschutzschalter ≤ 63A	Ein <-> Ausgelöst
Überspannungsschutz	Ein <-> Ausgelöst

Tabelle 14: Datenpunkte NS-Verteilung

Das Prinzip der Anbindung ist im Schema der Leittechnik der Energie ersichtlich, siehe Kapitel 4.1.1.

4.1.4 Kleinspannung (<50V)

Generell wird keine Kleinspeisungsversorgung erstellt. Falls eine Anlage Kleinspeisung braucht, erzeugt sich die Anlage diese selbst, wie zum Beispiel die Videoanlage die durch PoE die Kameras einspeist.

4.1.5 Notstrom

Die Notstromversorgung stellt den sicherheitsrelevanten Anlagen eine Stromversorgung zur Verfügung, die Versorgung ist unterbruchsfrei. Diese Versorgung tritt erst in Kraft, falls das Normalnetz ausfällt. Im Normalbetrieb sind die Verbraucher des Notnetzes über die USV-Anlage gespiesen. Die USV-Anlage bezieht Normalnetz, welches via Gleichrichter und anschliessendem Wechselrichter auf die Notstromverteilung gelangt.

Das Prinzip ist in folgender Abbildung dargestellt.

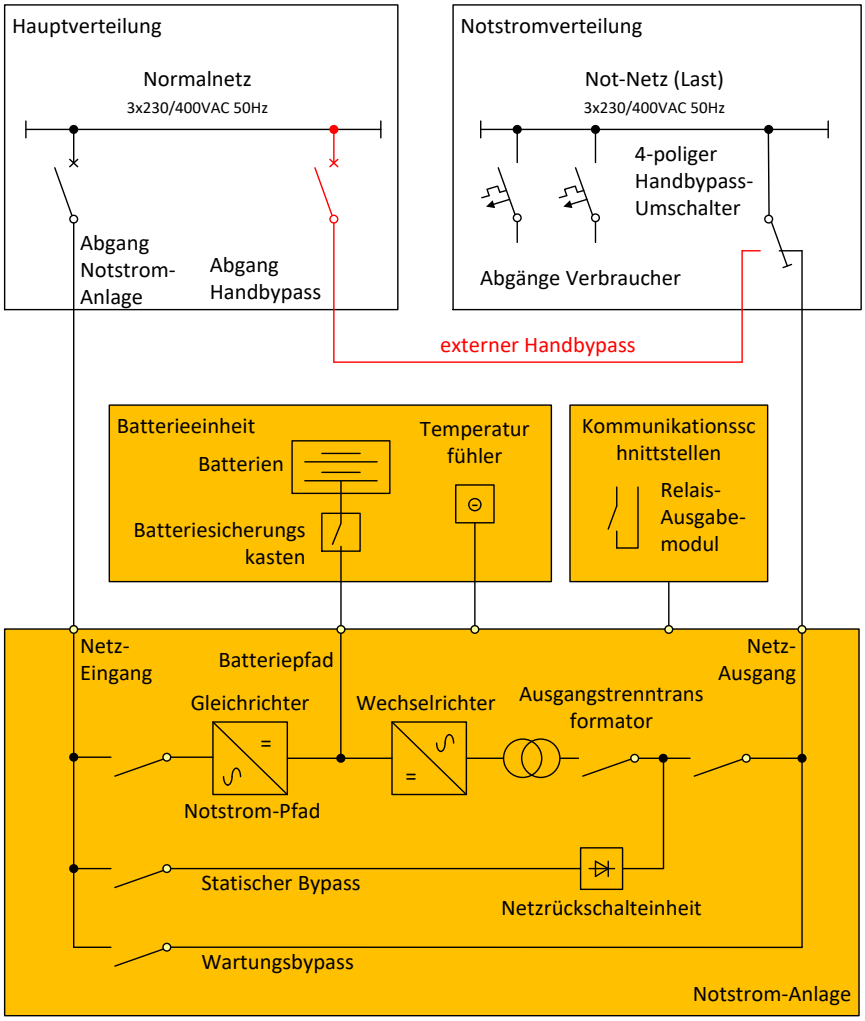


Abbildung 4-1: Prinzip Notstromversorgung

Die Autonomiezeit der Anlage muss mindestens 60 Minuten betragen. Die zu gewährleistete Leistung liegt bei 60 kVA, siehe auch Tabelle 12.

Die Versorgung des Notstroms wird über den ganzen Projektperimeter (Knoten Meierhof, Tunnel, Knoten Südanbindung) ab der Hauptzentrale Wynematte gewährleistet.

USV-Anlage

Die Eigenschaften der USV-Anlage sind wie folgt:

- Mechanischer Schutz: IP20
- Eingangsspannung: 3x230/400V ± 5%

- Eingangsfrequenz: 50Hz
- Eingang-Leistungsfaktor bei 25-100% Last: ≥ 0.95
- Ausgangsspannung: 3x230/400V ± 5%
- Ausgangsfrequenz: 50 Hz ± 5‰
- Leistungsfaktor Dauerlast von 0,8 induktiv bis 0,9 kapazitiv
- Wirkungsgrad bei Nennleistung ≥ 90%
- Wirkungsgrad im Teillastbereich (50% Last) ≥ 92.5%
- Spannungseinbruch bei Kurzschluss ≤ 10%
- Zugang zu den Komponenten: von vorne
- Bedienpanel zur Anzeige der Betriebszustände, der Ereignisse und den wichtigsten Messewerte.

Batterien

Die Batterien müssen wartungsarm sein. Die minimale Lebensdauer der Batterien soll bei 15 Jahren liegen.

Die einzelnen Batterien müssen durgehend nummeriert sein.

Im Lieferumfang der Batterien befindet sich u.a. auch das Batteriegestell, dieses ist in korrosionsfester, vollisolierter sowie in treppenförmiger Bauform auszuführen. Unter diesem Gestell muss eine säurefeste Kunststoffwanne angebracht werden.

Im gleichen Raum, wo die Batterien installiert werden, befindet sich auch der Batteriesicherungskasten. Der Sicherungskasten beinhaltet die Leistungsschutzschalter der Batterien, der Schalter wird überwacht. Ebenso wird im Batterieraum das Unterhalts- und Wartungszubehör gelagert. Das Zubehör ist wie folgt zusammengesetzt:

- Batterie-Sicherheitsset mit Schutzbrille (Wandmontage)
- Augendusche und Piktogramm-Tafel (Wandmontage)
- Wartungsset inkl. Säuredichteprüfgeräte (Wandmontage)

Technische Eigenschaften

Für die technische Eigenschaften der Verteilung und der Kabel gelten die Angaben welche im Kapitel 4.1.3 beschrieben sind.

Meldungen an Leittechnik

Die USV-Anlage wird direkt an das BKN angebunden, folgende Datenpunkte müssen an das ÜLS übermittelt werden.

Meldung	Zustand
Störung	Keine / Anstehend
Niedrige Autonomie (<30 Minuten)	Keine / Anstehend
Gleichrichter	Ein <-> Aus
Bypass	Ein <-> Aus
Batteriebetrieb	Ein <-> Aus
Wechselrichter	Ein <-> Aus

Tabelle 15: Datenpunkte USV-Anlage

4.2 Beleuchtung

Der Tunnel (motorisierter Verkehr – Gegenverkehr) muss mit der Ausrüstungsklasse 26, gemäss ASTRA-Richtlinie 13015 [8] ausgestattet werden, das Bedeutet folgende Teilanalgen müssen geplant werden:

- Adaptationsbeleuchtung
- Durchfahrtsbeleuchtung Tag und Nacht
- Optische Leiteinrichtung
- Brandnotbeleuchtung[2]
- Fluchtwegbeleuchtung

In den folgenden unterkapiteln sind die technischen Lösungen der einzelnen Installationen beschrieben.

4.2.1 Leittechnik Beleuchtungsanlage

Die Architektur der Leittechnik der Beleuchtungsanlage ist in der Beilage 2621 ersichtlich.

Unter diesem System wird nur die Beleuchtung im Tunnel (Fahrraum) angesteuert (Adaptationsbeleuchtung, Durchfahrtsbeleuchtung, optische Leiteinrichtung).

Eine Reklassifizierung des Tunnels muss bei der Steuerung der Durchfahrtsbeleuchtung berücksichtigt werden.

Die Kopfsteuerung der Tunnelbeleuchtung befindet sich in der Zentrale Wynematte im Raum 01R09, Schrank KCY001, und wird durch das Notnetz gespiesen.

Die Beleuchtung der Fluchtwege und die technischen Räumlichkeiten werden über die Divers Anlage gesteuert bez. überwacht.

Um die Leuchtintensität im Fahrraum zu regulieren, wird pro Tunnelportal je eine Leuchtdichtmessung installiert. Diese Messungen interagieren direkt mit der Kopfsteuerung der Tunnelbeleuchtung. Die Kopfsteuerung der Beleuchtung ist am BKN angeschlossen.

Störfälle

Ausfall der Energieversorgung

[2] Wird nicht als klassische Brandnotbeleuchtung umgesetzt, siehe Kapitel 4.2.4

Nach einem Ausfall der Energieversorgung muss die Steuerung automatisch wieder einschalten. Nach dem Einschalten muss die Anlage komplett funktionstüchtig sein und seine Aufgaben störungsfrei sofort wieder aufnehmen.

Ausfall der Kommunikation

Die Kopfstation der Tunnelbeleuchtung muss auch bei einem Ausfall des übergeordneten Systems autonom funktionieren da es sich bei dieser Installation um eine Sicherheitsrelevante Anlage handelt. Falls das BKN ausfallen würde muss die Anlage die Meldungen und Störungen, die während dem Ausfall auftreten, nach der wieder Erstellung der Verbindung ans übergeordnete System melden.

Ausfall Leuchtdichtemessung

Falls einer der beiden Lichtdichtsensoren ausfallen würde, wird der Wert des noch ansprechbaren Sensors für die Regulierung der Tunnelbeleuchtung verwendet.

Falls beide Sensoren im gleichen Zeitraum ausfallen, wird als Regulierungswert die Information Tag/Nacht oder die Uhrzeit verwendet und nach diesen Vorgaben gesteuert, siehe auch Kapitel 5.2.4 von [8].

Sobald die Kommunikation zwischen dem ausgefallenen Sensor wieder hergestellt ist, wird der nach dem Ausfall gemessen Wert für die Einstellung der Tunnelbeleuchtung übernommen.

Meldungen an Leittechnik

Meldung	Zustand
Störung Kopfsteuerung	Ein <-> Aus
Wartung Kopfsteuerung	Ein <-> Aus
Revision Kopfsteuerung	Ein <-> Aus
Störung Leuchtdichtesensor	Ein <-> Aus
Wartung Leuchtdichtesensor	Ein <-> Aus
Messung Leuchtdichtesensor	Wert
Summenhäufigkeit Leuchtdichtesensor	Wert

Tabelle 16: Datenpunkte Leittechnik Tunnelbeleuchtung

Eigenschaften der Komponenten

Kopfstation

- Bedienterminal - Touchpanel (MMI)
- Service Laptop Anschluss (RJ45)
- Web-Browser
- Schwellenwert für die Regelung der Adaptations-, Durchfahrtsbeleuchtung sowie für die optische Leiteinrichtung
- Mögliche Einstellung von Korrekturfaktoren
- Anwendbare Betriebsarten: Fern, Lokal, Wartung (Revision)

Leuchtdichtsensor

Folgenden minimale Anforderungen müssen für den Leuchtdichtsensor eingehalten werden:

- Schutzart: IP67
- Material Gehäuse: Klasse II gemäss SIA 179 oder Kunststoff
- Material der Befestigung: Klasse III gemäss SIA 179
- Ausgangssignal: 4-20 mA
- Messbereich: 0-10'000 cd/m^2
- Messgenauigkeit: ± 10%
- Mit Überspannungsschutz ausgerüstet

4.2.2 Durchfahrtsbeleuchtung

Die Durchfahrtsbeleuchtung wird mit LED-Leuchten bestückt, diese garantiert eine minimale Fahrbahnleuchtdichte gemäss Kapitel 0.

Das Schema der Durchfahrtsbeleuchtung ist in der Beilage 2623 abgelegt.

Einspeisung

Die Einspeisung der Leuchten erfolgt zu 50% ab dem Normalnetz.

Der restliche Teil der Durchfahrtsbeleuchtung erfolgt ab dem Notnetz, damit eine minimale Ausleuchtung und somit Sichtweite beim Ausfall des Normalnetztes garantiert ist.

Die Lasten der Leuchten werden in den beiden Stromnetzen (Normalnetz, Notnetz) auf den drei Phasen verteilt, die folgende Abbildung 4-2 stellt dieses Prinzip dar.

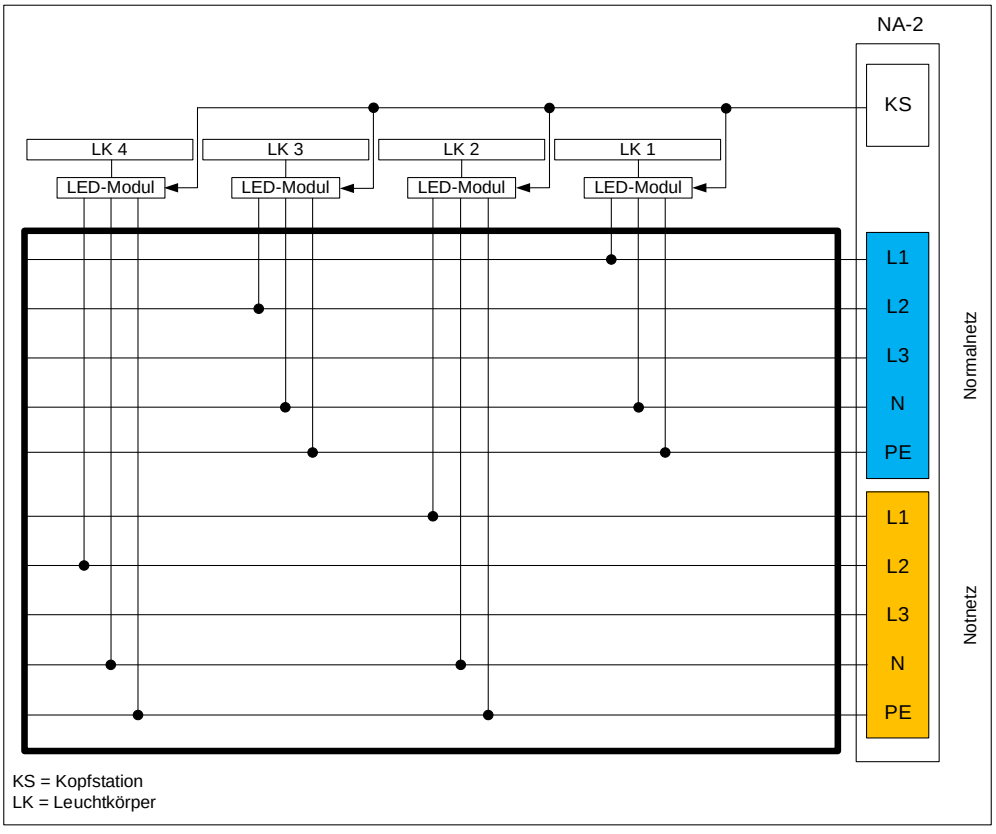


Abbildung 4-2: Prinzip Lastaufteilung Durchfahrtsbeleuchtung

Steuerung

Die Steuerung der Beleuchtung basiert auf 3 Leuchtdichte-Niveaus (Tag, Nacht, Ereignis), siehe Kapitel 0. Das Niveau der Leuchtdichte wird mittels DALI-Steuerung eingestellt.

Im Prinzip bestimmen die gemessenen Werte der Leuchtdichtsensoren an den Portalen die Einstellungen Tag/Nacht. Damit keine unerwünschten und zu häufige Umschaltungen erfolgen, wird in der Steuerung eine Hysterese eingesetzt.

Im Falle eines Ereignisses wird die Durchfahrtsbeleuchtung des Tunnels unabhängig der Portalmessungen auf 100% geschaltet.

Positionierung

Die Leuchtkörper der Durchfahrtsbeleuchtung werden am Kabeltrasse im Tunnel installiert. Das Trasse wird Tunnelmittig an die Wölbung montiert.

Die Trasse Eigenschaften sind im Kapitel 4.7.5 beschrieben.

Eigenschaften der Leuchten

Die minimalen Anforderungen der Leuchtkörper sind folgende:

- Lichtfarbe: ≥ 4'000 K
- Lichtausbeute: ≥ 100 lm/W
- Lebensdauer: ≥ 80'000 h (flimmerfrei)
- Schutzart: ≥ IP66
- Schlagfertigkeit: >IK08
- Art der Beleuchtung: symmetrisch
- Material vom Gehäuse: Klasse III nach SIA 179
- Material für die Montage an Kabeltrasse: Klasse V nach SIA 179

Meldungen an Leittechnik

Meldung	Zustand
Störung	Ein <-> Aus
Wartung	Ein <-> Aus
Detailzustand	Wert
Betriebsart	Fern, Lokal, Wartung (Revision)

Tabelle 17: Datenpunkte Durchfahrtsbeleuchtung

4.2.3 Adaptationsbeleuchtung

Die Adaptationsbeleuchtung wird mit LED-Leuchten bestückt.

Das Schema der Adaptionsbeleuchtung ist in der Beilage 2624 abgelegt.

Einspeisung

Die Einspeisung der Leuchten erfolgt ab dem Normalnetz. Die Aufteilung der Lasten wird pro Portal in 2 Schaltgruppen geführt, insgesamt sind somit für die Adaptationsbeleuchtung 4 Schaltgruppen vorgesehen.

Steuerung

Das Leuchtdichteniveau der Adaptationsbeleuchtung wird mittels der Messwerte der Leuchtdichtesensoren beim jeweiligen Portal geregelt. Die Werte für die Ein- und Ausschaltung einer Stufe müssen parametrierbar sein, damit keine unerwünschten Umschaltungen erfolgen wird eine Hysterese beigezogen.

Das Niveau der Leuchtdichte wird via DALI-Steuerung übermittelt.

Positionierung

Die Leuchtkörper der Adaptationsbeleuchtung werden am Kabeltrasse im Tunnel installiert.

Das Trasse wird Tunnelmittig an die Wölbung montiert.

Eigenschaften der Leuchten

Die Leuchtkörper müssen folgende eingeschalten einhalten:

- Lichtfarbe: ≥ 4'000 K
- Lichtausbeute: ≥ 100 lm/W
- Lebensdauer: ≥ 80'000 h (flimmerfrei)
- Schutzart: ≥ IP66
- Schlagfertigkeit: >IK08
- Art der Beleuchtung: symmetrisch
- Material vom Gehäuse: Klasse III nach SIA 179
- Material für die Montage an Kabeltrasse: Klasse IV nach SIA 179

Meldungen an Leittechnik

Meldung	Zustand
Störung	Ein <-> Aus
Wartung	Ein <-> Aus
Detailzustand	Wert
Betriebsart	Fern, Lokal, Wartung (Revision)

Tabelle 18: Datenpunkte Adaptationsbeleuchtung

4.2.4 Brandnotbeleuchtung

Im Tunnel Wynematte wird keine klassische Brandnotbeleuchtung eingebaut.

Es werden Hinterleuchtete Fluchtwegschilder an die Tunnelwand (Seite der Notausgänge) im Abstand von 25 Meter angebracht.

Das Schema der Hinterleuchtete Fluchtwegschilder ist in der Beilage 2625 abgelegt.

Einspeisung

Die Einspeisung der Hinterleuchtete Fluchtwegschilder erfolgt ab dem Notnetz.

Die Speisung erfolgt aus jedem Notausgang unter zwei Schaltgruppen (eine pro Fahrtrichtung) jeweils bis zur Mitte zwischen zwei Notausgängen, Details sind im Prinzipschema zu finden.

Steuerung

Es gibt keine Ansteuerung für diese Schilder, diese werden permanent hinterleuchtet.

Positionierung

Die Schilder werden auf der Seite der Notausgänge im Abstand von 25 Meter auf eine Höhe von 1 Meter (ab Bankett) angebracht.

Durch den Bau werden spezifische Aussparungen vorgesehen, in dieser Aussparung wird die Abzweigdose für die Einspeisung untergebracht.

Eigenschaften der Leuchten

Die hinterleuchteten Fluchtwegschilder müssen folgende eingeschalten einhalten:

- Piktogramm: gleich wie Signal SSV 4.94, siehe auch [6]
- Piktogramm: nachleuchtend
- Leuchtmittel: LED, 24 W
- Masse des Schildes: 395 x 800 x 70 mm (HxBxT)
- Anschluss: mittels Kabel, 3x2.5 mm^2 via Abzweigdose
- Anschlussstecker: Typ Schaltbau M1 4-Polig
- Material vom Gehäuse: Klasse III nach SIA 179
- Material für die Montage an die Wand: Klasse V nach SIA 179

Meldungen an Leittechnik

Meldung	Zustand
Leistungsschutzschalter ≤ 63A (im Schrank der Notnetzverteilung)	Ein <-> Ausgelöst

Tabelle 19: Datenpunkte Brandnotbeleuchtung

4.2.5 Optische Leiteinrichtung

Auf beiden Seiten des Tunnels werden, um die Führung des Tunnelnutzer zu verbessern, LED-Module eingesetzt. Diese Module werden auf dem Bankettrand angebracht. Die Leuchtmodule sind induktiv, dies Vereinfacht der Ersatz eines Modules bei defekt, weil keine Verkabelungsarbeiten notwendig sind.

Das Prinzipschema der Anlage ist in der Beilage 2626 zu sehen.

Einspeisung

Die Einspeisung der optischen Leiteinrichtung erfolgt ab dem Notnetz.

Die Speisung erfolgt aus der Hauptzentrale Wynematte-NA2, Schrank KCF001, unter vier Schaltgruppen (zwei in Fahrtrichtung Zürich und zwei in Fahrtrichtung Bern)

Steuerung

Die Steuerung der Helligkeit der Module erfolgt analog zur Durchfahrtsbeleuchtung, insgesamt sind zwei Beleuchtungsstufen vorgesehen, siehe auch [8]:

- reduziert
- maximal

Im Normalbetrieb ist die reduzierte Helligkeit ständig eingeschaltet, bei einem Ereignis (gemäss Reflexmatrix) wird das Niveau der optische Leiteinrichtung auf maximal geschaltet.

Positionierung

Die optische Leiteinrichtung wird seitlich auf dem Bankett in beide Fahrrichtungen angebracht, die Abstände der Module sind wie folgt:

- 12.50m, im Bereich der Adaptationsbeleuchtung
- 25.00m, im Bereich der Durchfahrtsbeleuchtung

Eigenschaften der Leuchten

Die Leuchtkörper müssen folgende Eigenschaften einhalten:

- Lichtfarbe: ≥4'000 K
- Lichtstärke: zwischen 25 und 100 cd (bei 100%)
- Lebensdauer: ≥ 80'000 h (flimmerfrei)
- Schutzart: IP68

Eigenschaften der Spulen

Für die Spulen müssen folgende Parameter eingehalten werden:

- Energieübertragung: induktiv
- Schutzart: IP68
- Betriebstemperatur: -15°C – 65°C
- Maximale Temperatur: ≤ 150°C
- Gehäuse: Schwer entflammbar

Eigenschaften der Kondensatoren

Für die Kondensatoren müssen folgende Parameter eingehalten werden:

- Schutzart: IP68
- Betriebstemperatur: -15°C – 65°C
- Maximale Temperatur: ≤ 150°C
- Gehäuse: Schwer entflammbar

Meldungen an Leittechnik

Meldung	Zustand
Störung	Ein <-> Aus
Wartung	Ein <-> Aus
Detailzustand	Wert
Betriebsart	Fern, Lokal, Wartung (Revision)

Tabelle 20: Datenpunkte optische Leiteinrichtung

4.2.6 Fluchtwegbeleuchtung

Unter diesem Kapitel wird die Beleuchtung der drei Notausgänge beschrieben.

Ein Prinzipschema der Fluchtwegbeleuchtung ist in der Beilage zu finden, Anhang 2627.

Einspeisung

Die Einspeisung der LED-Leuchtkörper für die Fluchtwegbeleuchtung, inkl. Schleuse, erfolgt durch das Notnetz, da die Fluchtwege auch im Falle von nicht vorhandenem Normalnetz mit Strom versorgt werden müssen.

Steuerung

Die Fluchtwegebeleuchtung schaltet sich ein, sobald die Anwesenheit von Personen durch die Bewegungsmelder aufgenommen wird.

Die exakten Positionen der Bewegungsmelder sind unter den Plänen «Raumbesetzung» der jeweiligen Notausgänge zu finden.

Zu beachten ist, dass die Fluchtwegbeleuchtung ebenfalls für den Unterhalt als «Raumbeleuchtung» benutzt wird, d.h. falls eine Person durch die Tür im EG in den Notausgang für Unterhaltsarbeiten eintritt, die Beleuchtung einschalten muss. Dies wird ebenfalls durch Bewegungsmelder gesteuert.

Positionierung

Die Fluchtwegbeleuchtung muss so ausgelegt werden, dass entlang der Fluchtlinie mindesten 20 Lux ab 80 cm vom Boden gewährleistet sind.

Eigenschaften der Leuchten

Die Leuchten müssen folgende Eigenschaften haben:

- Leuchtmittel: LED
- Leistung pro LED-Leuchte: ca. 35W
- Lichtausbeute: 140 lm/W
- Lichtfarbe: 4'000 K
- Material (Gehäuse, Halterungen): Polycarbonat, schwer entflammbar
- Befestigungsmaterial: Klasse III, SIA 179
- Schutzart: IP65

Eigenschaften der Bewegungsmelder

- Einspeisung: 230VAC
- Montage: Wand/Deck (Innen und Aussen)
- Erfassungswinkel: 360° (einstellbar)
- Empfindlichkeit: 5-12 Meter (einstellbar)
- Nachlaufzeit: 3 Sekunden bis 20 Minuten (einstellbar)
- Montagehöhe: zwischen 2.5 und 3 Meter
- Befestigungsmaterial: Klasse III, SIA 179

Meldung an Leittechnik

Meldung	Zustand
Detailzustand	Wert

Tabelle 21: Datenpunkte Fluchtwegbeleuchtung

4.2.7 Strassenbeleuchtung

Die Strassenbeleuchtung im Projektperimeter VERAS wird im Bericht 0380 Beleuchtung offene Strecke beschrieben. Die Portalvorzonen sowie die anliegenden Knoten Meierhof und Helgefeld, werden Normgerecht beleuchtet.

4.3 Lüftung

4.3.1 Leittechnik Lüftungsanlage Tunnel

Steuerung

Wie die Tunnellüftung gesteuert werden soll, ist in der Beilage 2604 beschrieben.

In der Beilage 2631 wird aufgezeigt, wie die Leittechnik der Tunnellüftung aussehen wird.

Die Tunnellüftung erhält eine eigene Kopfstation (KS) welche dem Knotenrechner unterstellt wird. Die KS wird in Form einer Speicher-Programmierbaren-Steuerung (SPS) aufgebaut. Für die Vorort und Fernbedienung wird ein WEB-GUI zur Verfügung stehen. Vor Ort wird das Web GUI über ein Touchpanel PC in der Schranktür bedient. Die SPS-Steuert über einen Kommunikationsbus (z.B. Profibus) die Frequenzumrichter der vier Strahlventilatoren an.

Sensorik

Die Sensorik der Tunnellüftungsanlage besteht aus jeweils zwei Gruppen mit einer Sichttrübemessung und 3 Strömungsmessstellen. Die Sensorik befindet sich im Tunnel in der Nähe eines Notausgangs. Im Technikraum des Notausgangs wird die Auswertung der Sensorik in einem Schrank eingebaut. Die Kommunikation (z.B. Profibus) zur KS der Tunnellüftung wird via OLM über die Tunnel Glasfaser Verbindung realisiert. Die Schwingungssensoren der Strahlventilatoren (SV) werden direkt in der KS in der Hauptzentrale eingelesen. Weitere Sensoren werden an den SV nicht angebracht.

Luftströmungsmessung

Für die Strömungsmessungen bieten sich Systeme auf der Basis von Ultraschalltechnologie (z.B. Messsystem FLOWSIC200 der Firma SICK). Diese sind weniger anfällig auf Verschmutzung als die herkömmlichen, drehenden (mechanischen) Flügelanemometer. Die Ultraschall-Messsysteme sind in hochlegierter Edelstahlausführung erhältlich, was eine lange Lebensdauer gewährleistet. Die Sende-/ Empfangseinheiten werden mindestens 30 cm unter der Decke in ca. 4.50 m über der Fahrbahn, um unzulässige Störungen von der Deckengrenzschicht und vom Schwerverkehr zu vermeiden. Die Messstellen innerhalb einer Messgruppe sind ca. 20 m voneinander entfernt und stehen sich in einem Winkel von 30-60° zur Tunnelachse gegenüber. Je nach System können mehrere Sende-/ Empfangseinheiten an einer gemeinsamen Auswerteeinheit angeschlossen werden. Zum Schutz der Sensoren im Tunnel sind Schutzbügel über den Sensoren notwendig.

Sichttrübemessung

Für die Messung der Sichttrübung wird ein Sichttrübe Sensor (z.B. VISIC100SF der Firma SICK) eingesetzt welcher direkt im Tunnel im Bereich über dem Spritzwasser Bereich eingebaut wird. Der Sichttrübe Sensor wird über Profibus am OLM im Technikraum des Notausgangs angeschlossen. Der Messbereich liegt bei 0-0.015 m^{-1} und mit einer Auflösung von 0.1 km^{-1} (0.0001 m^{-1}). Die Sensoren der Sichttrübe werden mit einer Nebelkorrektur ausgerüstet.

Schwingungsmessung Strahlventilator

Für die Überwachung der Strahlventilatoren werden Schwingungssensoren eingesetzt. Anhand dieser Sensoren können Mängel an Strahlventilatoren frühzeitig erkannt werden. Die Messwerte der Schwingungssensoren sind Analog (4-20mA). Die Schwingungsmessung wird in einen Wert mit der Einheit mm/s umgewandelt. Die Schwingungsgrenzwerte sind in der Lüftungssteuerung parametrisiert zu definieren. Die Schwingungsmessung und die Schwingungsgrenzwerte können im Web-GUI abgerufen werden. Eine Überschreitung der Schwingung wird ein Alarm in der Lüftungssteuerung auslösen.

Abrissschalter Strahlventilator

Der Abrissschalter erkennt mittels einem Öffner Kontakt, wenn der Strahlventilator von der Aufhängung an der Tunneldecke getrennt wird. Dies wird einen Alarm in der Lüftungssteuerung auslösen.

Temperaturüberwachung Strahlventilator

Die Temperatur der Strahlventilatoren wird nicht überwacht.

4.3.2 Längslüftung Tunnel

Der Aufbau der Tunnellüftung wird in der Beilage 2603 beschrieben.

4.3.3 Fluchtwegbelüftung

Der Aufbau und die Funktion der Fluchtwegbelüftung (Überdrucklüftung) wird in der Beilage 2605 beschrieben.

4.3.4 Energiemessung

Für die Erhebung des Energieverbrauches der Tunnellüftung (insbesondere der Strahlventilatoren) wird die Normalnetz-Einspeisung der Tunnellüftung an die Energiemessung angeschlossen. Die Energiemessung wird mittels RS232 durchgeführt. Weitere Details zur Energiemessung sind im Kapitel 4.1.1 zu finden.

4.4 Signalisation

Wie die Signalisation gesteuert und verkabelt werden soll, ist in der Beilage 2641 dargestellt.

In den Signalisationsplänen 0310-x wird aufgezeigt, wo welche Signale des VLS und der LSA exakt stehen. In der Signalliste 0302 sind die Verantwortungen der Lose, Fundamente und Signaltypen definiert.

Die Betriebszustände der Signalisation LSA und VLS sind im Dokument 0303 gemäss ATS VLS definiert und für das Projekt beschrieben. Die Datenpunkte zwischen LSA und VLS werden über Potentialfreie Kontakte ausgetauscht.

4.4.1 Leittechnik Verkehrsleitsystem (VLS)

Steuerung VLS

Die Leittechnik der Signalisation erhält eine eigene Kopfstation (KS) welche dem Knotenrechner unterstellt wird. Die KS wird in Form einer Speicher-Programmierbaren-Steuerung (SPS) aufgebaut. Für die Vorort und Fernbedienung wird ein WEB-GUI zur Verfügung stehen. Vor Ort wird das Web GUI über ein Touchpanel PC in der Schranktür bedient. Die SPS steuert via RIO's an den Knoten die abgesetzten VLS-Anlagen (Wechselsignale und Warnblinker) an.

Die VLS Anlage und deren Aussenstandorte in den beiden ESPs werden mit Notnetz betrieben alle weiteren abgesetzten Steuerungen und Signale werden mit Normalnetz betrieben. Die Wechselsignale, Blinker und LED Signale werden via RS-485 angesteuert.

4.4.2 Leittechnik Lichtsignalanlage (LSA)

Steuerung LSA

An jedem Knoten (Meierhof, Sagimättli, Helgefeld, Büsel, Hürdli, Weltimatt-Ausserfeld, Touring) wird es eine Steuerung der LSA geben. Die Steuerungen sind im Knoten Büsel und Sagimättli neben einem VK für das VLS positioniert. Im VK der LSA wird die Speisung und die Kommunikation (Glasfaser und UKV) eingebaut. Die VK's funktionieren lokal. Eingebunden werden die LSA Steuerungen über das BKN.

Die LSA und deren Aussenstandorte werden mit Normalnetz betrieben.

Beim Knoten Weltimatt-Ausserfeld und Touring, wird die LSA eine Erweiterung respektive ein Neubau der bereits bestehenden Anlage sein.

Die Betriebstzustände werden via Datenpunkte zwischen der LSA und dem VLS übermittelt.

4.4.3 Statische Signalisation

Mit der statischen Signalisation wird die Fahrrichtungen signalisiert werden. Details zu der Auslegung der statischen Signalisation sind in den Signalisations-Plänen (Dokument Nr. 0310-1 und 0310-2) und der Signalisationsliste (Dokument Nr. 0302) ersichtlich. Die Hinterleuchteten Überkopfwegweiser werden ab der nächstgelegenen Notausgangs-Niederspannungsverteilungen gespiesen, zu sehen in Beilage 2641.

4.4.4 VM-System

Mit der dynamischen Signalisation werden die Verkehrsteilnehmer situationsbedingt gewarnt. In den zum Tunnel vorgelagerten Verkehrsknotenpunkten kann eine Umfahrung eingerichtet werden. Details zu der Auslegung des VM-Systems sind im Signalisationsplan 0310-x ersichtlich. Das

Umleitungskonzept mit den Betriebszuständen des Tunnel ist im Dokument 0303 definiert und im Verkehrstechnischen Bericht 0300 beschrieben.

4.4.5 Verkehrsdatenerfassung

Die Stauschlaufen im Tunnel werden mittels RIOs in den SOS-Alarmkasten in die Leittechnik der LSA eingelesen. Die weiteren Schlaufen sind an einem Rio der Aussenstandorte angeschlossen. Stau oder Stockender Verkehr wird via Datenpunktaustausch an das VLS übermittelt.

4.4.6 Sicherheitseinrichtung

Als Sicherheitseinrichtungen werden in diesem Kapitel die Signalisation der Notausgänge und der SOS-Nischen beschrieben. Ebenfalls werden die Fluchtwegschilder (Exit) die in den technischen Räumen installiert werden beschrieben.

In der Signalisation der Notausgänge sind folgende Aggregate enthalten:

- Fluchtwegsignal (permanent Hinterleuchtet)
- Blitzleuchten (nur aktiv im Falle eines Ereignisses)
- Türbeleuchtung (permanent beleuchtet)

Die Signalisation der SOS-Nischen beinhaltet:

- SOS-Signal (permanent Hinterleuchtet)
- SOS Nischen Innenbeleuchtung (permanent beleuchtet)
- Viersprachige Hinweistafel in der SOS-Nischen

Es gilt zu beachten, dass die Türen sowie die Wandmarkierung (Umrandung in Grün respektive Orange) durch den Bau geliefert werden, dies gilt sowohl für die Notausgang wie auch für die SOS-Nischen.

Die Rettungswegkennzeichen (Exit) dienen der Leitung ins Freie der Tunnelnutzer und dem Unterhalt.

Einspeisung Fluchtwegsignal

Die Einspeisung des Fluchtwegsignales erfolgt via Notnetz, das Signal ist permanent hinterleuchtet.

Steuerung Fluchtwegsignal

Da das Signal permanent Hinterleuchtete ist wird es nicht angesteuert.

Positionierung Fluchtwegsignal

Das Fluchtwegsignal wird mittig über den Notausgang mit senkrechtem Winkel zur Fahrtrichtung angebracht. Das Signal darf auf keinen Fall in das Lichtraumprofil hineinragen.

Die Unterkannte des Signales muss mindestens bei 3.00 Meter ab Bankett sein.

Eigenschaften Fluchtwegsignal

Das Fluchtwegsignal muss folgende Eigenschaften haben:

- Leuchtmittel: LED
- Leistung pro Signal: ca. 40W
- Lebensdauer: ≥ 50'000 Stunden

- Prisma: Schwenkbar um 120° (für Unterhaltsarbeiten resp. Reparaturen)
- Piktogramm: Polycarbonat (nachleuchtend)
- Zeichnung auf Piktogramm: Fluchtweg
- Dimensionen: ca. 360x360x650mm (BxTxH)
- Dimensionen Picktorgramm: 350x500mm (BxH)
- Schutzart: IP66
- Material (Gehäuse, Halterungen/Sockel): Klasse III, SIA 179
- Befestigungsmaterial: Klasse V, SIA 179

Dazu müssen die Signale so erstellt werden, dass diese bei einer Tunnelreinigung nicht beschädigt ober durch die Bürsten der Reinigungsmaschine abgerissen werden können.

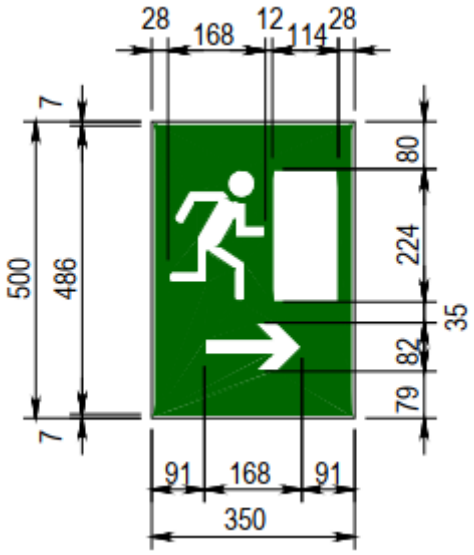


Abbildung 4-3: Picktorgramm Notausgang, aus ASTRA Richtlinie 13010

Einspeisung Blitzleuchten

Die Einspeisung des Fluchtwegsignales erfolgt via Notnetz.

Steuerung Blitzleuchten

Die Blitzleuchten werden nur im Falle eines Ereignisses angesteuert. Im Normalbetreib sind diese aus. Die Blitzleuchten bestehen auch aus einem grünen Leuchtbalken, dieser Teil muss permanent hinterleuchtet werden.

Für die Revision der Blitzleuchten wird innerhalb der Notausgänge (in der Schleuse) ein Schlüsselschalter (Typ H-0-A) angebracht. Dieser Schlüsselschalter unterdrückt das Einschalten der Blitzleuchten beim Öffnen der Notausgangstüre und löst somit keinen Tunnelreflex aus.

Positionierung Blitzleuchten

Die Blitzleuchten werden rechts und links der Notausgangstür, tunnelseitig, angebracht.

Eigenschaften Blitzleuchten

Die Blitzleuchten müssen folgende Eigenschaften haben:

- Aufbau: Modular
- Leuchtmittel: LED
- Leistung Blitzleuchte: ca. 10 W (Teil Blitz), ca. 15 W (Teil Dauerleuchte)
- Lichtstärke: 100 cd
- Leuchtende Fläche: 50 cm^2
- Dimensionen: ca. 135x150x2300mm (BxTxH)
- Schutzart: IP66
- Material Gehäuse: Polymer schlagfest und schwer entflammbar
- Material Sockel: Klasse III, SIA 179
- Befestigungsmaterial: Klasse V, SIA 179
- Sockel: muss auf die Tunnelwölbung ortspezifisch ausgemessen werden

Dazu müssen die Blitzleuchten so erstellt werden, dass diese bei einer Tunnelreinigung nicht beschädigt ober durch die Bürsten der Reinigungsmaschine abgerissen werden können.

Einspeisung Türbeleuchtung

Die Einspeisung der Türbeleuchtung erfolgt via Notnetz, das Signal ist permanent hinterleuchtet.

Steuerung Türbeleuchtung

Da das Signal permanent Hinterleuchtete ist wird es nicht angesteuert.

Positionierung Türbeleuchtung

Die Tunnelbeleuchtung wird Oberhalb der Notausgangstür, tunnelseitig, angebracht damit vor allem der Griff und der Bereich der Darstellung der Öffnungsweise klar ersichtlich sein.

Eigenschaften Türbeleuchtung

Das Signal der Fluchtweg Tür Beleuchtung muss folgende Eigenschaften haben:

- Leuchtmittel: LED
- Leistung Leuchte: ca. 35W
- Dimensionen: ca. 1720x260x80mm (LxBxH)
- Schutzart: IP66
- Material (Gehäuse, Halterungen/Sockel): Klasse III, SIA 179
- Befestigungsmaterial: Klasse V, SIA 179

Dazu muss die Leuchte so erstellt werden, dass diese bei einer Tunnelreinigung nicht beschädigt ober durch die Bürsten der Reinigungsmaschine abgerissen werden können.

Einspeisung SOS-Signal

Die Einspeisung des SOS-Signal erfolgt via Notnetz ab den SOS-Schränke, das Signal ist permanent hinterleuchtet.

Steuerung SOS-Signal

Da das Signal permanent Hinterleuchtete ist wird es nicht angesteuert.

Positionierung SOS-Signal

Das SOS-Signal wird mittig über der SOS-Nischen Tür im Tunnel mit senkrechtem Winkel zur Fahrtrichtung angebracht. Das Signal darf auf keinen Fall in dem Lichtraumprofil hineinragen.

Die Unterkannte des Signales muss mindestens bei 3.00 Meter ab Bankett angebracht werden.

Eigenschaften SOS-Signal

Das SOS-Signal muss folgende Eigenschaften haben:

- Leuchtmittel: LED
- Leistung pro Signal: ca. 40W
- Lebensdauer: ≥ 50'000 Stunden
- Prisma: Schwenkbar um 120° (für Unterhaltsarbeiten resp. Reparaturen)
- Zeichnung auf Piktogramm: kombiniertes Signal «Telefon» und «Feuerlöscher»
- Dimensionen Signal: ca. 360x360x650mm (BxTxH)
- Dimensionen Picktorgramm: 350x500mm (BxH)
- Schutzart: IP66
- Material (Gehäuse, Halterungen/Sockel): Klasse III, SIA 179
- Befestigungsmaterial: Klasse V, SIA 179

Dazu müssen die Signale so erstellt werden, dass diese bei einer Tunnelreinigung nicht beschädigt oder durch die Bürsten der Reinigungsmaschine abgerissen werden können.

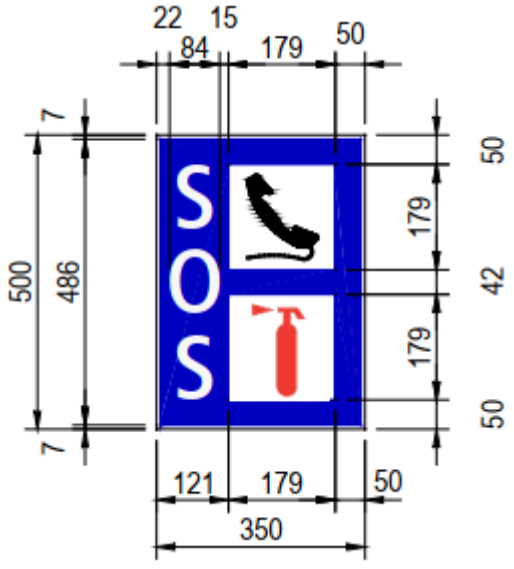


Abbildung 4-4: Picktorgramm SOS-Signal, aus ASTRA Richtlinie 13010

Positionierung Viersprachige Hinweistafel

Die Vielsprachige Hinweistafel wird in jeder SOS-Nische an die Nischenwand auf Augenhöhe angebracht.

Eigenschaften Viersprachige Hinweistafel

Die Viersprachige Hinweistafel muss folgende Eigenschaften haben:

- Text: siehe Abbildung 4-5
- Textsprache: deutsch, französisch, italienisch und englisch
- Textfarbe: rot und schwarz
- Farbe der Tafel: gelb
- Dimensionen: ca. 1000x1000mm (BxH)
- Befestigungsmaterial: Klasse V, SIA 179



Abbildung 4-5: Viersprachige Hinweistafel, aus ASTRA Richtlinie 13010

Einspeisung Rettungswegekennzeichen (Exit)

Die Fluchtwegschilder (Exit) sind Batteriegestützt, das Signal ist permanent hinterleuchtet.

Steuerung Rettungswegekennzeichen (Exit)

Da das Signal permanent Hinterleuchtete ist wird es nicht angesteuert.

Positionierung Rettungswegekennzeichen (Exit)

Die Schilder werden wie folgt installiert:

- In Räume die mehr als eine Zugangstür haben
- Bei Richtungsänderungen

Die Schilder werden entweder an der Decke (abgehangen oder fix) sowie an der Wand montiert.

Die Positionierung in den einzelnen Räumlichkeiten sind in den Apparatepläne der Beilagen 2691-2, 2691-6, 2692-2 und 2692-6 angegeben.

Eigenschaften Rettungswegekennzeichen (Exit)

Folgende Eigenschaften gelten für die Rettungswegkennzeichen:

- Leistung pro Schild: ca. 6W
- Einspeisung durch Batterien
- Zeichnung auf Piktogramm: Variabel je nach Standort (einseitig nachleuchtend)
- Dimensionen Piktogramm: ca. 350x190x10mm (BxHxT)
- Schutzart: ≥ IP 20
- Sichtweite: ≥ 20 Meter
- Anschliessbarer Leiterquerschnitt: 2.5mm^2
- Material (Gehäuse, Halterungen/Sockel): Polymere
- Befestigungsmaterial: Klasse II, SIA 179

Meldung an Leittechnik

Meldung	Zustand
Detailzustand Blitzleuchten	An <-> Aus
Betriebsart Blitzleuchten	Fern, Lokal, Wartung (Revision)

Tabelle 22: Datenpunkte Sicherheitseinrichtung

4.5 Überwachungsanlage

4.5.1 Brandmeldeanlage Tunnel

Die Beilage 2651 zeigt detailliert auf wie die Brandmeldeanlage Tunnel (BMT) letztlich aussehen soll. Die BMT wird mit der Brandmeldeanlage Gebäude (BMG) bezüglich der Kommunikation kombiniert.

Die Brandsektoren (BS) = Lüftungssektoren (LS) werden im Steuerungsbericht der Tunnellüftung aus Beilage 2604 beschrieben und in der

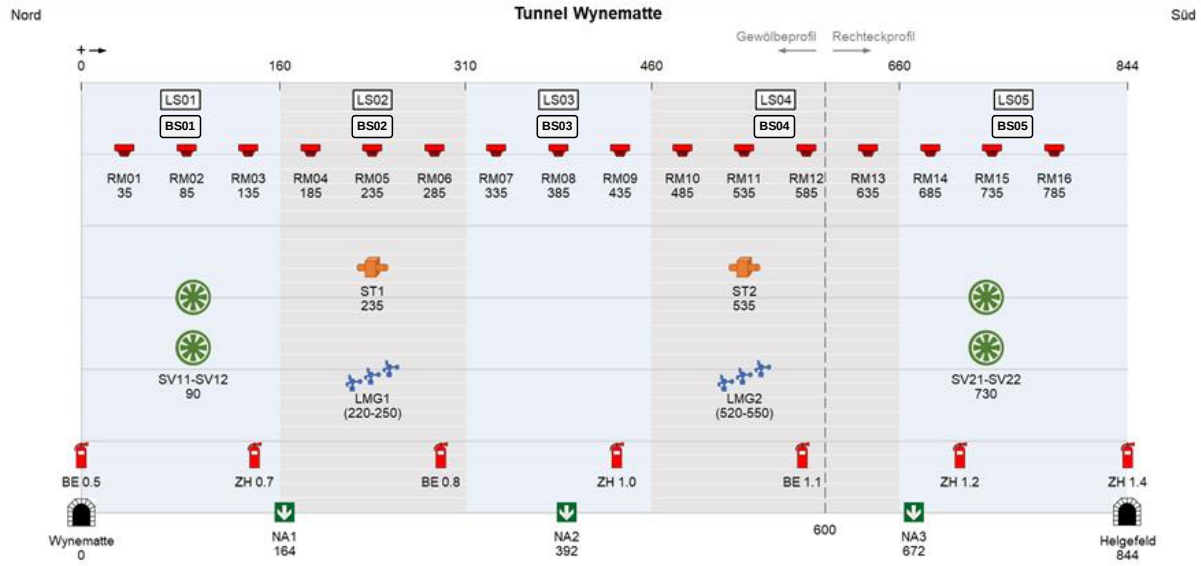


Abbildung 4-6 unten dargestellt.

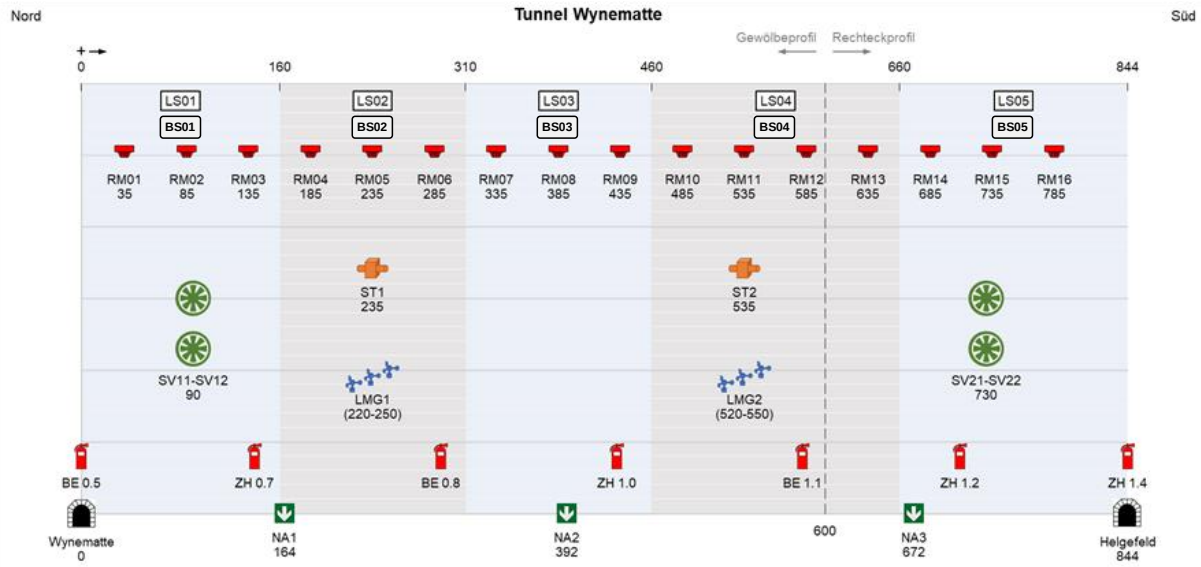


Abbildung 4-6: Brandsektoren aus Beilage **2604**

Es sind 5 Brandsektoren, welche mit den Rauch- und Linearmelder der Brandmeldeanlage Tunnel überwacht werden.

Steuerung

Die Brandmeldeanlage Tunnel erhält eine eigene Kopfstation, welche dem Knotenrechner unterstellt ist. Die KS wird in Form einer SPS aufgebaut.

Für die Bedienung (MMI) der Anlage wird ein Touch Panel PC eingebaut. Für die Steuerung vor Ort und Fern steht ein Web GUI der Brandmeldeanlage zur Verfügung. Auf dem Web GUI der BMA sind die Sensoren der BMT (Rauchmelder und Linearmelder) sowie die Brandsektoren dargestellt. Der Status jedes Sensors kann per Klick angeschaut werden. So können die Werte abgelesen werden oder der Sensor unterdrückt werden. Manuell kann über das Web GUI der Reflex Brand im Tunnel ausgelöst werden und die BMT zurückgestellt werden. Zusätzlich wird im Web GUI der Brandmeldeanlage

Tunnel die Brandmeldeanlage Gebäude in einem separaten Bild dargestellt. Die Fernalarmierung der Einsatzkräfte läuft über die BMG.

Die Kopfstation der BMA kommuniziert mit dem BKN AG Netzwerk und ist direkt mit dem VLS, der Tunnellüftung, Tunnelbeleuchtung und dem Divers verbunden.

Rauchmelder

Im Tunnel Wynematte werden im Abstand von 50m 16 Rauchmelder in der Tunnelwölbung montiert. Die genauen Abstände und Positionen der Rauchmelder sind in

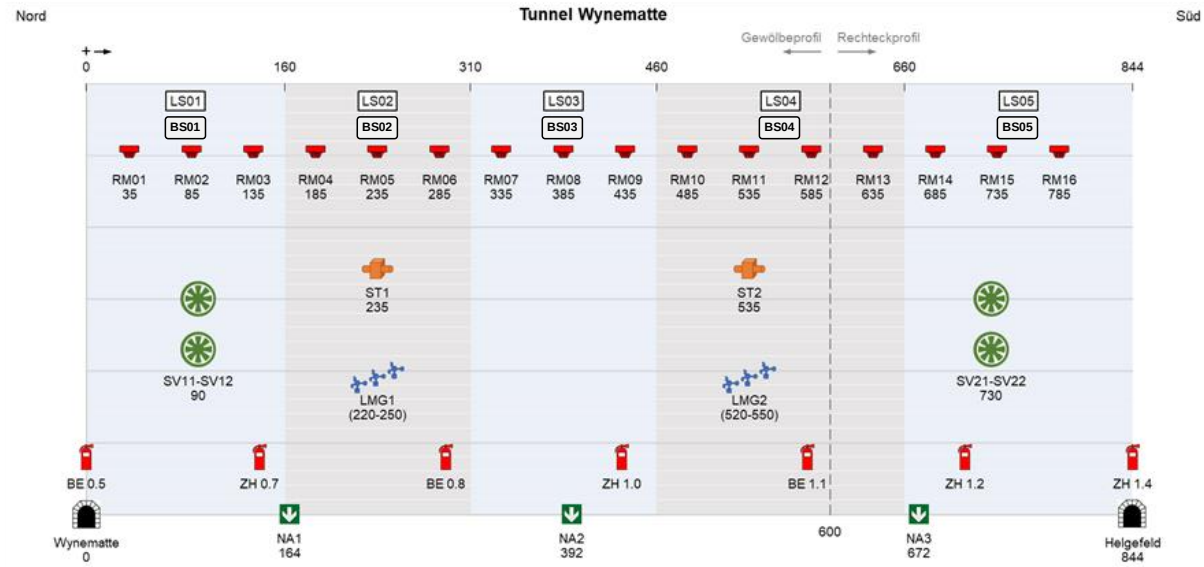


Abbildung 4-6 ersichtlich.

Jeder Rauchmelder hat eine Anschlussbox. Die Rauchmelder werden in Serie über Profibus ab den Technikräumen der Notausgänge oder der Zentrale vom zugehörigen BMT-Schrank erschlossen. Von den Technikräumen werden die Messignale via OLM und LWL-Verbindung zur Auswertung an die BMT-Kopfstation gesendet.

Die Energieversorgung (Notnetz) der Rauchmelder via Anschlussbox erfolgt aus den abgesetzten Stationen in den Technikräumen. Für die Glasfaseranbindung wird der LWL-Ring des Tunnelnetz verwendet.

<u>Technische Anforderungen an die Rauchmelder</u>

Der Rauchmelder verfügt über folgende Eigenschaften:

- Messmethode nach dem Prinzip der Streulichtmessung
- Vorgeschaltete Heizung der Probenluft (Nebelausblendung)
- Messbereiche Sichttrübung: 0…150 $\frac{1}{km}$
- Auflösung Sichttrübung: 1 $\frac{1}{km}$
- Ansprechzeit < 3s
- Minimale Luftströmung zum Detektieren von Rauch 0.5 m/s
- Keine Beweglichen Komponenten
- Einfache Wand und Deckenmontage inkl. Halterung
- Umgebungstemperatur -20°C…+50°C

- Schutzart mindestens IP66
- Geschützt gegen aggressive Atmosphäre
- Einfache Kalibrierung mittels einer Kontrollprobe
- Datenübertragung via Profibus
- Leistungsaufnahme < 30 W (inkl. Heizung)
- Gehäusematerial Klasse III, SIA 179
- Decken-/Wandmontage und Halterung Klasse V, SIA 179
- Dimension montiert kleiner als 150mm x 150mm x 500mm

Technische Anforderungen an die Anschlussbox

- Schutzart mindestens IP65
- Inklusive eingebauten Klemmen für die Energie
- Inklusive eingebautem Profibus T-Verteiler
- Kabelverschraubungen M20
- Leistungsaufnahme ca. 25 W (bei Einsatz mit Heizung)
- Dimensionen Anschlussbox LxBxH 260mm x 260mm x 130mm
- Gehäusematerial Klasse III, SIA 179
- Decken-/Wandmontage und Halterung Klasse V, SIA 179

Wärmemeldekabel

Zur Detektion von Bränden, bei welchen es zu Wärmeentwicklungen im Tunnel Wynematte kommt, wird ein Wärmemeldekabel zur Detektion verwendet. Durch das Wärmemeldekabel kann der Brandherd zuverlässig auf 10m genau detektiert werden. Das Kabel ist ein Multimode-Glasfaserkabel mit Lasergestützter Branderkennung.

Folgende weitere Anforderungen gibt es an das Wärmemeldekabel:

- Eine Einsatztemperatur von -10°C bis +60°C und einer Messgenauigkeit von ±3°C ist erforderlich.
- Auflösung/Detektionsmöglichkeit mindestens alle 10m
- Lasergestützte Branderkennung
- Das armierte Wärmemeldekabel hat eine halogenfreie Kunststoffummantelung
- Wartungsfreies Kabel im Normalbetrieb
- Bei Beschädigung des Kabels, kann durch eine Spleissung das beschädigte Teilstück repariert werden.
- Die Messung und Auswertung erfolgt in der Hauptzentrale im BMT-Schrank
- Zum Testen und zu Unterhaltszwecken muss eine 2m lange Teststrecke in der Hauptzentrale erstellt werden.
- Zum Prüfen der Strecke (Teststrecke oder im Tunnel) benötigt es eine Prüfvorrichtung.

- Das Kabel und die Befestigung muss resistent gegen aggressive Umgebungseinflüsse, Erschütterungen und verkehrsbedingte Druckwellen sein.
- Deckenmontage und Halterung Klasse V, SIA 179

Montage

Es ist vor der Definition der Montageposition zu prüfen, ob die Wärmeabstrahlung der Ein- und Ausfahrtsbeleuchtung eine Auswirkung auf die Wärmedetektion hat und somit eine Falschmeldung hervorrufen kann. Diese Prüfung muss nachgewiesen werden können. Zusätzlich müssen die Parameter für die Alarm Meldungen der einzelnen Abschnitte im Betrieb anpassbar sein. Für die Montage des Brandmeldekabels, gibt es spezielle Halterungen, welche im Abstand von einem Meter an der Tunnel Decke montiert werden. Das verwendete Montagematerial wie Halterungen und Schrauben sowie Dübel müssen der SIA 179 Klasse V entsprechen.

Das Brandmeldekabel wird über der Fahrspur als Ring (HZ - Portal Wynematte - Portal Helgefeld - HZ) im Tunnel installiert. Der Ringschluss von Hauptzentrale bis zum Portalanafang findet jeweils im Kabelrohrblock in einem geschützten PE Rohr statt. Im Tunnelfahrraum wird das Brandmeldekabel über der Fahrspur Bern zwischen den Kabelausgängen C und D im Tunnel hochpunkt, so dass das Kabeltrasse keine Detektionsbeeinträchtigung verursacht, installiert. Im Bereich der Rechteckprofile Nord und Süd wird das Brandmeldekabel in der Flucht der bisherigen Position an der Decke über der Fahrspur Bern weitergeführt. Montagedetails sind in den Plänen 2694-1 Raumbesetzung Tunnel Rundprofil, 2694-2 Raumbesetzung Tunnelportal Wynematte, 2694-3 Raumbesetzung Tunnel Rechteckprofil Helgefeld und 2694-4 Raumbesetzung Tunnel SV-Nischen zu finden.

Die 2m lange Teststrecke wird im UG der Hauptzentrale senkrecht an die Wand mithilfe des Standard Montage Set montiert. Daneben wird die Prüfvorrichtung mit einer Halterung an die Wand befestigt. Unter der Teststrecke wird für Prüfvorrichtung eine Steckdose benötigt.

Das Brandmeldekabel wird an der Auswerteeinheit im Schrank PYE001 angeschlossen.

Wenn die Montage abgeschlossen ist, muss das Kabel (Tunnel und Teststrecke) geprüft und eingestellt werden.

Auswerteeinheit

Die Auswerteeinheit des linearen Glasfaser Wärmemelder ermittelt aufgrund von zeitlich abhängigen Messwertänderungen den Brandort. Nach Überschreiten der variabel einstellbaren Grenzwerte wird ein Alarmsignal aktiviert. Im Bereich der Portale, (die ersten 40-50 m) müssen andere Grenzwerte eingestellt werden können als im übrigen Tunnel. Die Auswerteeinheit ist ab dem USV-Netz der BMA gespiesen.

Mindestens 3 Detektionskriterien sind gefordert:

- Überschreitung von einem Temperaturabsolutwert (°C).
- Differentielle Temperaturerhöhung (°C/Sek). (Voralarm bei 5K/min Temperatur Änderung und bei den ersten 10K/2min einen Alarm)
- Temperaturdifferenz zwischen benachbarten Messbereichen (d°C).

Das Wärmemelder Detektionssystem muss folgende Funktionen erfüllen:

- Genaue Definition des Brandortes
- Automatische Kompensation der Messwertabweichungen bei Verschmutzung und Alterung.
- Einzelne Sektoren müssen ausgeblendet werden können.

- Das Detektionssystem muss der Europäischen EMV-Richtlinie: 2014/30/EU entsprechen
- Erfassung von Strahlungs- und Konvektionswärme
- Brandort Bestimmungsgenauigkeit mit einer örtlichen Auflösung < 10 m (Ortsauflösung)
- Messgenauigkeit +/- 3°C, 1°C Messwertauflösung
- Alarmauslösung über absolute Temperatur und Temperaturgradient Min. 6 konfigurierbare Alarmzonen
- Bestimmung des Brandortes ≤ 1 Minute
- Fehlalarmvermeidung keine Alarmauslösung bei punktueller Erwärmung (z.B. LKW-Auspuff, heisses Autodach)

4.5.2 Brandmeldeanlage Gebäude

Die Brandmeldeanlage Gebäude (BMG) bildet zusammen mit der Brandmeldeanlage Tunnel (BMT, sie Kapitel 4.5.1) eine Einheit. Beide sind in separaten Schränken positioniert, jedoch läuft die Kommunikation der Anlagen gesammelt über die KS BMA für interne Zwecke zur Leittechnik oder über die BMG für Brandmeldungen an die Einsatzdienste. Die BMG hat einen eigenen Schrank im Leittechnikraum mit eingebauter Brandmeldezentrale (BMZ) welche die Steuer Ebene bildet. Auf der Feldebene sind die Sensoren und Aktoren sowie das Feuerwehr-Bedienpanel zur Visualisierung des Brandherdes und Bedienung der BMG im Erdgeschoss des NA2. Die Brandmeldeanlage wird mit Notnetz versorgt, die Einspeisung zur BMG erfolgt ab BMT. Details sind in der Beilage 2681 zu finden.

Generelle Anforderungen an die Systemtechnik

Folgende Grundfunktionen und Systemeigenschaften sind vorausgesetzt:

- Die Architektur des gesamten Systems ist aufgaben-, ebenen-gerecht sowie übersichtlich zu strukturieren.
- Das System muss gemäss vorgegebenem Konzept aufgebaut werden.
- Stabile und leistungsfähige Hardware mit genügend konzeptioneller Reserve, konfigurier- und parametrierbar ist zu verwenden.
- Modularer Softwareaufbau mit Verwendung von Standard-Modulen.
- Ausfälle von einzelnen Komponenten oder Anlagenteilen dürfen keine sicherheitsrelevanten Folgen haben.
- Die Visualisierung und Bedienung, muss die Ereignis Bewältigung unterstützen.
- Einzel- und Gesamtprüfungen der BMG mit Prüfprotokollen sind Bestandteil der Abnahme.
- Sämtliche Bedienungsschritte müssen mit Datum- /Uhrzeit-Stempel (sec.) protokolliert und abgespeichert werden. Das Auslesen muss Benutzerfreundlich ablaufen.
- Alle Werkzeuge und Programme für die Pflege und Erweiterung des Systems sind bleibend vorhanden (z.B. Lizenzen, umfassende Dokumentation, Interpreter, Compiler usw.).
- Das Anlagekennzeichnungssystem AG (AKS AG) muss vollständig und ohne Einschränkungen für alle Kabel, Aktuatoren und Komponenten übernommen werden.

Steuerungskomponenten

Das (Typengeprüfte) System und deren Komponenten müssen als Ganzes dem heutigen Stand der Technik entsprechen. Standardkomponenten (Hard-/Software) werden bevorzugt und müssen Gewähr bieten, dass sie langfristig vom Markt unterstützt werden. Die Systeme müssen aus Komponenten bestehen, die bei steigenden Leistungsanforderungen aufwärtskompatibel mitwachsen. Die Systeme müssen ein breites Angebot an Schnittstellen unterstützen. Durch modularen Aufbau müssen defekte Komponenten schnell und unproblematisch ausgewechselt werden können.

Die folgenden Steuerkomponenten unterliegen erhöhten Anforderungen und werden deshalb spezifiziert:

Brandmeldezentrale (BMZ der BMG)

Die BMZ ist eine mikroprozessorgesteuerte Zentrale mit integrierter Notlaufelektronik (inkl. Stützbatterien). Die BMZ überwacht die Betriebszustände, steuert abgesetzte Einrichtungen und verarbeitet die Signale von Brandsensoren und Meldern der Räume/Standorte.

Die BMZ befindet sich in der Hauptzentrale im Raum „Leittechnik“ in einem eigens für die BMG vorgesehenen Elektroschrank. Die integrierte Bedieneinheit der BMZ entspricht im Wesentlichen den Funktionsanforderungen des Feuerwehr-Bedienpanel. Ein Schlüsselschalter dient zur Freigabe der Bedienung für den Anlagebetreiber.

Die BMZ verfügt über Schnittstellen für den Anschluss von:

- Schnittstelle (Bus) zu den Punktmeldern und Handalarmtastern
- Schnittstelle zu den Feuerwehrbedienfelder
- Schnittstellen zu den Einrichtungen für die Alarmierung
- Fernalarmierung auf Leitsystem
- Potentialfreie Kontakte zu Drittsystemen (Reflexe)

Feuerwehr-Bedienpanel

Das Feuerwehr-Bedienpanel, bestehend aus einem Alu-Spritzgussgehäuse sowie aus der Anzeige- und Bedieneinheit. Das Feuerwehr-Bedienpanel erlaubt die vollumfängliche Bedienung der Brandmeldezentrale. Ein Schlüsselschalter dient zur Freigabe der Bedienung für den Anlagebetreiber. Das Displaymodul umfasst Funktions- und Zifferntasten für den Zugang zum Bedienermenu.

Minimale Anforderungen an das HMI des Feuerwehr Bedienpanel:

- Aus- und Einschalten von Meldegruppen oder einzelner Sensoren
- Steuerung/Bedienung
- Begrenzung der Alarmierungsdauer mit einstellbarer Zeit
- Testschaltung zum Prüfen der Sensoren
- Bedienungs- und Abfrageschaltung für Melder-Verschmutzungsgrad
- Hinweistexte sowie kundenspezifische Texte
- Montagestandorte der Sensoren und Melder
- Die komplette Bedienung ist menügeführt. Das Modul enthält ein beleuchtetes LCD-Display mit min. 16 Zeilen à je 40 Zeichen für die Anzeige der Betriebszustände.

Betriebszustände:

- Brandalarm
- Störungsmeldung
- Wartungsbetrieb
- Fernalarmierung

Bedienung:

- Horn abstellen
- Rückstellen / Quittieren
- Schlüsselschalter zum Sperren / Freigeben der Tasten

Anzeige:

- Alarm
- Störung
- Test
- Abschaltung

Generelle Anforderungen an Steuerungskomponenten

Prioritäten im System

Für die zeitliche Behandlung im System gelten folgende Prioritäten (Priorisierung in absteigender Form):

- Prozessdatenverwaltung
- Abarbeiten von Steuerhandlungen, Interaktionen usw.
- Alarmbehandlung, Protokollierung
- Bildaufdatierungen, Überwachungsanzeigen
- Eingaben, Deklarationen, Listenwesen

Initialisierungsvorgang

Das Starten eines Teilsystems hat selbständig über entsprechende Kommandofiles zu erfolgen und muss einen betriebsbereiten Zustand erreichen. Der Anlauf wird mit Datum und Zeit protokolliert. Der Wiederanlauf nach einem gesamthaften oder teilweisen Stromausfall muss automatisch erfolgen. Beim Wiederanlauf wird das detaillierte und aktualisierte Prozessabbild eingeholt und visualisiert. Der Anlauf wird mit Datum und Zeit protokolliert.

Überwachung

Die Anlagenkomponenten sowie für den Betrieb relevante Softwaremodule müssen durch die Brandmeldezentrale überwacht werden. Der Ausfall eines dieser Module muss übergeordnet gemeldet und protokolliert werden. Die Überwachung auf Prozessleitebene und höher wird durch die Leittechnik realisiert.

Folgende Grundfunktionen und Systemeigenschaften werden als gegeben vorausgesetzt und nicht weiter beschrieben:

- Sämtliche Schutzschalter werden auf ihren Status überwacht. Die Auslösung der Schutzschalter generiert einen Alarm.

- Sämtliche Schütze werden ebenfalls auf Ihren Status überwacht. D.h. nach dem Setzen des Einschaltbefehls muss nach Ablauf von einer Verzögerungszeit die Betriebsmeldung gemeldet werden. Wenn die Rückmeldung nicht erfolgt, wird ein Alarm generiert.
- Alle Sensoren der Anlage werden auf Kurzschluss oder Defekt überwacht. Bei Erfüllen der Störkriterien wird ein Alarm generiert.

Die Brandalarme werden unverzögert an das Leitsystem gemeldet. Folgende Meldungen sind bereitzustellen:

- Sammelalarme
- (Pro Meldelinie Voralarm)
- Pro Meldelinie Hauptalarm
- Störanzeige (Feuerwehr-Bedienfeld)
- Rauchmelder
- Handalarmtaster

Die Eigenüberwachung und das Alarmierungskonzept sind insgesamt so zu gestalten, dass keine regelmässige Systemüberwachung durch Bedienpersonal vorausgesetzt werden muss. Insbesondere muss die geforderte hohe Verfügbarkeit der Anlage bei minimaler Wartung erhalten bleiben.

Datenpunkte

Es gilt zwischen zwei Datenpunkttypen zu unterscheiden:

- Virtueller Datenpunkt (Softwaredatenpunkt)
- Physikalischer Datenpunkt (Hardwaredatenpunkt)

Sämtliche Betriebsmittel, systeminterne Datenpunkte der Anlage und Schnittstellen zu anderen Anlagen müssen in einer Datenpunktstruktur definiert und dokumentiert werden. Grundsätzlich sind sämtliche Datenpunkte (virtuelle und reelle) zu erfassen und zu bestimmen. Die Datenpunkte müssen vorgängig von der Bauherrschaft genehmigt und freigegeben werden, bevor sie integriert werden können (z.B. Tunnelreflexe, Datenpunkte zur Betriebsleitebene usw.). Alle verwendeten Kommunikations-Protokolle müssen funktional und inhaltlich detailliert beschrieben werden.

Funktionsbeschrieb BMG

Jedes technische Lokal (Zentrale/Raum) wird brandschutzmässig mittels einer automatischen Detektionsanlage nach Abschnitten überwacht, und zwar nach dem Prinzip des Vollschutzes, d.h. alle geschlossenen Räume, auch in den Doppelböden, Durchgänge, und Treppenhäuser sind mittels Brandmeldern überwacht. Die zu überwachenden Räume sind durch den Eintrag von Brandmeldern in den Plänen definiert. (Beilagen 2691-2 Hauptzentrale EG Apparateplan, 2691-6 Hauptzentrale UG Apparateplan, 2692-2 NA1 Buhalde Apparateplan, 2692-6 NA3 Helgefeld Apparateplan, 2693-2 Elektrostützpunkt Wynematte[3] Apparateplan und 2693-6 Elektrostützpunkt Helgefeld.)

Die BMG hat die Aufgabe, technische Lokale zuverlässig zu überwachen, unverzögert Alarme für das Abschalten der HLK-Anlage auszulösen, die Alarmierung über akustische Anzeigen innerhalb des

[3] Es gilt zu beachten, dass der neue erstelle Nebenraum des ESP Wynematte ebenso mit einem Rauchmelder ausgestattet sein wird. Da die Bauliche Pläne von diesem Nebenraum beim Zeitpunkt der Erarbeitung des Dokumentes noch nicht zur Verfügung standen, konnte kein Apparatenplan erstellt werden.

Gebäudes, sowie Alarme über die Fernalarmierung zur Leitebene zu senden. Die Energieversorgung erfolgt ab dem bauseitigen 230V USV-Netz. Details der Leittechnik BMG in Beilage 2681.

Brandmeldung

Die Brandmeldung der BMG basiert auf einer autonomen Branderkennung und der Möglichkeit einen Brandalarm manuell auslösen zu können. Die geplanten Standorte zu Feldgeräten der BMG sind der Beilage 2681 zu entnehmen. Die genauen Standorte für die Platzierung der Apparate wie Brandmelder, Handalarmtaster, Feuerwehrbedientableau etc. wird im Rahmen der Ausführung zusammen mit dem Lieferanten und der Feuerwehr festgelegt. In den Batterieräumen müssen Ex geschützte Brandmelder montiert werden.

Brandmelder

Kombinierte Rauch- und Wärmemelder müssen sowohl ein frühzeitiges Erkennen von Schwel-, Glimm- und offenen Bränden mit Rauchentwicklung ermöglichen als auch Brände mit hohen Temperaturen erfassen können. Durch Einzeladressierung muss eine genaue Definition des Brandortes möglich sein. Die Auswertelogik muss zwecks Reduktion der Fehlalarmrate vollumfänglich eine Parametrierung der Umgebungssituation ermöglichen. Die Brandmelder müssen über eine Ringleitung (Bus-Technologie) an die BMZ angeschlossen sein. Ein Unterbruch oder Kurzschluss dieser Ringleitung darf nicht zum Ausfall der Funktion führen und muss gemeldet werden. Messabweichungen, welche durch Verschmutzung oder Alterung hervorgerufen sind, müssen automatisch kompensiert werden, so dass eine Reduktion der Wartungsintervalle erreicht wird. Die Brandmelder haben den Normen EN54-5 und EN54-7 zu entsprechen. Ausserdem müssen sie vom VKF oder vom VDS anerkannt sein. Zur Prüfung der Brandmelder gibt es eine Kalibrier-/Test-Apparatur, welche verwendet werden kann.

Handalarmtaster

Die Handalarmtaster dienen zur manuellen Alarmauslösung und befinden sich in jedem technischen Raum und im Gang der Hauptzentrale sowie im EG jedes Fluchtweg Notausgang. Durch das Eindrücken der Glasscheibe muss der Auslöseknopf freigegeben und ein elektrisches Signal erzeugt werden. Dieses Signal muss zusammen mit der Adresse des Handalarmtasters von der BMA ausgewertet und als Brandalarm angezeigt werden. Die Handalarmtaster müssen ebenfalls an die Ringleitung der Brandmelder angeschlossen werden und sind mit einer Plombierung zu versehen. Die Funktionsprüfung des Melders muss ohne Entfernen des Glases möglich sein.

Alarmierung

Die Alarmierung eines Gebäudebrand erfolgt sowohl auf der Leitebene wie auch vor Ort.

Fern

Die Brandalarme werden unverzögert an das Leitsystem gemeldet. Folgende Meldungen sind bereitzustellen:

- Sammelalarme
- Voralarm, pro Meldelinie
- Hauptalarm, pro Meldelinie
- 1x Störanzeige (Feuerwehr-Bedienpanel)
- 1x Handalarmtaster

Lokal

Die Meldung umfasst vor Ort sowohl eine akustische als auch eine optische Alarmierung eines Brandes.

Dabei sensibilisiert die akustische Alarmierung in einem ersten Schritt die vor Ort befindlichen Personen. Diese akustischen Alarmierungseinrichtungen müssen ein Signal erzeugen, welches deutlich und eindeutig als Brandalarm wahrgenommen wird. Die akustischen Warngeber sind im Gang des UG der Hauptzentrale sowie in den beiden Technikräumen des NA1 und NA3 zu installieren.

Im Eingangsbereich der Hauptzentrale (EG des NA2) befindet sich ein Feuerwehr-Bedienpanel, welches den eintreffenden Einsatzkräften in einer Übersicht den Betriebszustand der BMG vermittelt und den Brandherd im Ereignisfall eindeutig und rasch visualisiert. Das Feuerweh-Bedienpanel erlaubt es autorisierten Person die Rückstellung des Brandalarmes und eine Konfiguration der Anlage.

Der Feuerwehreinsatzplan (Laufkarten) neben dem Feuerwehr-Bedienpanel dient der Orientierung im Gebäude. Unterstützt wird die Orientierung durch Alarmindikatoren oberhalb jeder Zentralentür, welche eine optische Lokalisierung und den Weg zum Brandherd zeigen.

Reflexe

Bei Erkennung eines Gebäudebrandes durch die BMG wird dieser (via KS der BMA) dem Knotenrechner gemeldet. Die Reflexe sind in der Wirkmatrix (Beilage 2664) durch das ATB definiert. Die BMA KS und der Knotenrechner, leiten die Reflexe an die Anlagen weiter, welche daraufhin die festgelegten Aktionen ausführen. Alle beteiligten Anlagensteuerungen senden einen Bestätigungsdatenpunkt über abgegebene und empfangene Reflexe an die BLE. Bei Gebäudebrand wird unverzüglich bei Alarmierung, die Fernübermittlung an die KNZ sowie die Feuerwehr eingeleitet. Die abgesetzte Brandfallsteuerung in den Technikräumen der NA’s und ESP’s mit Lüftungsanlagen, wird ab abgesetzten BMG Brandfallsteuergerät, im entsprechenden Raum die Einspeisung der Gebäudelüftung unterbrechen und somit die Lüftungsanlage ausschalten.

4.5.3 Videoanlage

Die Auslegung der Videoanlage erfolgt gemäss der Astra Richtlinie [4] und der ATS [36].

Das Videosystem ist beim Kanton Aargau ein einheitliches System. Die Videoanlage im Tunnel Wynematte ist deshalb lediglich eine Erweiterung des bestehenden Systems. Die Anlage ist in Beilage 2652 als Übersicht dargestellt.

Im Tunnel werden für die Überwachung und Ereignisdetektion insgesamt 13 Kameras benötigt. Dazu kommt jeweils eine Portalkamera auf Seite Wynematte und Helgefeld. Für die Überwachung der Anliegenden Knoten Südanbindung und Meierhof werden total 6 Kameras benötigt.

Kamera

Gemäss Vorgaben der Bauherrschaft, sollen die IP-Kameras am nächstgelegenen Netzwerk-Switch (SOS-Kasten) in das Kantonsnetzwerk (BKN AG) eingebunden werden.

Die Montage im Tunnel ist im Tunnelgewölbe. Auf der Offenen Strecke an Kandelaber Masten oder Aufsetzmasten bei Signalportalen. Es werden Decken- und Wandausleger benötigt. Im Bereich enger Kurven sind die Kameras alle 50m oder 65m positioniert. Auf geraden Teilstücken mit Abständen von 80m, dies aufgrund der Anordnung des Fluchtweg Buhalde und einheitlichen Abständen der Kameras.

Es soll jeweils im Bereich einer Notausgangtür eine Kamera den Notausgangsbereich im Blickfeld haben.

Die Astra Richtlinie [4] definiert folgende Kameratypen:

- Typ 1: Fixe Kamera für Ereignisdetektion und visuelle Beobachtung des Verkehrs.

- Typ 2: Fixe oder steuerbare Kamera für visuelle Beobachtung des Verkehrs und Ereignisdetektion bzw. Pannenstreifenumnutzung.
- Typ 3: Fixe oder steuerbare Kamera für visuelle Beobachtung des Verkehrs.
- Typ 4: Fixe und drahtlose Kamera für visuelle Beobachtung des Verkehrs. Sie wird nur für zeitlich begrenzte Lösungen eingesetzt

Gemäss der Astra RiLi [4] werden im Tunnel Wynematte und der Vorzonen folgende Typen eingesetzt:

Tunnel Typ 1

Vorzone Typ 3

IP-Kameras

Die IP-Kameras (z.B. AXIS P1375) Spezifikationen für Kameras vom Typ1 und Typ3 sind:

- Sensor: CMOS
- Betriebstemperatur -10 bis 50°C
- Auflösung: HDTV (1920x1080)
- Videokomprimierung: H.264
- POE fähig (PoE IEEE 802.3af/802.3at Typ 1 Klasse 3)
- Gute Bildqualität bei Störungen der Lichtintensität (z.B. Blendung oder Verdunkelung)
- Mindestbeleuchtung 0.1 Lux
- Alle Kameras sind durch ein Gehäuse geschützt.
- Unterstützung Automatisches Blenden-System

Objektive

Die Objektive werden gemäss Kamerastandort und Anforderung ausgewählt. Jede Kamera muss per Fernzugriff konfigurierbar und parametrierbar sein. (Weissabgleich, Kontras, Helligkeit, Sättigung)

Im Tunnel (Kamera Typ 1) werden Objektive mit automatischem Blenden-System (z.B. P-Blende bei Axis Kameras) eingesetzt. Die Brennweite ist manuell variabel (9.0 bis 40mm) verstellbar.

Die Aussenkameras (Kamera Typ 3) werden mit Objektiven variabler Brennweite (manuell verstellbar 2.8 bis 8mm) und automatischem Blenden-System ausgerüstet, um eine optimale Bildaufnahme gewährleisten zu können.

Kameragehäuse

Im Tunnel soll ein Edelstahl-Kameragehäuse die Kamera schützen. Speziell entwickelte Kameraschutzgehäuse (Klasse III, SIA 179) sollen die Kameras für die speziellen Anforderungen im Strassenbereich schützen. Für die Kameragehäuse auf der offenen Strecke und der Vorzone, können Aluminiumgehäuse oder Gehäuse aus Materialien der Klasse II gemäss SIA 179 eingesetzt werden. Die Scheiben der Kameragehäuse müssen so angebracht werden, dass Reflexionen der Fahrzeugscheinwerfer vermieden werden. Zusätzlich soll die Scheibe vor Verschmutzung geschützt werden. Der Schutzgrad der Kameras sollte mindesten IP66 sein. Im Aussenbereich wird das Gehäuse mit einem Sonnenschutzdach ausgerüstet, damit eine bessere Isolation gegen die direkte Sonnen-Erwärmung vermieden wird. Um das Anlaufen der Scheibe zu verhindern, wird in jedem Kameragehäuse eine Heizung eingebaut. Je nach Standort, werden die Komponenten mit der im Projekt vorgegebenen Farbe lackiert (gilt nur für die Kameras auf offener Strecke).

Der Sicherheitsabstand von Kameras und Befestigungselemente zum Lichtraumprofil muss mindestens 30 cm betragen.

Halterung

Im Tunnelbereich werden Wand- oder Deckenhalterungen verwendet. Die Halterung sollte aus einer Montageplatte (Horizontale Ausrichtung) und einem Schwenkneiger (Vertikale Ausrichtung) bestehen. So dass die Kamera-Ausrichtung in jede Richtung eingestellt werden kann. Die Endposition muss dauerhaft und sicher fixiert werden können.

Ausserhalb des Tunnels werden Masthalterungen oder Mast-Adapter eingesetzt.

Verdrahtung

Die Videokameras werden via Power over Ethernet (PoE) ans BKN angeschlossen. Die Kameras haben ein fix eingebautes Kabel welches an der Anschlussdose gemäss ATS [36] angeschlossen wird. Von der Dose bis zum Switch wird das Kabel (CAT. 7 LAN-Kabel) bauseitig eingebaut und im Schrank des Switchs via wenn nötig einen Range Extender und Überspannungsschutz (Kombi-Ableiter T1 und T2) auf dem Patchpanel oder den DRM-Modulen angeschlossen. Die Tunnelkameras werden über PoE Switches in den SOS-Alarmkasten angeschlossen. Die Kameras auf der offenen Strecke via Elektrostützpunkt oder Verteilkabine. Kameras vom Typ 1 werden zwingend ab Notnetz versorgt, Kameras von Typ 3 können mit Normalnetz betrieben werden.

Bildspeichersystem (BSS) und Bildauswertesystem (BAS)

Lokal im Tunnel Wynematte wird ein dezentraler Bildspeicher für die Speicherung von 72h Bildmaterial eingebaut. Dies zusätzlich zu den Technikräumen Buchehof und Lenzhard mit dem Zentralen Bildspeicher. Das BAS und BSS ist im Dokument [37] für die Erweiterung einer Anlage beschrieben.

Für das BAS wird ein dezentraler Analyse Server in der Zentrale des Tunnel Wynematte eingebaut, welcher die Bildanalyse der Videokanäle (Kameras innerhalb des Tunnels) übernimmt.

Als Ereignis gilt ein bestimmtes Vorkommnis im Strassenverkehr, welches die Verkehrssicherheit und das Verkehrsmanagement beeinflussen. Folgende Ereignisse werden vom Bildauswertungssystem im Tunnel Wynematte automatisch erkannt und melden dies dem ÜLS (kein Reflex ab BAS):

- Stehendes Fahrzeug.
- Stau: stehende Kolonne
- Gegenstand auf der Fahrbahn.
- Rauch/Brand: Rauch oder Brand im Tunnel

Das BAS wäre in der Lage um zusätzlich folgende Messwerte innerhalb des Abschnitt zu erfassen:

- Zeit der Durchfahrt
- Geschwindigkeit
- Fahrzeugart (PW-ähnliche Fahrzeuge, LKW-ähnliche Fahrzeuge)
- Fussgänger

Zusätzlich wäre es auch möglich die folgenden Messdaten innerhalb des Abschnittes zu erfassen:

- Verkehrsstärke (Fahrzeuge pro Stunde)
- Verkehrsdichte (Fahrzeuge pro Kilometer)

Video Management System (VMS)

Die Videoanlage des Tunnel Wynematte wird als Erweiterung in das bestehende Videosystem VMS AG und das ÜLS-AG eingebunden.

Es wird das Konzept des Kanton Aargau welches mit der Firma Siemens erstellt wurde weiterverfolgt. In der Übersicht des VMS sind alle Tunnels zu sehen der Tunnel Wynematte wird ebenfalls als Anlage darin integriert zu sehen in [38]. Wie das VMS aufgebaut wird und die Kommunikation abläuft ist im VMS Connector Dokument [39] beschrieben. Verweis TBD

Bedienung und Betrieb

Da die Kameras direkt in das BKN-AG eingebunden werden, ist es auch möglich im gesamten BKN-LAN auf die Kameras zuzugreifen. So ist es einerseits möglich in der Hauptzentrale des Tunnels am Arbeitsplatz-PC die Bilder aufschalten zu lassen oder auch von Ausserhalb über das BKN-LAN die Kamerabilder zu streamen.

4.5.4 Divers

Die Divers Anlage ist in der Beilage 2653 dargestellt.

Im Tunnel Wynematte wird die Divers Anlage nicht nur über Potentialfreie Verbindungen, sondern auch über RIO Glasfaser Verbindungen kommunizieren [45]. Zu diesem Zweck sind in den SOS-Alarmkasten, Technikräumen der Notausgänge und den Elektrostützpunkten RIO's geplant (zu sehen in Abbildung 4-7). Dieses Konzept wird ebenfalls in der offenen Strecke bei Bedarf einer Divers Anlage angewendet.

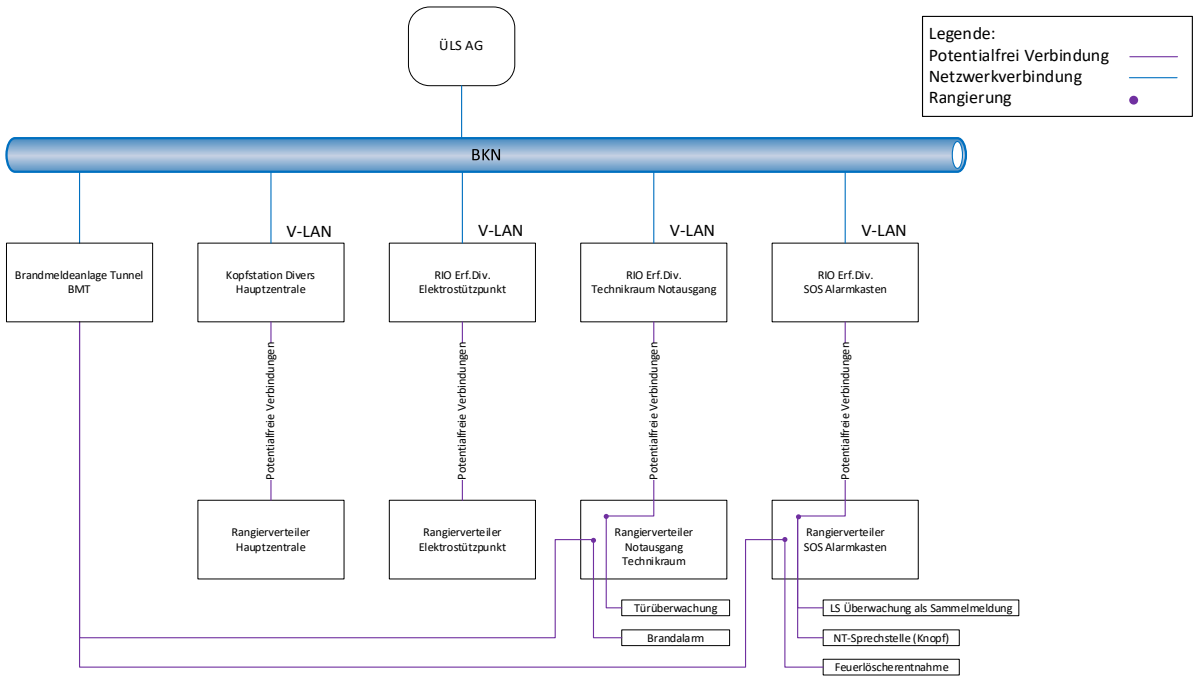


Abbildung 4-7: Prinzip Divers Verkabelung mit RIO's im virtuellen Netzwerk der Divers Anlage [45]

Kopfstation

Die Kopfstation der Divers Anlage bildet die SPS im Leittechnikraum der Hauptzentrale. Für die KS Divers wird kein MMI vorgesehen. Die Divers Anlage wird via ÜLS-AG angesteuert. Die KS Divers ist von zentraler Bedeutung und steuert die Funk- und Einsprechanlage, Beschallungsanlage und Überdrucklüftungen. Die Divers Anlage steuert und verwaltet alle Systeme, welche keine eigene Kopfstationen haben. Die Datenpunkte werden durch die SPS der Divers Anlage in der Kopfstation oder den

abgesetzten RIO's auf dem Feld eingelesen. Neben den bereits erwähnen Anlagen werden auch die folgenden Anlagen im Divers integriert: Sicherungsüberwachungen, Türkontaktüberwachungen und Stapelbecken Steuerung.

Zusätzlich hat die Divers Anlage mit vielen Anlagen eine Kommunikationsschnittstelle für Reflexe und wichtige Informationen. Dies zum Beispiel mit der Brandmeldeanlage, dem Verkehrsleitsystem oder der Videoanlage.

SPS Slaves und RIO

Die Slaves/RIO's der Divers Anlage funktionieren vom Prinzip wie die Steuerung in der Zentrale. Sie können an einem abgesetzten Ort potentialfreie Signale einlesen oder ausgeben. In Abbildung 4-8 sind in den Feldern Potentialfrei via RIO Erfassung Divers (V-LAN) die Meldungen dargestellt, welche über die RIO's eingelesen werden.

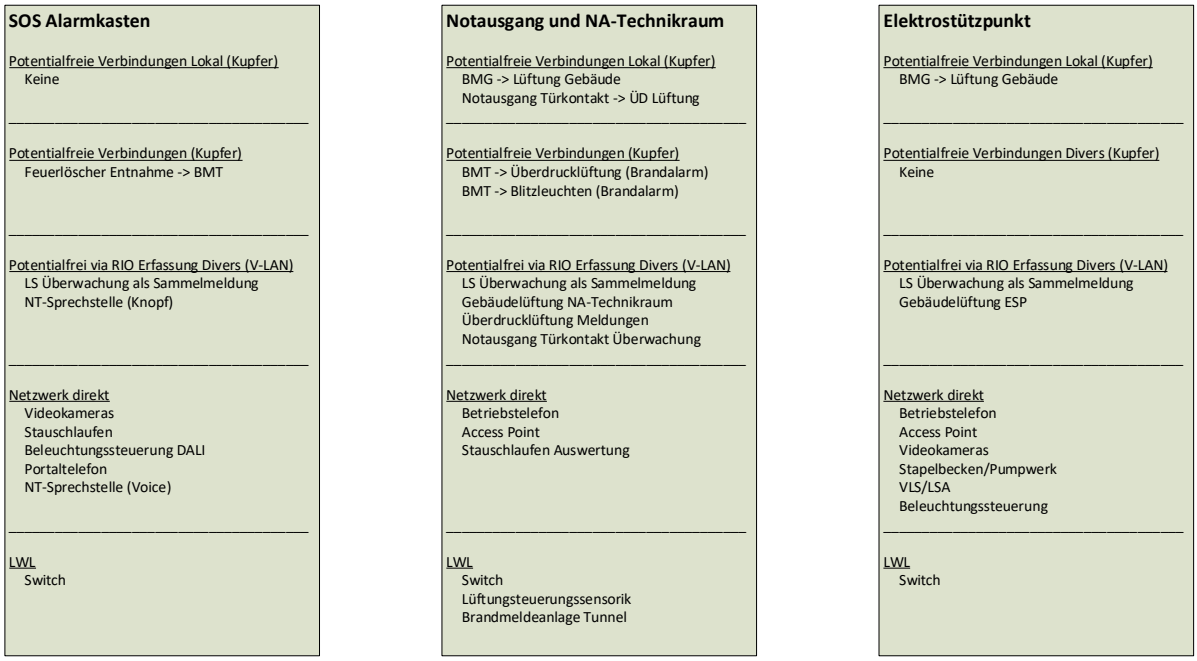


Abbildung 4-8: Kommunikation Tunnel Wynematte, Konzept der Divers Anlage [45]

Verbindung mit dem KS Divers

Die Wichtigsten Signale sind per Kupfer direkt an der KS Divers angeschlossen. Dies betrifft z.B. die Feuerlöscher Entnahme und der Tunnel oder Gebäude Brandalarm. Auch zu sehen in der Abbildung 4-7. In der Abbildung 4-8 sind die direkten Verbindungen in den obersten beiden Feldern, Potentialfreie Verbindungen Divers oder Lokal dargestellt. In der Beilage 2653 ist die komplette Divers Anlage dargestellt.

4.5.5 Glatteismeldeanlage

Es wird keine Glatteismeldeanlage geplant

4.6 Kommunikation & Leittechnik

4.6.1 Kommunikation

Die Kommunikation erfolgt mittels kantonalen Netzwerks, BKN-AG. An diesem werden die verschiedenen Kopfsteuerungen der Installationen sowie der Knotenrechner vom Tunnel angeschlossen und ist grafisch nicht abschliessend in Abbildung 4-9 visualisiert.

Am gleichen Netzwerk werden auch die Anlagen des VLS und der LSA angeschlossen.

Ein Prinzip der Anbindung ist in der Abbildung 4-8 dargestellt.

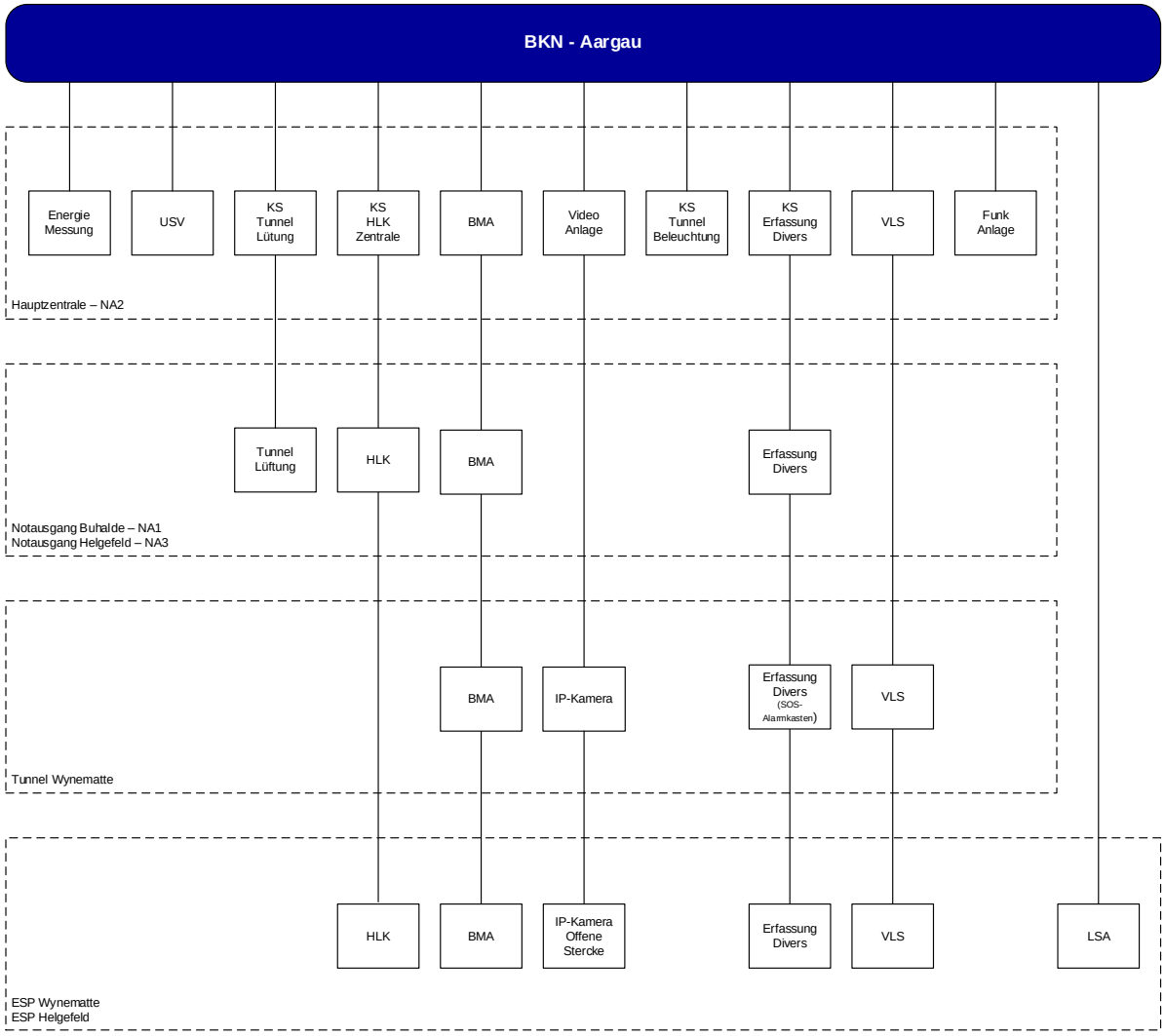


Abbildung 4-9: Prinzip Anbindung der Leittechnik am BKN-AG

Knotenrechner

Der Knotenrechner (virtuelle Maschine) ist der Kopfsteuerungen übergeordnet. Der Knotenrechner wird ebenfalls an das kantonale Netzwerk angeschlossen, er steuert die Kommunikation zwischen dem Leitsystem ÜLS und den Kopfsteuerungen der diversen Installationen.

Ebenso gehört zu dieser Anlage auch die Lieferung des MMI für den Arbeitsplatz in der Hauptzentrale. Der Arbeitsplatz befindet sich im Raum 01R08, siehe auch Beilage 2691-1.

Einspeisung Knotenrechner

Die Einspeisung des Knotenrechners erfolgt via Notnetz.

Positionierung Knotenrechner

Der Knotenrechner befindet sich in Aarau BHO.

Eigenschaften Knotenrechner

Der Knotenrechner muss folgende Funktionen erfüllen:

- Verwaltung der Kommunikation mit dem übergeordnetem Leisystem (ÜLS), inkl. Meldung der Zustände, Meldungen, Messwerte und Alarme
- Verwaltung der Kommunikation zwischen der Knotenrechner der Installationen, sowie mit der VLS und der LSA
- Verwaltung der Szenarien und Reflexe
- Verwaltung Betriebsarten der Kopfsteuerungen
- Verwaltung der Zeitsynchronisation
- Umsetzung/Weiterleitung der Befehle die aus dem ÜLS kommen
- Sicherstellung der Autonome Gewährleistung des unterschiedlichen Analgens sowie die Ermöglichung der Parametrierungen
- Verwaltung der Benutzer und dessen Rechte

Einspeisung MMI-Arbeitsplatz

Die Einspeisung der MMI vom Arbeitsplatz erfolgt via Notnetz über die Steckdosen im Brüstungskanal der Arbeitsplatztes.

Positionierung MMI-Arbeitsplatz

Das MMI wird auf dem Schreibtisch beim Arbeitsplatz installiert.

Ausstattung mit generellem Client mit Applikationen, Nachbildung der MMI der Installationen (z.B. Videoanlage, Brandmeldeanlage, ÜLS, Beleuchtung).

Eigenschaften MMI-Arbeitsplatz

- 24 Zoll Monitor
- Auflösung: 1920x1080
- Einspeisung: 230V
- Tischmontage
- Farbe: Schwarz

Die Wirkmatrix ist in der Beilage 2664 abgelegt.

Kopfsteuerung

Die Kopfsteuerungen dienen der Kontrolle und der Steuerung der einzelnen Anlagen. Sie sind die Schnittstelle zwischen den Komponenten im Feld und das Netzwerk des Kantons.

Die Kopfsteuerung regelt bez. befehlt der Komponenten im Feld, im Falle eines Ereignisses, wie sich diese einstellen oder zu verhalten haben. Ebenso dient die Kopfsteuern als Sender der Messungen,

Regelwerte, Einstellungen für den Knotenrechner. Die Eigenschaften sind in folgende Abschnitte beschrieben.

Einspeisung Kopfsteuerung

Die Einspeisung der Kopfsteuerungen erfolgt je nach Anlagen mit Notnetz.

Positionierung Kopfsteuerung

Der Kopfsteuerungen befinden sich im Raum 01R08 der Hauptzentrale in den Schränken, die mit einer solche ausgestattet sind.

Eigenschaften Kopfsteuerung

Die Kopfsteuerung muss folgende Funktionen erfüllen:

- Verwaltung der Kommunikation mit der Feldebene
- Verwaltung Zeitsynchronisation
- Verwaltung der Kommunikation mit dem Knotenrechner (Meldungen, Messungen, Zustände und Alarme)
- Verwaltung der Reflexe, Betriebsarten und Szenarien
- Verwaltung der Benutzer
- Selbständiger Neustart nach Ausfall vom Stromnetz (Kalt- oder Warmstart)
- Verwaltung und Überwachung der Komponente die der Kopfsteuerung untergeordnet sind
- Befehle, die aus dem Knotenrechner kommen umsetzten
- Bedienung und Parametrierung der Anlage über der eigene MMI
- Archivierung der Messwerte
- Sicherstellung der autonomen Funktion/Regelung der Anlage auch bei Ausfall der Kommunikation mit dem Knotenrechner

Weitere Eigenschaften sind je nach Installation notwendig und sind in den dedizierten Kapiteln dieses Berichtes beschrieben.

Netzwerk

Um die Kommunikation mit dem Kantonalen Netz sicherzustellen, wird in der Hauptzentrale der Hauptswitch installiert.

Um die Kommunikation mit der BSA zu gewährleisten werden dazu folgende Access-Switch installiert:

- SOS-Nischen und SOS-Portale (7 Stk.)
- SABA (1 Stk.)
- ESP’s (2 Stk.)
- Notausgänge, exkl. NA2
- Hauptzentrale (2 Stk.)
- Verteilkabinen offene Strecke (5 Stk.)

Das Prinzip der der Anbindung ist im Plan 2665 ersichtlich.

4.6.2 Leittechnik

Das Prinzip der Leittechnik ist in der Beilage 2661 ersichtlich.

Integration Kopfsteuerung

Die Integration der Kopfsteuerungen erfolgt durch standardisierte Schnittstelle mittels eines einzigen Kommunikationsprotokoll dieses muss einheitlich für alle Analgen sein. Im Integrationsleitfaden [41] des ÜLS-AG ist alles für die Integration einer Anlage beschrieben.

Bedienung

Knotenrechner KNR

Der Knotenrechner KNR hat ein Mensch-Maschine-Interface MMI. Das MMI wird gemäss den Anforderungen des bestehenden ÜLS realisiert.

Die Bedienung erfolgt über die MMI auf folgenden Plattformen:

- Bedienrechner
- Service-Laptop
- Web-Browser über das KOM

Kopfsteuerungen KS

Die Kopfsteuerungen KS haben ein Mensch-Maschine-Interface MMI. Das MMI wird gemäss den Vorgaben des bestehenden ÜLS realisiert. Wenn möglich wird die Bedienung der KS über eine Web GUI realisiert. Das Web GUI kann dann im Knotenrechner/ÜLS integriert werden.

Das MMI ist zugänglich durch:

- das Bedienterminal der Kopfsteuerung KS
- ein Service-Laptop
- ein Web-Browser

Bedieneinheit MMI

Damit alle Bedieneinheiten (mit schwarzen Rahmen) in den Schranktüren einheitlich sind, werden folgende Typen verwendet:

- 24 Zoll Bildschirme/Monitore im Anlagenschrank (z.B. Videoanlage) oder auf dem Tisch (ÜLS-AG).
- 15 Zoll Touch Bedieneinheit eingebaut in der Schaltschranktür. (z.B. Brandmeldeanlage) Der Einbau der Bedieneinheit ist in der breite mittig des Schranks. Die Einbauhöhe ist auf 1.6m (mittig des Bedienpanels) ab fertig Boden anzuordnen.
- 7 Zoll Touch Bedieneinheit für kleinere Anlagen eingebaut in der Schaltschranktür. (z.B. Stapelbecken Steuerung) Der Einbau der Bedieneinheit ist in der breite mittig des Schranks. Die Einbauhöhe ist auf 1.6m (mittig des Bedienpanels) ab fertig Boden anzuordnen.

4.6.3 Funk- und Einsprechanlage

Die Installationen zur Einspielung der Signale der Funk- und Einsprechanlage konzentrieren sich in der Hauptzentrale-NA2, im Tunnel Wynematte wird über die ganze Tunnellänge das Strahlungskabel verlegt.

Der Mast, an dem die Antennen befestigt werden, befindet sich in der Nähe des Tunnelportal Helgefeld, beim Gebäude vom AEW, siehe Abbildung 4-10.

Da die Entfernung zwischen Antennenstandort und der Tunnelstation in der Hauptzentrale >300 Meter ist, müssen beim Standort der Antenne aktive Komponenten angebracht werden. Die Eispeisung diese Komponenten erfolgt ab dem NA3.

Das Prinzip dieser Einrichtung ist in der Beilage 2662 ersichtlich.

Die Anlage dient der Sicherheit der Strassenbenutzer des Tunnels. Ebenso dient diese Anlage der Einsatzdienst sowie dem Unterhalt respektive den Betrieb des Tunnels.

Die Funkanlage bietet die Möglichkeit an die Einsatzkräften (Polizei, Feuerwehr, Ambulanz) in Falle eines Ereignisses mittels Polycom zu kommunizieren.

Der VHF-Feuerwehrfunk wird mit den folgenden Frequenzen übertragen: 159.8 MHz (Uplink) und 164.4 MHz (Downlink). Der Signalbezug erfolgt ab der VHF Semiduplex Relaisstation in der Kopfstation. Damit das Signal zur Kopfstation gelingt wird dieses mittels elektrische-optische Komponenten umgewandelt. In der Tunnelstation wird das Signal dem Kanalselektivem VHF Gleichkanalumsetzer zugeführt. Ab der Tunnelstation wird das verstärkte Signal via Koaxialkabel und Koppelfeld in den Tunnel auf das Strahlungskabel übermittelt.

Das ÜLS übermittelt die unterschiedlichen Einsprechbefehle an die Kopfstation, Schrank TF001 in der Hauptzentrale. Bei einer Auslösung eins vordefinierten Text (Sprachkonserve) wird das laufende DAB+ Radioprogramm unterbrochen und die entsprechende Meldung wird im Tunnel ausgestrahlt, gleichzeitigt erhält das ÜLS die Information, dass die Einsprache aktiv ist.

Die DAB+ Radioprogrammen sollen während der Tunneldurchfahrt nicht unterbrochen werden. Alle DAB+ Signale werden über die Empfangsantenne empfangen und kanalselektiv aufbereitet und danach via LWL an die Tunnelstation übermittelt. Der Bandverstärker verstärkt die Signale und übergibt diese mittels Koaxialbabel und Koppelfeld dem Strahlungskabel, das im Tunnel montiert ist.

Einspeisung

Die Einspeisung der Kopf- und Tunnelstation erfolgt redundant (Normal- und Notnetz).

Die Einspeisung der aktiven Komponenten beim Standort der Antenne erfolgt mittels Normal und Notnezt.

Steuerung

Ab dem ÜLS können Sprachekonserven abgesetzt werden. Dazu wird über die Divers Anlage den Status der Anlage sowie die Zustände der Schutzeinrichtungen überwacht.

Positionierung

Schränke

Die Schränke der Installation werden in der Hauptzentrale im Raum 01R08 installiert, siehe auch Beilage 2691-2.

Strahlkabel

Das Strahlkabel wird ab der Hauptzentrale über die ganze Länge des Tunnels Wynematte verlegt. Das Kabel wird an der Decke der Tunnelwölbung angebracht, siehe auch in den Beilagen 2694-1 Raumbesetzung Tunnel Rundprofil, 2694-2 Raumbesetzung Tunnelportal Wynematte, 2694-3 Raumbesetzung Tunnel Rechteckprofil Helgefeld und 2694-4 Raumbesetzung Tunnel SV-Nischen.

Antenne/Mast

Der Mast, wo die Antennen angebracht werden, wird neben dem AEW-Gebäude aufgebaut. Dieses Gebäude befindet sich in der Nähe des Portals Helgefeld, siehe Abbildung unten.

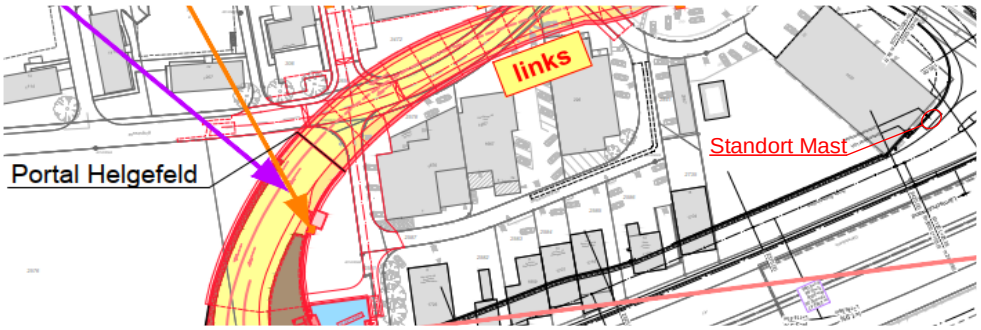


Abbildung 4-10: Standort Mast

Eigenschaften Strahlkabel

Das Strahlkabel, dass im Tunnel installiert wird, muss folgende Eigenschaften aufweisen:

- Grösse: 7/8'' oder 1 1/4''
- Befestigungsmaterial: Kunststoff (mit Ausnahme der Befestigung), damit im Brandfall das Kabel nicht auf die Fahrbahn fällt sollte alle 10 m eine Schelle aus nicht rostendem Stahl sein
- Montageabstand zwischen Tunnelwölbung und Kabel: ca. 80mm
- Abstand zwischen Montageschellen: 1m

Eigenschaften Koaxialkabel

Dieses Kabel dient der Anbindung zwischen Antenne und der Anlage.

Das Kabel muss folgende Eigenschaften haben:

- Kabelimpedanz: 50-75Ω, Standardimpedanz

Eigenschaften Antenne/Mast

Mast

Folgende minimale Eigenschaften müssen eingehalten werden:

- Widerstand Mast gegen Windstösse bis 200km/h
- Höhe: > 14 Meter

Der Kanton hat der Unternehmung Comlab das Mandat zugeordnet, Messungen betr. der Position und der Masthöhe durchzuführen. Die Messungen wurden durchgeführt und haben aufgezeichnet, dass der Mast beim AEW-Gebäude eine Höhe von 14 Meter haben muss, siehe auch Bericht [43].

Antenne

Der Standort und dessen Eigenschaften sind Bericht [43] beschrieben. Ebenfalls sind die Empfangsleistungen der DAB- sowie der Polycom-Signale im Bericht ersichtlich.

Die Antennentypen sind in Tabelle 23 aufgelistet.

Übermittlungskanal	Antenne
Polycom	Typ Kathrein – 80010252
DAB+	Typ Kathrein – 75010242
Feuerweher	Typ Kathrein – K552921

Tabelle 23: Antennentypen

Die genauen Angaben zu den Kanälen, die über Polycom versendet werden, werden in der Ausschreibungsphase mit den Blaulichtorganisationen definiert.

Meldung an Leittechnik

Meldung	Zustand
Tunnelfunk Radio Einsprechung «Brand»	Ein <-> Aus
Tunnelfunk Radio Einsprechung «Unfall»	Ein <-> Aus
Tunnelfunk Radio Einsprechung «Einstreifig»	Ein <-> Aus
Tunnelfunk Radio Einsprechung «Panne»	Ein <-> Aus
Tunnelfunk Radio Einsprechung «Test»	Ein <-> Aus
Tunnelfunk Sammelmeldung	In Ordnung <-> Ausgelöst
Tunnelfunk Radio Einsprechung	In Ordnung <-> Gestört <-> Passiv
Tunnelfunk Radio Empfang	Normal <-> Gestört
Tunnelfunk Feuerwehr	Normal <-> Gestört
Tunnelfunk Polycom - Tetrapol uplink	Normal <-> Gestört
Tunnelfunk Polycom - Tetrapol downlink	Normal <-> Gestört
Tunnelfunk LWL-Übertragung	Normal <-> Gestört
Tunnelfunk Strahlungskabel	Normal <-> Gestört
Tunnelfunk Speisung	Ein <-> Aus

Tabelle 24: Datenpunkte Funk- und Einsprechanlage

DAB Ensembles

Die DAB Ensembles für die Einspielung der Radio Kanäle werden in der nächsten Projektphase definiert.

4.6.4 Beschallungsanlage

Zum Informieren der Verkehrsteilnehmer, wird eine Beschallungsanlage installiert. Diese dient zur Information aller Verkehrsteilnehmer im Fahrzeug oder bereits unterwegs zum Notausgang während eines Ereignisses. Die Anlage besteht aus einem zentralen Rechner in der Hauptzentrale und 17 Lautsprecher alle 50m im Gewölbe des Tunnels. Details zur Leittechnik können in der Beilage 2666 angeschaut werden.

Einspeisung

Die Einspeisung erfolgt ab Notnetz.

Steuerung

Die Beschallungsanlage ist eine eigenständige Anlage ist jedoch nicht direkt am ÜLS angebunden. und kann unabhängig vom Leitsystem betrieben werden. Es werden über die Divers Anlage die Status-

Meldungen der Anlage überwacht. Die Abspielung der Standardkonserven der Beschallungsanlage im Tunnel kann ab ÜLS via Divers Anlage (analog zum Tunnelfunk) oder Lokal ab dem Touchpanel der Beschallungsanlage gestartet werden. Zusätzlich steht im Raum der Leittechnik ein Mikrofon zur individuellen Einsprechung zur Verfügung. Eine Einsprechung ab KNZ Telli ist nicht möglich. Die Beschallung soll so eingestellt werden, dass die Einsprechkonserven des Tunnelfunk und der Beschallung gleichzeitig ablaufen. Gemessen auf die Tunnelmitte wird die Radio Einsprechung und die Beschallung zu den Portalen einen zeitlichen-versatz haben, dies aufgrund des Anti-Aliasing der Beschallungsanlage.

Positionierung

Schränke

Der Schrank ist in der Hauptzentrale im Raum 01R08 installiert, siehe auch Beilage 2691-2.

Lautsprecher

Die Position der Lautsprecher ist im Tunnelgewölbe ausserhalb des Lichtraumprofil im Bereich der BSA-Installationen. Die Lautsprecher werden gemäss Synoptikplan (Beilage 2607 in Längsrichtung alle 50m positioniert, um mit einem Anti-Aliasing dem eingebauten SLASS (synchronized longitudinal announcement speaker System) ein Halleffekt zu vermeiden und doch genügend Lautstärke zu erreichen. Im Tunnelschnitt wird der Lautsprecher im Tunnelfirst über der Fahrspur in Richtung Bern installiert. Details zur Position sind in den Beilagen 2694-1 Raumbesetzung Tunnel Rundprofil, 2694-2 Raumbesetzung Tunnelportal Wynematte und 2694-3 Raumbesetzung Tunnel Rechteckprofil Helgefeld zu sehen.

Verkabelung

Die Lautsprecher werden ab dem Beschallungsanlage Schrank in der Hauptzentrale einzeln mit einem Hybridkabel verkabelt und über eine AD angeschlossen. Das Kabel wird im Kabelrohrblock bis zum nächstgelegenen Kabelaufstieg des Lautsprechers geführt.

Eigenschaften Lautsprecher

Die Lautsprecher, welche im Tunnel installiert werden, müssen folgende Eigenschaften haben:

- Speziallautsprecher mit enger Hochleistung Abstrahl-Charakteristik
- Schalldruck mindestens 115dB
- synchronized longitudinal announcement speaker system (SLASS)
- Einfache Wand und Deckenmontage inkl. Halterung
- Schutzart mindestens IP66
- Geschützt gegen aggressive Atmosphäre
- Gehäusematerial Klasse III, SIA 179 (z.B. Stahl 1.4571)
- Decken-/Wandmontage und Halterung Klasse V, SIA 179
- Dimension montiert flacher als 500mm

Meldung von Leittechnik

Meldung	Zustand
Reflex BMA	Ein
Einsprechung «Brand»	Ein
Einsprechung «Unfall»	Ein
Einsprechung «Einstreifig»	Ein
Einsprechung «Panne»	Ein
Einsprechung «Test»	Ein
Einsprechung Aus	Aus

Tabelle 25: Datenpunkte an Beschallung von Leittechnik

Meldung an Leittechnik

Meldung	Zustand
Beschallung Sammelmeldung Zentrale	gestoert <-> normal
Beschallung Tischsprechstelle	aktiv <-> passiv
Einsprechung «Brand»	Ein <-> Aus
Einsprechung «Unfall»	Ein <-> Aus
Einsprechung «Einstreifig»	Ein <-> Aus
Einsprechung «Panne»	Ein <-> Aus
Einsprechung «Test»	Ein <-> Aus
Betriebsart	Hand <-> Automatik

Tabelle 26: Datenpunkte Beschallung an Leittechnik

4.6.5 Notruftelefon

Der Tunnel Wynematte wird mit 5 Alarmkasten in den SOS-Nischen ausgestattet, dazu kommen 2 weiter Alarmasten an den Portalen dazu (ein Kasten pro Portal).

Dazu wird jeder Notausgang mit einem VoIP-Telefon (Wandtelefon) ausgestattet.

In der Beilage 2643 ist die Ausstattung der SOS-Alarmkasten zu sehen, in der Beilage 2665 sind die UKV-Verbindungen, die Positionierung der SOS-Kasten und der Wandtelefone im Tunnel ersichtlich.

In den SOS-Nischen werden an die Wand Steckdosenkasten, je einer pro Nische, des Typs GIFAS angebracht und direkt ab dem SOS-Kasten gespiesen, damit der Unterhalt bei Arbeiten Strom beziehen kann.

Die Sicherungselemente sind zugänglich aber berührungsgeschützt auf dem Steckdosenkasten zu installieren damit bei einer Auslösung der Unterhalte direkt auf dem Sicherungskasten intervenieren kann.

Für die Dauerbeleuchtung der SOS-Nische wird eine Nassraumleuchte direkt ab SOS-Alarmkasten gespiesen. Die Dauerbeleuchtung der SOS-Alarmkasten in der Vorzone wird mittels im SOS-Alarmkasten integrierter Aufsatzleuchte realisiert.

Einspeisung SOS-Alarmkasten

Die Einspeisung der SOS-Alarmkasten erfolgt via Normal- und Notnetz.

Steuerung SOS-Alarmkasten

Die SOS-Alarmkasten werden nicht angesteuert.

Positionierung SOS-Alarmkasten

Die SOS-Alarmkasten werden auf vom Bau vorbereitete Fundamente in der SOS-Nischen respektive auf offener Strecke installiert.

Eigenschaften SOS-Alarmkasten Tunnel

Die minimalen Eigenschaften von den SOS-Alarmkasten im Tunnel sind folgende:

- Dimensionen: 2000x1300x415mm (HxBxT)
- Farbe: orange, RAL 2004 (innen und aussen)
- Schutzart: IP65
- Zylinder: Kaba mit Hebelverschluss
- Türverschluss: Stangeschloss aus nicht Rostendem Stahl
- Material SOS-Alarmkasten: Klasse III, SIA 179
- Wand-Befestigungsmaterial: Klasse V, SIA 179

Die Kabeldurchführungen zwischen Schrankfundament und Schrank erfolgt über Adapterplatte.

Der SOS-Alarmkasten ist aus 4 Abteile zusammengestellt:

- Abteil Feuerlöscher
- Abteil Sprachstelle
- Abteil Elektroverteilung
- Abteil Kommunikation

In den folgenden Paragrafen werden die Inhalte der einzelnen Abteile beschrieben:

Abteil Feuerlöscher

Im Abteil der Feuerlöscher befinden sich:

- Zwei Pulver Handfeuerlöscher: 6kg, Typ A, B, C
- 4-Kant Schlüsselschalter für Unterdrückung der Feuerlöscher Entnahme bei der Revision
- Türaufkleber: Feuerlöscher, schwarz

Abteil Sprachstelle

Im Abteil der Sprachstelle befinden sich:

- VoIP-Sprachstelle
- Türaufkleber: «SOS»

Abteil Sprachstelle

In diesem Abteil ist die VoIP-Sprachplatine untergebracht. Auf der Aussenseite der Tür ist einen schwarzen Aufkleber mit dem Schriftzug «SOS» anzubringen.

Abteil Elektroversorgung

In diesem Abteil befinden sich:

- Klemmen Eingänge und Abgänge (Netzgetrennt)
- Klemme Speisung GIFAS Kasten in SOS-Nische
- Leistungsschutzschalter für die Abgänge (Netzgetrennt)
- Überspannungsschutz (Netzgetrennt)
- Hauptschalter der Einspeisung (Netzgetrennt)

Abteil Kommunikation

Im Abteil der Kommunikation sind folgende Aggregate untergebracht:

- Netzwerkswitch
- LWL-KEVs
- RJ-45 Steckdosen (z.B. Anbindung Videokameras)
- Rangierverteiler
- RIO
- LWL-KEVs

Einspeisung Steckdosenkasten

Die Einspeisung vom Steckdosenkasten erfolgt via Normalnetz ab dem SOS-Kasten.

Steuerung Steckdosenkasten

Die Steckdosenkasten werden nicht angesteuert.

Positionierung Steckdosenkasten

Die Steckdosenkasten werden in der SOS-Nischen an die Wand angebracht.

Eigenschaften Steckdosenkasten

Die minimalen Eigenschaften vom Steckdosenkasten sind folgende:

- 1x Steckdose T13 - C16
- 1x Steckdose T25
- Schaltelemente der Steckdosen
- Eingang Einspeisekabel: von unten
- Material Gehäuse: Polymere
- Befestigungsmaterial: Klasse V, SIA 179

Eigenschaften SOS-Alarmkasten Portal

Im Vergleich zu den minimalen Eigenschaften der SOS-Alarmkasten im Tunnel werden die SOS-Alarmkasten bei den Portalen mit Lampenkasten ausgerüstet.

Die minimalen Eigenschaften der SOS-Alarmkasten bei den Portalen, die nicht identisch mit denen der Alarmkasten in den SOS-Nischen sind, folgende die restlichen sind identisch:

- Dimensionen: 2000x1300x590mm (HxBxT)
- Farbe: orange, RAL2004 (innen und aussen inkl. Lampenkasten)
- Dimensionen Lampenkasten: 150x1300x240mm (HxBxT)
- Leuchtmittel: LED
- Leistung LED-Leuchte: 25W

Meldung an Leittechnik

Meldung	Zustand
Überspannungsschutz Normalnetz	In Ordnung <-> Ausgelöst
Überspannungsschutz Notnetz	In Ordnung <-> Ausgelöst
Leistungsschutzschalter Normalnetz (Sammelstörung)	In Ordnung <-> Ausgelöst
Leistungsschutzschalter Notnetz (Sammelstörung)	In Ordnung <-> Ausgelöst
Spannungsüberwachung Normalnetz	In Ordnung <-> Spannung tief
Spannungsüberwachung Notnetz	In Ordnung <-> Spannung tief
Notruftelefon	Kein Notruf <-> Notruf
Feuerlöscher Entnahme	Feuerlöscher nicht entnommen <-> Feuerlöscher entnommen
Ausfall Spannungsüberwachung Normalnetz	In Ordnung <-> Ausgefallen
Ausfall Spannungsüberwachung Notnetz	In Ordnung <-> Ausgefallen

Tabelle 27: Datenpunkte Sicherheitseinrichtung

Einspeisung Wandtelefon

Die Einspeisung der Wandtelefone erfolgt über PoE.

Steuerung Wandtelefon

Die Wandtelefone werden nicht angesteuert.

Positionierung Wandtelefone

Die Wandtelefone werden in den Notausgängen auf die Wand angebracht.

Eigenschaften Wandtelefone

Die minimalen Eigenschaften der Wandtelefone sind folgende:

- Verbindung/Anschluss: VoIP
- Farbe: schwarz
- Hörer: mit Verbindungsschnur

Einspeisung Servicetelefon

Die Einspeisung der Wandtelefone erfolgt über PoE.

Steuerung Servicetelefon

Die Servicetelefone werden nicht angesteuert.

Die Servicetelefone dienen einzig der Feuerwehr damit sie intern kommunizieren könne. Diese Telefone werden einzig in den SOS-Alarmkasten bei den Portalen eingebaut.

Positionierung Servicetelefon

Die Servicetelefone werden auf der C-Schiene im SOS-Kasten installiert (Abteil Sprachstelle).

4.6.6 Mobilfunk

Die Mobilfunkanlage im Tunnel ermöglicht den Strassenbenutzern während der Durchfahrt eine ununterbrochene Mobiltelefonverbindung. Der Kanton Aargau stellt den Mobilfunkanbietern die notwendigen Räumlichkeiten zur Installation der Anlagen zur Verfügung. Die Planung und Durchführung dieser Installationen obliegt direkt den Mobilfunkanbietern und wird in diesem Bericht nicht weiter vertieft.

Im Tunnelfahrraum werden zwei Mobilfunkantennen benötigt. Eine Antenne wird beim Notausgang Wynematte installiert und die andere beim Notausgang Helgefeld. Dabei soll das Signal der Mobilfunkantennen innerhalb des Fahrraums bleiben. Die Mobilfunkanbieter sind verantwortlich für die Beschaffung und Installation der Anlagen.

In den technischen Räumen und Notausgängen gibt es keinen Handyempfang. Um in den technischen Räumen trotzdem telefonieren zu können, werden VOIP-Telefone eingesetzt.

4.7 Kabelanlage

Die Kabel im Tunnel werden im Kabelrohrblock über Kabelrundschläge Zentralen Einführungen oder Strassenquerungen geführt. Eine Anordnung und die Aufteilung der Kabel in den Schächten und den Rohren ist in der Beilage 2673 zu finden.

4.7.1 Erdungsanlage

Erdungskonzept

In der Beilage 2671 ist das Konzept der Erdungsanlage dargestellt.

Streckenerdung

Als Streckenerder wird im Hauptrohrblock ein Banderder mit 75mm2 einbetoniert. Der Banderder wird jeweils an den Schächten, SOS-Nischen und Zentralen mittels einem Abgriffpunkt ausgeführt.

Zusätzlich zum einbetonierten Banderder, wird ein 50mm2 Kupfer Potentialausgleichs Erdleiter in der Rohranlage eingelegt. In jedem Schacht wird über eine Erdschiene, der Banderder im Hauptrohblock und der Potentialausgleis Erdleiter miteinander verbunden.

Aus den Schächten wird das Trasse im Tunnel Gewölbe und die Aggregate im Tunnel (z.B. Strahlventilatoren und Signale) geerdet.

Fundamenterdung

Die Räumlichkeiten der Betriebszentrale, der Notausgänge sowie den ESP’s sind mit einem Fundamenterder in der Bewehrung ausgerüstet. Jeder Raum hat mindestens 2 Erdanschlusspunkte.

Zusätzlich zur Fundamenterdung, wird ein Ringerder im Erdreich um das entsprechende Gebäude eingelegt und an die Fundamenterdung angeschlossen.

Blitzstrom- und Überspannungsschutz

Das Überspannungsschutz Konzept ist in Kapitel 3.4.5 genauer erläutert. Alle Abgänge die von einem Technik Raum zur offenen Strecke führen werden mit Überspannungsschutz ausgestattet. Ebenfalls alle Einspeisungen oder Signalkabel von extern.

Der Schutz wird im Schrank der dazugehörigen Anlage installiert. Die Komponenten müssen auf DIN-Schienen montierbar sein, es werden folgende Schutzeinrichtungen installiert:

- Blitzstrom-Ableiter Spannungsversorgung (Typ 1)
- Blitzstrom-Ableiter Informationstechnik (Typ 1)
- Überspannungsableiter Spannungsversorgung (Typ 1 und Typ 2, oder kombiniert)
- Überspannungsableiter Informationstechnik (Typ 1 und Typ 2)
- Überspannungsableiter Geräteschutz Typ 3

Potentialausgleich

Der Potentialausgleich in Technikräumen und Zentralen wird mit den folgenden Massnahmen sichergestellt:

- In jedem Raum gibt es mindestens 2 Erdanschlusspunkte zur Fundamenterdung.
- In jedem Raum gibt es einen Erdleiter als Ringerder im Doppelboden Bereich.
- Alle Schränke, Grundrahmen, Doppelboden, Trasse, Türen und weitere Aggregate werden am Erdleiter im Doppelboden angeschlossen.

Folgende Potentialausgleichsschienen werden in den Technikräumen eingesetzt:

HES

Die Haupterdungsschiene der Zentrale befindet sich an zentraler Stelle im Gebäude. Sie ist einerseits redundant am Fundamenterder Angebunden und ist andererseits Knotenpunkt um die S-PAS jedes Technikraumes sowie die E-PAS miteinander zu verbinden.

E-PAS

Die Einführungspotenzialausgleichsschienen befinden sich in unmittelbarer Nähe der Einführung der Kabel und der metallischen Rohrleitungen ins Gebäude.

S-PAS

Pro Raum wird eine Sekundärpotentialausgleichsschiene S-PAS montiert und über einen Potentialausgleichsleiter mit einem Mindestquerschnitt von 50mm2 mit der HES verbunden. In den Räumen wird ein Ringerder blank Cu d=8mm montiert, welcher ebenfalls auf die jeweilige S-PAS verbunden wird.

Weitere PAS

An folgenden Standorten sind ebenfalls Potentialausgleichschienen vorgesehen:

- innerhalb der SOS-Nischen
- in jedem Kabelschacht des Hauptrohrblocks
- innerhalb der VK’s

Wichtig in diesem Zusammenhang ist auch die isolierte Montage der Potentialausgleichschienen an sämtlichen Standorten.

Der Potentialausgleich auf offener Strecke wird folgendermassen umgesetzt.:

- In alle Kabelschächte (Hauptrohrblock) welche neu mit dem Streckenerder (Erdand/Erdseil) ausgerüstet werden, sind PAS-Erdschienen für den Anschluss sämtlichen zu erdenden Objekten vorgesehen. (z.B.: SOS-Alarmkasten, Signalportale, Kandelaber, Funkmasten, etc.)
- Alle Steuerkasten und Metallkonstruktionen, welche eine elektrische Komponente tragen, werden mit einem Erdleiter Cu 50 mm2 mit der nächstgelegenen PAS der Streckenerde verbunden. (z.B.: Metallkonstruktionen auf Brücken/offener Strecke)
- Metallkonstruktionen auf Brückenobjekten oder auf offener Strecke, die längs elektrisch leitend verbunden sind und einen Erdübergangswiderstand grösser als 5 Ohm aufweisen, sind an den Enden mit der Streckenerde zu verbinden. Dasselbe gilt auch für elektrisch leitenden Konstruktionen welche näher als 1.75 m (Berührungsabstand) zu elektrischen Anlagen stehen. Hier wird ebenfalls ein Anschluss an die PAS notwendig.

4.7.2 Lichtwellenleiter

Eine Redundante Transitanbindung (144 Fasern) wird in die Hauptzentrale (NA2) geführt.

- Transitanbindung 1x144 Fasern, Fahrrichtung Zürich
- Transitanbindung 1x144 Fasern, Fahrrichtung Bern

Die Feldebene (24 Fasern - Singlemode) wird wie folgt aufgestellt:

- Ringleitung 1x24 Fasern, Alarmkasten (Tunnel und Vorzone) und Notausgänge
- Stichleitung 1x24 Fasern, ESP Wynematte
- Stichleitung 1x24 Fasern, ESP Helgefeld
- Ringleitung 1x24 Fasern, SABA und Verteilkabine Sagimättli ab ESP Wynematte
- Ringleitung 1x24 Fasern, VK Hürdli, VK Büsel und VK Obertel- Langmatteweg ab ESP Helgefeld

Der VK Weltimatt wird mittels Stichleitung (1x24 Fasern) ab der Transitebene abgefangen, er wird in Bezug auf seine Geographische Lage und Entfernung vom Tunnel durch die Transitleitung in die Leittechnik eingebunden.

Im Schema 2672 in der Beilage ist das oben beschriebene Konzept aufgezeichnet.

Wie im Schema ersichtlich (gestrichelte Anbindung und mit dem Text «optional») behält sich den Kanton die Möglichkeit offen auch den VK Touring sowie den VK Schinhuetmatt mittels Stichleitung (je 1x24 Fasern) ab der Transitleitung zu erschliessen.

Eigenschaften Kabel Feldebene

Die minimalen Eigenschaften sind wie folgt:

- Fasern: 1x24 Fasern, 9/125 µm
- Modenfelddurchmesser: 1310 nm – 9.2 ± 1.0 µm
  1550 nm – 10.5 ± 1.0 µm
- Dämpfung verkabelt: 1310 nm ≤ 0.36 dB/km
  1383 nm ≤ 0.34 dB/km

1550 nm ≤ 0.25 dB/km

Voraussichtlich kann das Kabel bei Kanton bezogen werden.

Eigenschaften Patchkabel

Das Patchkabel muss folgende Eigenschaften aufweisen:

- Stecksystem: E-2000 / E-2000
- Stirnfläche: 8° Schrägschliff
- Steckerfarbe: Grün
- Lebensdauer: Mind. 1'000 Steckungen
- Länge: 1, 2, 5 oder 10 Meter (nach Standort)

4.7.3 Universelle Gebäudeverkabelung

Die universelle Gebäudeverkabelung dient prinzipiell der Anbindung der Schränke der Anlagen mit Kopfsteuerung mit dem Netzwerkschrank. Diese Anbindungen werden in folgende Örtlichkeiten durchgeführt:

- Hauptzentrale, NA2
- Technikraum Buhalde, NA1
- Technikraum Wynematte, NA3
- ESP Wynematte, ESPW
- ESP Helgefeld, ESPH

Dazu dient diese Verkabelung auch der Anschliessung der Betriebstelefone und den Access Points, sowie die Servicesteckdosen am Arbeitsplatz in der Hauptzentrale.

Im Tunnel werden die Videokameras an das Netzwerk mittels dieser Verkabelung angebunden. In den Technikräume vom NA1 und 3 werden die Wandtelefone ins Netzwerk eingebunden.

Die universelle Gebäudeverkabelung wird auch an abgesetzte Standorte vorgenommen, diese abgesetzten Standorte sind aber noch Teil der Umfahrung von Suhr.

- VK Sagimättli
- SABA Sagimättli
- VK Büsel
- VK Weltimatt
- VK Hürdli
- VK Obertel-Langmattweg

Ein Schema dieser Verkabelung ist in der Beilage 2665 zu finden.

Eigenschaften Kabel tech. Räume

Die minimalen Eigenschaften der Kabel sind folgende:

- Farbe gemäss Kanton
- Twisted-Pair, mind. Kategorie 6

- Typ S/FTP
- Länge: 0.5, 1, 2, 5 oder 10 Meter (nach Standort)

Eigenschaften Installationskabel

Die minimalen Eigenschaften sind wie folgt:

- Farbe gemäss Kanton
- Twisted-Pair, mind. Kategorie 6
- Typ S/FTP
- 100 Ohm-Kabel
- AWG23
- 10 GBase-T tauglich
- Mindestens Kategorie 6

Eigenschaften Steckmodule

Die minimalen Eigenschaften der Steckmodule sind folgende:

- 10 GBase-T tauglich
- Mindestens Kategorie 6

Eigenschaften Patchpanel

Die minimalen Eigenschaften sind wie folgt:

- Aufbau in Rack 19'' mit 12 oder 24 Anschlussstellen
- Modulare Struktur aus Metall
- Abnehmbare Verbindung ab dem Rack
- Beschreibung der Kabel auf dem RJ45 Modul

4.7.4 NT-Kabel

Aufgrund von Optimierungen, kann auf ein NT-Stammkabel verzichtet werden.

- Sämtliche Notruftelefone sind in Form von VoIP fähigen Geräten aufgebaut und direkt an das BKN-AG Netzwerk angeschlossen
- Die Divers Kommunikation erfolgt hauptsächlich via RIO's.
- Die Kommunikation auf Distanz wird über das Glasfasernetz realisiert.

Die wichtigsten Verbindungen wie Feuerlöscher-Entnahme, Brandalarm und Türöffnungskontakte, werden weiterhin via Potentialfreie Schnittstellen übertragen, siehe auch Kapitel 4.5.4. Deshalb sind vereinzelt Kabel für die Divers Verkabelung im Einsatz. Die Kabel, die für die wichtigsten Verbindungen eingesetzt werden, werden im Kabelrohrblock unter dem Bankett im Tunnel geführt.

4.7.5 Kabeltrassen und Steigzonen

Auf der ganzen Tunnelwölbung wird ein Kabeltrasse installiert. Diese Trasse dient einerseits zur Kabelführung der Installationen, die an den Tunnelwölbung sind und nicht durch eine Aussparung erreichbar sind. Hauptsätzlich befinden sich auf diesem Trasse das Kabeln der Tunnelbeleuchtung.

Unter dem Trasse werden auch die Leuchten der Durchfahrts- und der Adaptationsbeleuchtung für die Einfahrtstrecke angebracht.

Um vom Kabeltrasse an der Tunnelwölbung oder von der Kabelaussparungen bis zu den Aggregaten, die auf der Tunnelwölbung angebracht sind mit den Kabeln zu gelangen wird das Kabel mittels Omega-Profil geschützt. Dazu werden die Kabelaussparungen mit Abdeckbleche ausgestattet.

Eigenschaften Kabeltrasse Tunnel

Die Eigenschaften des Kabeltrasse an der Tunnelwölbung sind folgende:

- Material Träger: Klasse IV, SIA 179
- Material Hülle: mind. Klasse III, SIA 179
- Material Halterungen: Klasse IV, SIA 179
- Befestigungsmaterial Metall-Metall: Klasse V, SIA 179
- Befestigungsmaterial mineralisch-Metall: Klasse V, SIA 179
- Funktionserhalt: mind. E30
- Ohne Deckel
- Maximale Länge der Segmente: 6m
- Minimale Länge der Segmente: 3m
- Maximale Last des Kabeltrasse: 300N/m
- Maximale Last Halterungen: 4kN

Omega-Profil

Die Eingeschalten des Omega-Profils sind unten aufgelistet:

- Material Hülle: mind. Klasse III, SIA 179
- Befestigungsmaterial: Klasse V, SIA 179
- Dimensionen: 33x33x2000mm (Signalkabel und kleine Spannungsversorgungen)
- Dimensionen: 54x54x2000mm (grosse Spannungsversorgungen)

Abdeckung der Aussparungen

Abdeckungen der Aussparungen werden sowohl im Tunnel wie auch in den Technikräume angebracht. Im Tunnel feinden sich diese neben der SOS-Nischen, neben den Fluchtwege, hinter der Hinterleuchtete Fluchtwegschilder, bei den Kabelrundschläge, je nach Örtlichkeit müssen diese Abdeckungen mir Farbe besprochen werden, nicht spiegelnd: Die Abdeckungen müssen mindesten auf jeder Seite 50mm grösser als die Ausaperung selbst sein. Die Ausführung der Kabel erfolgt unten.

- Farbe Weiss: RAL 9010 matt
- Farbe Grün: RAL 6029 matt
- Farbe Orange: RAL 2044 matt
- Farbe Grau: neutral

Die Eigenschaften der Abdeckungen im Tunnel sind wie folgt:

- Blechdicke: 2mm

- Dimensionen bei SOS-Aussparungen: 300x300mm (Orange Abdeckung)
- Dimensionen bei Fluchtwegaussparungen: 450x300mm (Grüne Abdeckung)
- Dimensionen bei Hinterleuchtete FW-Schilder: 550x600mm (Weisse Abdeckung)
- Dimensionen bei Kabelaufstiege: 600x600mm (Weiss oder neutral)
- Blechmaterial: Klasse III, SIA 179
- Befestigungsmaterial: Klasse V, SIA 179

Die Eigenschaften der Abdeckungen in den Technik Räume sind wie folgt:

- Blechdicke: 2mm
- Dimensionen bei Kabelaufstiege: Variabel je nach Durchführung (neutral)
- Blechmaterial: Klasse II, SIA 179
- Befestigungsmaterial: Klasse IV, SIA 179

4.8 Nebeneinrichtung

4.8.1 Elektroinstallationen

In den technischen Räumen (Hauptzentralen, Notausgang Buhalde, Notausgang Helgefeld, ESP Wynematte und ESP Helgefeld) werden Leuchten, Steckdosen, Steckdosenkasten, Akku-Handleuchte und Bewegungsmelder installiert.

Im Nebenraum des ESP Wynematte werden: Leuchten, Bewegungsmelder, Steckdosenkasten installiert.

Die technischen Räume sollen so ausgeleuchtete werden das 80 cm ab dem Doppelboden eine Beleuchtungsstärke zwischen 300 und 500 Lux herrscht. Die Leuchten werden an der Decke abgehängt montiert, wo der Platzbedarf nicht ausreichend ist, werden die Leuchten direkt an die Decke angebracht. Das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung in den technischen Räumen erfolgt via Bewegungsmelder und nicht durch Taster.

In jedem Raum wir mindesten eine Steckdose vorgesehen, ebenso so wird pro Standort einen Steckdosenkasten angebracht. Für die Steckdosenkasten werden unterschiedliche Anforderungen je nach Montageort gefragt. Die unterschiedlichen Steckdosen Kasten werden wie folgt benannt:

- Steckdosenkasten Typ Zentrale
- Steckdosenkasten Typ Fluchtweg
- Steckdosenkasten Typ ESP
- Steckdosenkasten Typ SOS

Eigenschaften Leuchten

- Leuchte: LED.
- Leistung: ca. 35 W.
- Farbtemperatur: 4000 K.
- Länge der Leuchte: 1.5 m.

Der Lieferumfang umfasst auch die Tragschiene sowie das Material für die abgehängte Montage der Tragschienen und der Leuchten.

Eigenschaften Bewegungsmelder

- Einspeisung: 230 VAC.
- IP: 20 Innenmontage.
- IP: 68 Aussenmontage.
- Empfindlichkeit und Nachlaufzeit: Einstellbar.
- Detektion über 360°.

Eigenschaften Steckdosen

- 3xT23.
- Farbe: orange für Notnetz, weiss oder Anthrazit für Normalnetz.

Eigenschaften Steckdosenkasten

Steckdosenkasten Typ Zentrale

- Gummi Gehäuse
- Plexiklappe
- Kabeleinführung: unten
- Bestückung: 2xT25 (16A), 2xT23 (16A), 1xCEE (16A/5), 1xCEE (32A/5)
- Integrierte Schutzeinrichtung für die Steckdosen

Steckdosenkasten Typ Fluchtweg

- Gummi Gehäuse
- Plexiklappe
- Kabeleinführung: unten
- Bestückung: 1xT25 (16A), 1xCEE (16A/5)
- Integrierte Schutzeinrichtung für die Steckdosen

Steckdosenkasten Typ ESP

- Gummi Gehäuse
- Plexiklappe
- Kabeleinführung: unten
- Bestückung: 1xT25 (16A), 1xCEE (16A/5)
- Integrierte Schutzeinrichtung für die Steckdosen

Steckdosenkasten Typ SOS

- Gummi Gehäuse
- Plexiklappe
- Kabeleinführung: unten

- Bestückung: 1xT25 (16A), 1xCEE (16A/5)
- Integrierte Schutzeinrichtung für die Steckdosen

Eigenschaften Akku-Handleuchte

- LED-Leuchte
- Einspeisung: 230 VAC
- IP65
- Wandladestation
- Leuchtdauer: ≥ 5 Stunden
- Lichtstrom: 200-1'250 lm

Positionierung

In folgender Abbildung wird die Montagehöhe der oben Aufgelistete Aggregate dargestellt, die Angegeben Montagehöhe ist in Meter.

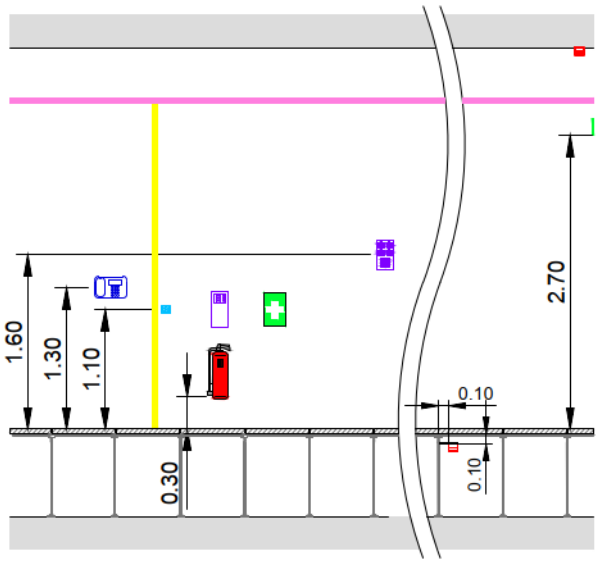


Abbildung 4-11: Montagehöhe Hausinstallationen

Die Apparatepläne zeigen, wo die Elektroinstallationen in den Technikräumen angebracht werden sollen. Zu sehen in den Beilagen 2691-2 Hauptzentrale EG Apparateplan, 2691-6 Hauptzentrale UG Apparateplan, 2692-2 NA1 Buhalde Apparateplan, 2692-6 NA3 Helgefeld Apparateplan, 2693-2 Elektrostützpunkt Wynematte Apparateplan und 2693-6 Elektrostützpunkt Helgefeld.

4.8.2 Heizung, Lüftung, Klima

Die Hauptzentrale und die Elektrostützpunkte dienen dazu, den Tunnel und die offene Strecke mit Energie und Licht zu versorgen sowie die Kommunikation im Tunnel und zur Aussenwelt sicherzustellen. Somit werden elektrische Anlagen eingesetzt welche Wärme Abgeben. Die entstehende Wärme muss weggeführt werden damit die Funktionen der Anlagen jederzeit gewährleistet sind. Zusammenfassend, fallen der Raumlüftung folgende Aufgaben zu:

1. Die anfallende Wärme in den Räumen abführen.
2. Gegenüber Aussen in den Räumen dauernd bei jeder Betriebsbedingung einen Überdruck aufrecht zu halten.
3. Die Räumen mit Frischluft zu versorgen.
4. Die bauphysikalischen Anforderungen betreffend Raumtemperatur und -feuchte einzuhalten.
5. Die umgewälzte Luft so konditionieren, dass während allen Jahreszeiten kein Tropfwasser (Kondensat) entstehen kann.

Die genauen Anforderungen der obenstehenden Aufgaben werden in den nachfolgenden Kapiteln detailliert beschrieben. Diese Anforderungen sollen energetisch und wirtschaftlich optimal realisiert und möglichst mit handelsüblichen Komponenten und Techniken erfüllt werden. Da die Anlageausrüstungen ganzjährig betrieben werden, müssen die Raumlüftungsanlagen für einen durchgehenden Betrieb ausgelegt sein. Die Betriebssicherheit der Raumlüftungssysteme bei kritischen EM-Anlagen muss sehr hoch sein. Alle verwendeten Anlageteile müssen möglichst energiegünstig arbeiten. Die anfallende Abwärme wird im Winter mit einem Umluftsystem im Monoblocks zurückgewonnen. Zur Einhaltung dieser Anforderungen sind folgenden Prioritäten zu beachten:

1. Sicherstellung der Funktion.
2. Energiegünstiger Betrieb.
3. Einfacher Unterhalt.

Die Lüftungs- und Kälteanlagen, sind in einfacher und überschaubarer Art vorgesehen damit Serviceeingriffe möglichst schnell und zielgerichtet durchgeführt werden können. Die Lüftungsanlagen werden in allen Zentralen des Tunnels und den Elektroräumen der offenen Strecke mit möglichst ähnlichen Elementen aufgebaut. Verschleissteile sind als zusätzliches Ersatzmaterial vorzusehen und in der entsprechenden Zentrale zu lagern. Bei der Apparateauswahl ist auf grösstmögliche Betriebssicherheit zu achten. Alle normalen Unterhaltsarbeiten (z.B. Filterwechsel) müssen ohne Werkzeuge ausgeführt werden können. Alle Komponenten müssen nach ASTRA-Richtlinie (Gemäss [23]) für die folgende Korrosivitätskategorie ausgelegt werden:

- Gebäude und Zentralen: Kategorie C3.
- Batterieräume: Kategorie C5.

4.8.2.1 Anfallende Wärmelasten

Alle elektrischen Komponenten haben eine Verlustleistung, diese wird grundsätzlich in Wärme umgewandelt und heizt die Umgebungsluft auf. In der folgenden Tabelle werden alle Wärmelasten pro Raum aufgelistet:

Zentrale Geschoss	Nr.	Bezeichnung	Abwärme [W]
HZ UG	01R01	Fluchtweg	-
HZ UG	01R02	Treppenhaus	-
HZ UG	01R03	Korridor1	-
HZ UG	01R04	Steigzone	100
HZ UG	01R05	HLK-Raum	1’500
HZ UG	01R06	Lager	100
HZ UG	01R07	Reserve	100
HZ UG	01R08	Leittechnik	2’200

HZ UG	01R09	ENE	9’100
HZ UG	01R10	USV	1’100
HZ UG	01R11	Batterie	200
HZ UG	01R12	Provider (Swisscom)	2’200
HZ EG	02R01	Treppenhaus	-
HZ EG	02R02	Raum	100
HZ EG	02R03	WC	-
Total			**16'700 W**

Tabelle 28: Anfallenden Wärmelasten in der Hauptzentrale

Gebäude	Nr.	Bezeichnung	Abwärme [W]
ESPW	**01R01**	**Technikraum**	**2000**
NA1	01R01	Fluchtweg	100
NA1	01R01	Technikraum	1800
NA1	02R01	Providerraum	3600
NA1		**Total Abwärme**	**5500**
NA3	01R01	Fluchtweg	100
NA3	01R01	Technikraum	1800
NA3	02R01	Providerraum	3600
NA3		**Total Abwärme**	**5500**
ESPH	**01R06**	**Technikraum**	**2000**

Tabelle 29: Anfallenden Wärmelasten in den Notausgängen und Elektrostützpunkten

4.8.2.2 Hauptzentrale HZ, Raumlüftung

In den folgenden Abschnitten wird auf die Raumlüftung der Hauptzentrale eingegangen. Es werden zuerst die Luftmengen und das allgemeine Lüftungskonzept definiert. Die Lüftung des Batterieraums, WC und Treppenhaus werden in separaten Abschnitten beschrieben. Zum Schluss wird das Regelungskonzept und die Lösungen betreffend Schalldämmung beschrieben. Die Details in grafischer Form, können in der Beilage 2682-1 betrachtet werden.

4.8.2.2.1 Berechnungen der Luftmengen in der Hauptzentrale

Die Raumlüftung der Hauptzentrale dient als hygienische Lüftung wie auch als Kühlung. In jeden Raum wird ein Mindestluftwechsel garantieret der einen Hygienischen und Kühlungsanteil hat. In der folgenden Tabelle 30 sind die erforderlichen Luftvolumenströme für die Kühlung-Heizung und für den hygienischen Luftwechsel aufgelistet. In grün sind die grössten Volumenströme dargestellt, welche als Dimensionierungswert dienen. Der minimal erforderliche Aussenluftvolumenstrom «$\dot{V}_{R/h}$ Hygienisch» entspricht 2'225 m³/h und wird als hygienische Luft bei Belegung der Zentrale benötigt. Der Rest der Luftvolumenstrom wird für die Kühlung benötigt und kann als Umluft rezirkuliert werden.

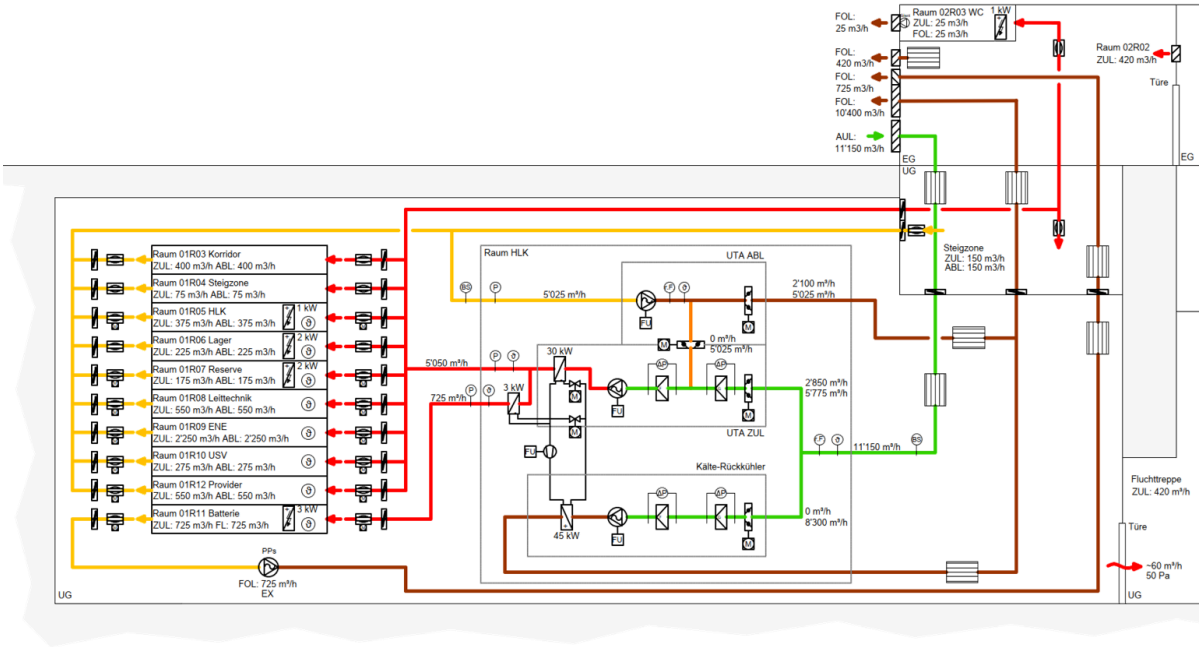
Nr.	Bezeichnung	$\dot{V}_{R/h}$ Hygienisch [m³/h]	$\dot{V}$ Sommer [m³/h]	$\dot{V}$ Winter [m³/h]	$\dot{V}$-Zuluft [m³/h]	$\dot{V}$-Abluft [m³/h]	Regelung
01R03	Korridor1	400	0	282	400	400	KVR
01R04	Steigzone	75	25	47	75	75	KVR
01R05	HLK	300	375	60	375	375	VVR

01R06	Lager	225	25	0	225	225	KVR
01R07	Reserve	175	25	0	175	175	KVR
01R08	Leittechnik	275	550	204	550	550	VVR
01R09	ENE	350	2250	891	2250	2250	VVR
01R10	USV	50	275	145	275	275	VVR
01R11	Batterie	100	725	0	725	FL	VVR
01R12	Provider	100	550	192	550	550	VVR
02R02	Raum	150	25	89	150	150	KVR
02R03	WC	25	0	0	25	FL	VVR
Total		2'225	4'825	1'910	**5'775**	**5'025**	

Tabelle 30: Volumenstrombedarf Raumlüftung HZ

4.8.2.2.2 Raumlüftung in der Hauptzentrale

Alle Räume werden mit einem Lüftungsgerät (Monoblock) mit Zuluft (ZUL) versorgt. Die Aussenluft (AUL) wird im Freien über ein Wetterschutzgitter in der Fassade angesaugt und dem Monoblock zugeführt (siehe Abbildung 4-12). Je nach Aussenluftbedingungen und Kühlungsanforderung wird die Aussenluft mit Umluft aus den Räumen gemischt, mit einem Grob- und Feinstaubfilter filtriert, eventuell gekühlt und in die Räume verteilt.



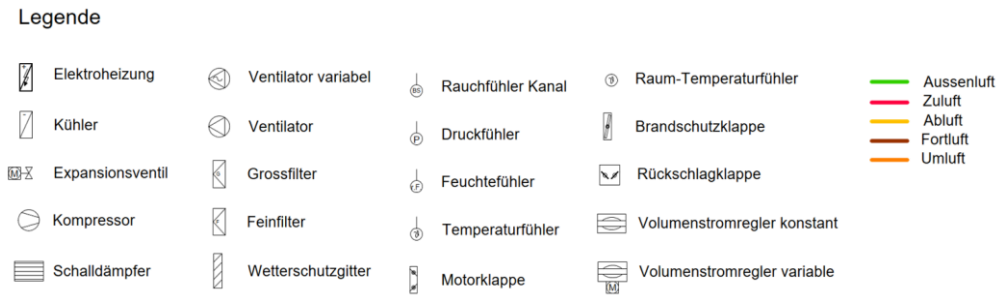


Abbildung 4-12: HLK-Prinzipschema Hauptzentrale, Beilage 2682-1

Die Einführung der Zuluft erfolgt mit einem Zuluftkanal im Doppelboden und die Abluftfassung aus den Räumen erfolgt mit Gittern und Kanälen an der Decke (siehe Beilagen 2683-1, 2683-2, 2683-3 und 2683-4). Somit wird eine Querlüftung im Raum angestrebt.

Die Zu- und Abluftventilatoren für einen variablen Volumenstrom sind mit steiler Kennlinie vorgesehen, damit bei Ausfall eines Ventilators die Leistung des anderen ausreicht, um eine minimale Belüftung und Kühlung von ca. 80% aufrecht zu erhalten.

Der HLK-Raum muss für den Ablauf des Wasserkondensats bei der Kühlbatterie im Monoblock mit einem Bodenablauf ausgerüstet werden.

4.8.2.2.3 Lüftung WC

Das WC wird durch einen dedizierten Fortluftventilator entlüftet. Die Fortluft wird direkt über ein Wetterschutzgitter an der Fassade ins Freie gefördert. Die Nachströmung der Zuluft erfolgt wie bei den anderen Räumen durch einen Zuluftkanal. Die Anlage wird mit dem WC-Lichtschalter initiiert und mit Nachlauf gesteuert.

4.8.2.2.4 Lüftung Batterieraum

Beim Laden von Batterien entstehen durch Elektrolyse Wasserstoff und Sauerstoff. Wasserstoff bildet zusammen mit Sauerstoff ein explosionsfähiges Gemisch (Knallgas). In der Umgebungsluft kann sich dadurch eine explosionsfähige Atmosphäre bilden, welche sich durch Lüftungsmassnahmen vermeiden lässt (Verdünnungseffekt). Die Wasserstoffkonzentration in der Luft muss dazu unter 4 Vol-% gehalten werden. Dies ist die untere Explosionsgrenze (UEG) für Wasserstoff [25].

Wegen dieses Wasserstoffgemisch muss die Fortluft des Batterieraum direkt nach aussen geführt werden. Dies muss anhand einem PVC-Rohr und ein EX-Ventilator erfolgen. Der Absaugventilator muss zwingend während des Ladevorgangs in Betrieb sein und mindestens eine Stunde darüber hinaus weiterlaufen.

4.8.2.2.5 Schalldämmung

Zur Schalldämmung werden zwei Massnamen getroffen. Zur einten werden Kulissenschalldämpfer in der Steigzone und nach den Monoblock und Rückkühler montiert (siehe Beilagen 2683-1, 2683-2, 2683-3 und 2683-4). Als zweite Massnahme werden schalldämmende Wetterschutzgitter verwendet.

Der von den Ventilatoren erzeugten Schallpegel kann anhand von Ventilatordatenblätter geschätzt werden. Bei einen Volumenstrom von 5'600 m³/h erzeugen die Ventilatoren eine Schallemission beim Ventilator in den Lüftungskanälen von 75 dB(A) bei der Fortluft und 74 dB(A) bei der Aussenluft. Diese hohen Schallpegeln müssen gemäss 3.1.4 bis auf 45 dB(A) gedämmt werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, werden insgesamt 5 Schalldämpfer benötigt. Drei Schalldämpfer für die Fortluft und zwei für die Aussenluft. Die Anzahl an Schalldämpfer ergibt sich aus den vorhandene und engen Montageplätze.

Die schallgedämmte Wetterschutzgitter haben, gegenüber herkömmlichen Gittern, dämmende Eigenschaften, indem sie der vor dem Gitter ankommenden Schallpegel senken können. Für die Aussenluftfassung und Fortluftauslass sind diese so dimensioniert, dass der erzeugte Schallpegel bei einem maximalen Volumenstrom von 10'000 m³/h unter 33 dB gehalten wird. Daraus ergibt sich eine Gittergrösse von 1.8 x 1.8 m. In der folgenden Tabelle 31 sind die Resultate der Schallberechnung zusammengestellt. Die Angaben stellen den Schallpegel im Aussenbereich des Wetterschutzgitters dar.

	Fortluft	Aussenluft	Fortluft Batterieraum	Fortluft Treppenhaus
Schallpegel ausserhalb des Gitters	33 dB(A)	33 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)

Tabelle 31: Raumlüftung - Schallpegel ausserhalb des Gitters der Hauptzentrale

4.8.2.3 Hauptzentrale HZ, Kühlung

4.8.2.3.1 Kühlung der Hauptzentrale

Die Kühlung der Hauptzentrale erfolgt vollständig durch die Zuluft, die vom Lüftungsgerät gefordert wird. Die Raumluft wird durch interne Konvektion von Elektrogeräten erwärmt, durch Gittern im Abluftkanal angesogen und abgeführt. Massgebend für die Kühlleistung ist der Temperaturunterschied zwischen Zu- und Abluft und der Luftvolumenstrom. Für die Berechnung wurde ein Temperaturunterschied von 13 K definiert angenommen (19 bis 32°C). Daraus ergibt sich der erforderliche Luftvolumenstrom für jeden Raum (siehe Tabelle 30). Die 32°C warme Abluft geht zum Teil nach Aussen als Fortluft (hygienischen Aussenluftanteil) der Rest wird als Umluft wieder verwendet und auf 19°C wieder abgekühlt und gelangt als Zuluft in die Räume. Um die Zuluft zu kühlen, ist eine Kühlbatterie im Monoblock vorgesehen. Diese kann sowohl kühlen sowie auch entfeuchten. Dieser Prozess ist auf dem nachfolgenden h,x-Diagramm in Abbildung 4-13 ersichtlich.

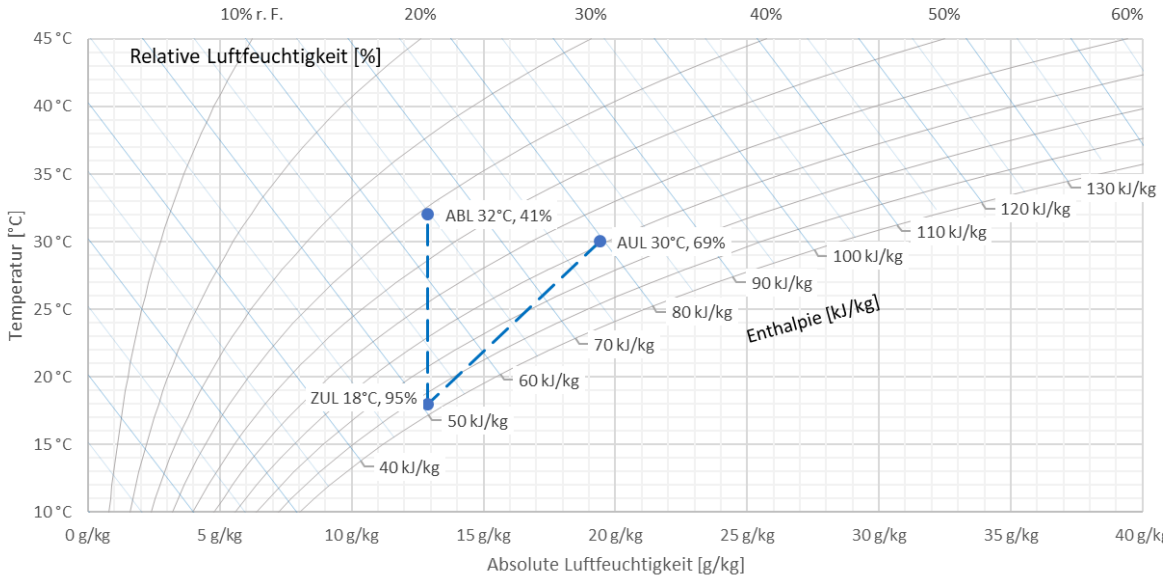


Abbildung 4-13: H,x-Diagramm, HLK-Anlage Hauptzentrale (HZ)

4.8.2.3.2 Kühlung Batterieraum

Die Räume können bei günstiger Aussentemperatur durch einen Aussenluft-betriebene Free-Cooling gekühlt werden. Der Batterieraum darf die maximale Raumtemperatur von 25 °C nicht überschreiten, idealerweise sollte die Temperatur 20 °C betragen. Deswegen wird die Zuluft des Batterieraums getrennt und mit einer zusätzliche, in Serie installierte, Luftwärmetauscher gekühlt. Mit dieser

Luftwärmetauscher kann der Rest der Zentrale bei einer Aussentemperatur von 19°C oder tiefer in Free-Cooling betrieben werden.

Der Luftwärmetauscher des Batterieraums ist über den Monoblock zu installieren und mit der Zuluft durchgeströmt (siehe Planbeilagen 2683-1, 2683-2, 2683-3 und 2683-4). Diese Anlagetrennung dient als energetische Optimierung, welche neben der ökologische Betrachtung auch die Kältemaschine durch kürzere Laufzeit schont.

4.8.2.3.3 Kälteanlage Rückkühler

In der folgenden Tabelle 32 sind die Verdampfer- und Kondensatorleistungen aufgelistet.

	Leistung [kW]	Volumenstrom [m³/h]	Enthalpie Differenz ∆h [kJ/kg]
Verdampfer Leistung (Anteil AUL)	20	2'850	29
Verdampfer Leistung (Anteil UML)	10	2'925	14
Verdampfer Leistung (AUL + UML)	30	5'775	zw. 13 und 26
Verdampfer Leistung Batterieraum	3	725	19
Kondensator Leistung (Für COP KM = 3)	45	8'300	18

Tabelle 32: Leistungen der Kältemaschine, Hauptzentrale

Die Kühlleistung der Kältemaschine (KM) muss auf 30 kW dimensioniert werden. Diese ist die erforderliche Leistung um Aussenluft und Umluft auf 18 °C zu kühlen (1°C Reserve). Die Luft/Luft KM muss die Wärme vom Kondensator an die Externe Umgebungsluft abgeben, dafür wird ein Lüftungsaggregat benötigt (Rückkühler). Der Rückkühler wird am Aussen- und Fortluftkanal angeschlossen und hat einen Volumenstrom von 8'300 m³/h, dies bei einer angenommene Temperaturdifferenz von 17 K zwischen AUL und FOL. Um die Schallemissionen nach aussen zu minimieren wird die Kältemaschine (Kompressor und Expansionsventil) ausserhalb des Luft-gekühlten Kondensators montiert, so dass der erzeugte Lärm nicht durch die Lüftungskanäle verbreitet wird.

4.8.2.3.4 Heizung

Im Winter ist es in einigen Räumen nicht möglich, die Mindesttemperatur mit dem erforderlichen Luftwechsel einzuhalten. Um die minimale Temperatur einzuhalten, muss der Hygienischen Luftanteil in den Räumen auf 0.4 reduziert werden. Damit für den Batterieraum die Idealtemperatur von 20°C garantiert werden kann, wird optional eine Heizung von 1 kW als definiert.

4.8.2.4 Hauptzentrale HZ, Belüftung des Treppenhauses

Das Treppenhaus wird bei allen Notausgängen von unten nach oben belüftet. Die Zuluft kommt von der in Überdruck gestellt Schleuse und von der Technikräumen über die Türen und gelingt im Treppenhaus. Die Fortluft wird anschliessend durch einen Schalldämpfer und einen schalldämmende Wetterschutzgitter nach aussen geleitet (Siehe HLK-Pläne). Die Luftvolumenströme sind in der nachfolgenden Tabelle 33 zusammengestellt.

	Anteil Überdrucklüftung [m³/h]	Anteil Raumlüftung [m³/h]	Total [m³/h]
NA1	360	120	**480**
NA2	360	60	**420**
NA3	360	120	**480**

Tabelle 33: Luftvolumenstrom im Treppenhaus der Hauptzentrale

4.8.2.5 Notausgänge NA1 und NA3, Raumlüftung

Die Raumlüftung der Technik- und Providerräume beiden Notausgänge erfolgt durch ein Lüftungsgerät, welches im Technikraum montiert ist. Vom Technikraum wird die Luft im Raum selbst und im Providerraum verteilt. Durch im Treppenhaus installierte Lüftungskanäle wird die Aussenluft zum Lüftungsgerät geführt und die Fortluft in den Aussenbereich geleitet (siehe Abbildung 4-14).

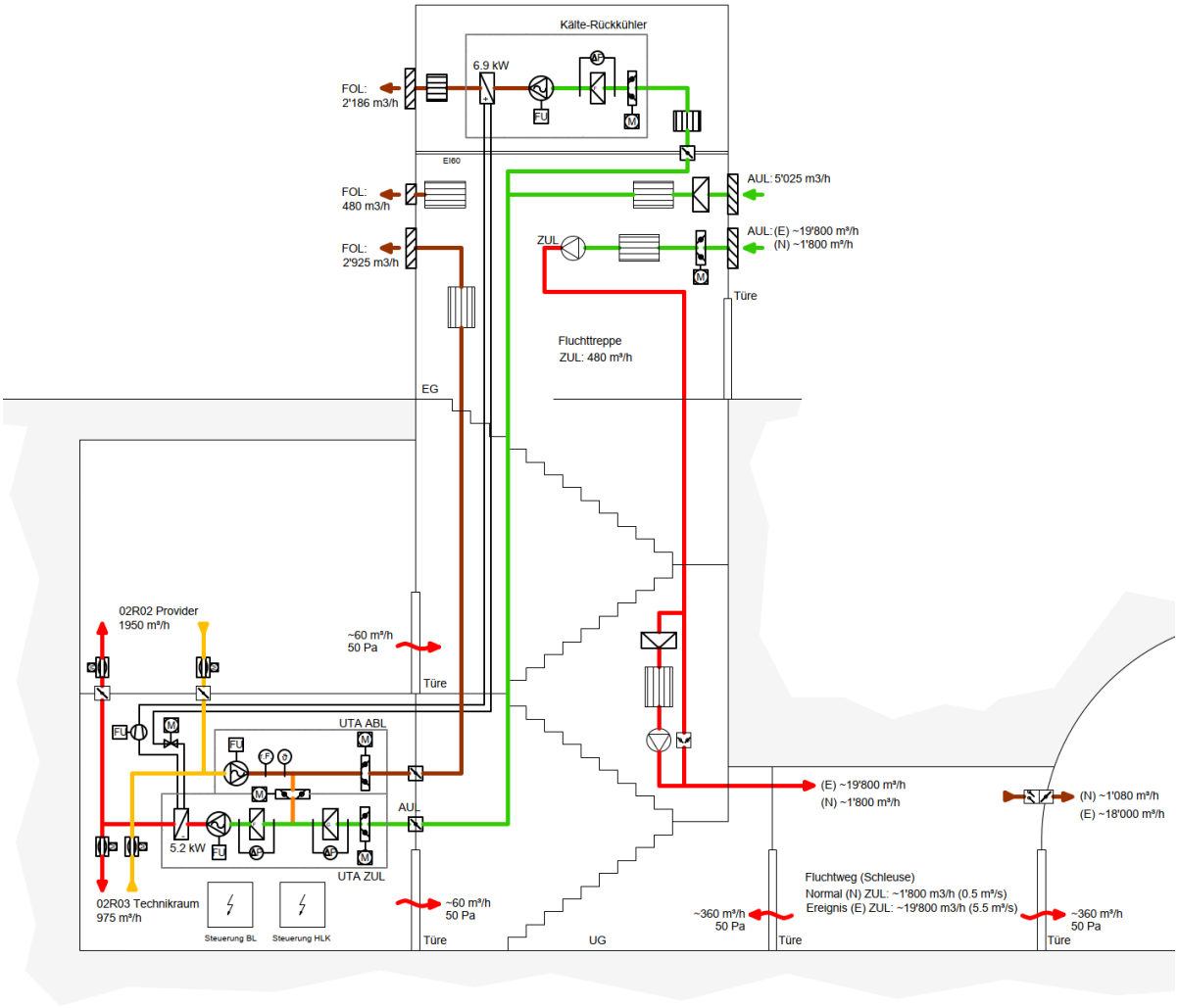


Abbildung 4-14: HLK-Schema Notausgänge NA1 und NA3 (Beilage **2682-2**)

Luftmengen Notausgang 1 (NA1)

Für die Berechnung des Luftvolumenstroms wurde die Zulufttemperatur bei 25 °C festgelegt (in Aarau laut SIA 2028 [26] liegt diese während 98 % des Jahres unter 25°C) und die Ablufttemperatur bei 32°C, bzw. die maximale Raumtemperatur. Die Resultate der Berechnung sind in der nachfolgenden Tabelle 34 zusammengestellt (in grün sind die Dimensionierungswerte aus der Lastenberechnung ersichtlich).

Nr.	Bezeichnung	$\dot{V}_{R/h}$ Hygiene [m³/h]	$\dot{V}$ Sommer [m³/h]	$\dot{V}$ Winter [m³/h]	$\dot{V}$-Zuluft [m³/h]	$\dot{V}$ -Abluft [m³/h]	Regler
01R03	Technikraum	75	975	188	975	975	VVR
02R02	Provider	53	1950	389	1'950	1'950	VVR
TOTAL		128	2'925	577	**2'925**	**2'925**	

Tabelle 34: Volumenstrombedarf Raumlüftung Notausgang NA1

Luftmengen Notausgang 3 (NA3)

Für die Berechnung des Luftvolumenstroms wurde die Zulufttemperatur bei 25 °C festgelegt (während 98 % des Jahres liegt diese Temperatur unter 25°C in Aarau laut SIA 2028 [26]) und die Ablufttemperatur bei 32°C, bzw. die maximale Raumtemperatur. Die Resultate der Berechnung sind in der nachfolgenden Tabelle 35 zusammengestellt (in grün sind die Dimensionierungswerte ersichtlich).

Nr.	Bezeichnung	$\dot{V}_{R/h}$ Hygiene [m³/h]	$\dot{V}$ Sommer [m³/h]	$\dot{V}$ Winter [m³/h]	$\dot{V}$-Zuluft [m³/h]	$\dot{V}$ -Abluft [m³/h]	Regler
01R03	Technikraum	105	975	188	975	975	VVR
02R02	Provider	105	1950	389	1'950	1'950	VVR
TOTAL		210	2'925	577	**2'925**	**2'925**	

Tabelle 35: Volumenstrombedarf Raumlüftung Notausgang NA3

Schalldämmung Notausgänge NA1 und NA3

Zur Lärmreduktion werden Schalldämpfer und schallgedämmte Wetterschutzgitter verwendet.
Der Schalldruckpegel wird an den folgenden Standorten berechnet:

- Ausserhalb des Wetterschutzgitters für die Aussenluftfassung der Raumlüftung;
- Ausserhalb des Wetterschutzgitters für den Fortluftauslass der Raumlüftung;
- Ausserhalb des Wetterschutzgitters für den Fortluftauslass des Treppenhauses;

Die Resultate sind in der folgende Tabelle 36 zusammengestellt.

	FOL-Raumlüftung	AUL-Raumlüftung	FOL-Treppenhaus
Schallpegel ausserhalb des Gitters	37 dB(A)	37 dB(A)	35 dB(A)

Tabelle 36: Schallemission NA1 und NA3

4.8.2.6 Notausgänge NA1 und NA3, Kühlung

Mit einer Kältemaschine kann eine Maximaltemperatur von 32 °C in den Räumen sichergestellt werden. Dies ermöglicht einen idealen Betrieb und eine längere Lebensdauer der elektrischen Komponenten.

Der Verdampfer der Kältemaschine wird im Monoblock installiert (siehe Abbildung 4-14) zur Kühlung der Aussenluft und Umluft. Die restlichen Komponenten der Kältemaschine (Rückkühler und Kompressor) sind in einem separaten Brandabschnitt im Erdgeschoss vorgesehen. Die Aussenluft wird durch einen Kanalnetz und durch folgende Komponenten geführt: BSK, Schalldämpfer, Luftfilter, Kondensator, Ventilator, Schaldämpfer und Fortluftgitter. Der Kompressor und das Expansionsventil befinden sich ausserhalb des Rückkühlers, so dass die Lärmemissionen nach Aussen reduziert werden können.

In der folgenden Tabelle sind die Verdampfer- und Kondensatorleistungen aufgelistet.

	Leistung [kW]	Volumenstrom [m³/h]	Enthalpie Differenz Δh [kJ/kg]
Verdampfer Leistung (Anteil AUL)	0.3	210	5
Verdampfer Leistung (Anteil UML)	4.9	2'925	7

Verdampfer Leistung (AUL + UML)	5.2	2'715	zw. 5 und 7
Kondensator Leistung (Für COP KM = 3)	6.9	2186	10

Tabelle 37: Leistungen der Kältemaschine, **Notausgänge** NA1 und NA3

4.8.2.7 ESP-Raum, Raumlüftung und Kühlung

Die ESP-Räume werden ausschliesslich durch Aussenluft gekühlt. Für die Berechnung des Luftvolumenstroms wurde die Zuluft Temperatur bei 25 °C festgelegt (Während 98 % des Jahres liegt die Temperatur in Aarau gemäss SIA 2028 unter 25°C) und die Ablufttemperatur bei 32°C. Die Resultate der Berechnung sind in der nachfolgenden Tabelle 38 zusammengestellt.

Nr.	Bezeichnung	$V_{R/h}$ Hygiene [m³/h]	Volumenstrom Kühlung [m³/h]	Volumenstrom Heizung [m³/h]	V-Zuluft [m³/h]	V-Abluft [m³/h]
1	ESP-Raum	45	1’075	850	1’075	1’075

Tabelle 38: Volumenstrombedarf der ESP-Räume

Um den Temperaturverlauf der ESP-Räume zu untersuchen wurde eine Simulation durchgeführt. Der Temperaturverlauf eines ähnlichen Raumes wurde anhand von Temperaturmessungen während der Sommerperiode 2022 untersucht. Die Resultate zeigen, dass die Temperaturen im Raum die maximale Werte von 32 °C erreichen aber nicht überschreiten und dies bei einer Aussentemperatur von 35 °C. Die Resultate der Messungen wurden zur Optimierung und Validierung der Simulation verwendet. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung 4-15 ersichtlich. In der Simulation wurde eine aussentemperaturabhängige Volumenstromregelung integriert (siehe Abbildung 4-16), um die Raumtemperaturspitzen in den heissen Stunden zu reduzieren und abzuflachen.

Die Simulation wird als Abschätzung des Temperaturverlaufs verwendet. Diese kann aber nicht garantieren, dass die Raumtemperaturen die angegebenen Werte nicht überschreiten.

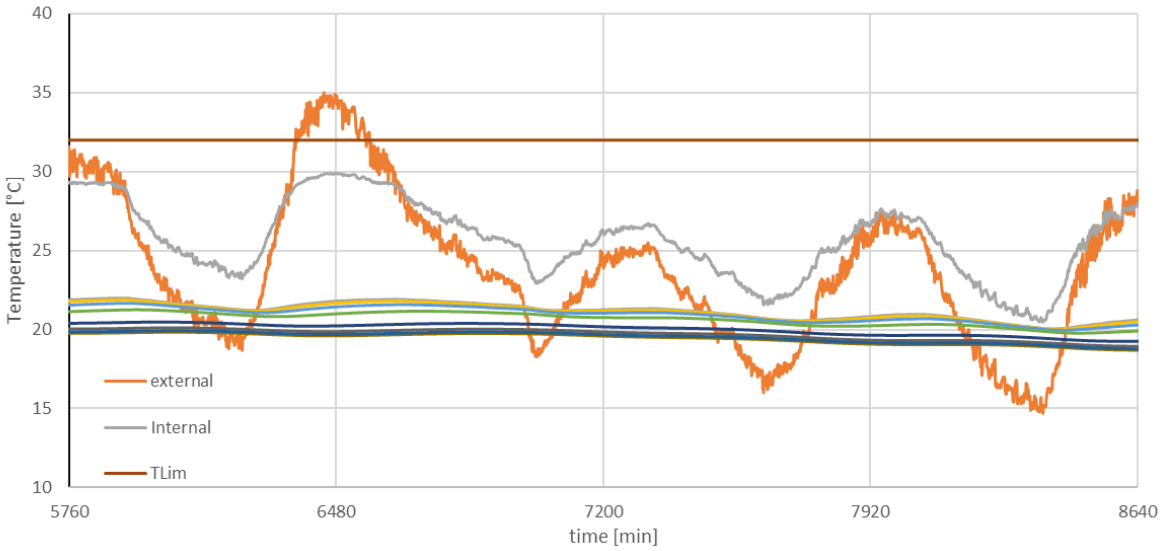


Abbildung 4-15: Simulation des Temperaturverlauf im ESP-Raum

Es wurden Folgende Eingabeparameter verwendet:

- Aussenlufttemperatur, aus gemessenen Daten in der Gemeinde Sins. (ESP Süd)
- Interne Wärmeleistung, **2 kW kontinuierlich**.

- Wandfläche 102 m².
- Raumluftvolumen, 72 m³.
- Aussenluftvolumenstrom, Max. 1'000 m³/h.

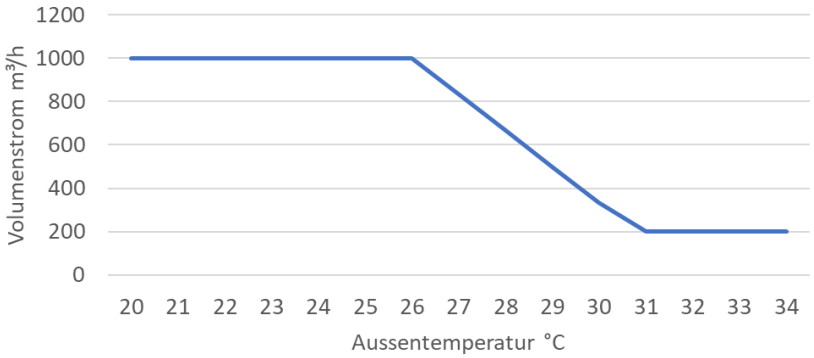


Abbildung 4-16: Volumenstromregelung ESP-Raum

4.8.2.8 Regelung HLK-Anlagen

Neben dem ESP Wynematte wird ein Nebenraum mit dediziertem Eingang erstellt. Dieser Raum soll mittels der HLK-Anlage des ESPs Wynematte belüftet werden. Die Zuluft- sowie der Abluftkanäle, die aus dem ESP Wynematte in den Nebenraum münden sollen mit Brandschutzklappen ausgestattet werden.

Luftmengen

Die Räume mit wechselnden Abwärmelasten werden mittels variablen Volumenstromreglern aufgrund der Raumtemperaturen mit Zu- und Abluft bedarfsgeregelt. Die Räume ohne Abwärmelasten werden mit einem konstanter Volumenstromregler belüftet (siehe 2682-1, 2682-2 und 2682-3). Mittels Druckfühler im zentralen Zu- und Abluftkanal wird der Volumenstrom der Zu- und Abluftventilatoren via Drucksteuerung (Frequenzumrichter) nach Bedarf geregelt.

Umluft, Frischluft

Die Aussenluft-, Umluft- und Fortluftklappen im Lüftungsgerät werden stufenlos temperaturgesteuert. Die Angebot-/ Nachfrageregelung steuert die Klappen zur Energierückgewinnung und die Zuschaltung der Kältemaschine je nach den Enthalpien der Aussenluft / Abluft. Bei Heizbedarf wird die Anlage auf Umluft-Beimischung gefahren.

Bei Kühlbedarf wird die Anlage zuerst auf freie Kühlung gefahren (mit Umluft-Beimischung, falls die Abluftenthalpie tiefer als die Aussenluftenthalpie ist), und dann wird der Kühlbedarf mit Unterstützung der Kältemaschine sichergestellt.

Bei Belegschaft der Räume muss ein minimaler Anteil an Frischluft bezogen werden (hygienischer Anteil). Im Umluftbetrieb ohne Belegschaft muss nur den Anteil von batterieraum und WC an Frischluft bezogen werden.

Mechanische Kühlung

Die Kältemaschine wird dann eingeschaltet, wenn einer der Räume die Maximaltemperatur erreicht bzw. überschreitet. Die Kältemaschine regelt anhand von Temperatursensoren im zentralen Zuluftkanal die Zulufttemperatur auf die erforderliche Temperatur (18 °C HZ, 25°C NA1 und NA3).

4.8.2.9 Brandschutz

Das Thema ist übergeordnet im Kapitel 3.4.3 beschrieben.

Brandschutzklappen

Alle Brandschutzklappen sind in den Plänen dargestellt (Beilagen:2683-1, 2683-2, 2683-3, 2683-4, 2684 und 2685).

Brandschutz Lüftungskonzept

Bei einem Brandereignis in der Hauptzentrale oder in einem der Notausgänge und Detektion mittels Rauchmelder der Brandmeldeanlage Gebäude oder der Rauchmelder im Abluft Kanal, schalten die Raumlüftungs- und Kälteanlage automatisch ab und die Brandschutzklappen werden geschlossen.

Brandabschnittsbildung

Alle Räume stellen einen separaten Brandabschnitt dar. Es werden Brandschutzklappen bei jeder Brandabschnittsübertretung der Gebäudelüftung montiert. Die Steigzone und das WC bilden einen einzigen Brandabschnitt. Zu sehen in Beilage 2608.

4.8.2.10 Technische Spezifikationen HLK-Anlagen

D7.0.1 Monoblöcke

Das Apparategehäuse der neuen Monoblöcke ist in solider doppelwandiger Metallkonstruktion mit dazwischen liegender Isolation, innen und aussen sendzimirverzinkt und pulverbeschichtet vorzusehen.

Anforderungen Monoblockgeräte allgemein:
Geräteauslegung nach [27]

- Der Geräteaufbau muss der Hygienerichtlinie [28] entsprechen.
- Die Geräte-Dämmstärke hat vollumfänglich den Anforderungen gemäss revidierter SIA 382/1 [27] zu entsprechen.
- Verschalungsbleche innen und aussen sendzimirverzinkt und pulverbeschichtet min. 100 µm.
- Scharniere und Verschlüsse in V2A/Kunststoff.
- Verbindungs- und Befestigungsmaterial für die Einbauteile in V2A.
- Manschettenrahmen verzinkt.

Für die gute Zugänglichkeit zu den eingebauten Teilen müssen dicht schliessende Türen vorhanden sein. Die Türgriffe müssen einfach zu bedienen sein.
Die eingebauten Teile sollen gut gewartet werden können. Schwingungsdämpfer zwischen Gerät und Fundamentplatte sowie Flex.-Manschetten an den Saug- und Drucköffnungen der Apparategehäuse gehören zum Lieferumfang.

Bei der Auswahl der Apparate ist den vor Ort ersichtlichen Platzverhältnissen zu berücksichtigen.

Das Lüftungsgerät ist mit Sockelrahmen und verstellbaren Füssen zu liefern. Die Revisionstüren sind mit Scharnieren und Verschlüssen auszurüsten.

Die Monoblöcke sind ohne Heizung vorgesehen.

D7.0.2 Gliederklappen

Sämtliche Klappen sind als Gegenlaufgliederklappen, luftdicht nach [29] auszuführen. Bei automatischen Klappen pro Klappenvorrichtung 1 Antriebsmotor.
Rahmenprofile feuerverzinkt oder Aluminium, Lamellen aus gepressten Aluminiumprofilen oder abgekantetem Aluman. Freies herausgeführtes Wellenende für den motorischen Antrieb, inkl. Gestänge. Ausserhalb des Klappengehäuses muss die Klappenstellung eindeutig sichtbar sein. Bei Handeinstellklappen müssen diese ohne Werkzeug einstellbar sein.
Klappenachsen in V2A oder in Nylonbüchse laufend, keine silikonhaltigen Bauteile. Dichtelemente sind geschlossenporig für die Hygieneanforderung.

D7.0.3 Luftfilter

Taschenluftfilter in Güteklasse F7/EU7 für Feinstaubfilter nach [30] und [31]. Es ist auf eine lange Standzeit der Filter zu achten. Es sind Filter mit Glasfasermedium oder andere Filtermaterialien einzusetzen, welche nicht mit einer elektrostatischen Ladung versehen sind, um einen bleibend guten Wirkungsgrad zu erreichen. Zur Überwachung der Filter sind Filterwächter mit Anzeige und Kontakt vorzusehen. Die anzeigenden und schaltenden Geräte sind auf der Revisionsseite mit Aufbaukonsole angebaut.

D7.0.4 Ventilatoren

Freilaufendes Radiallaufrad im Monoblock-Gerät fertig eingebaut. Ventilatorlaufrad mit rückwärtsgekrümmten Schaufeln direkt auf IEC-Drehstrommotor für Betrieb mit Frequenzumrichter montiert.

Ventilatoranforderungen und Zubehör:

- Spezifische Ventilatoren-Leistung P_SFP < 0.21 W/(m3/h), entspricht der Klasse SFP2 gemäss [27].
- Ventilator-Einbausatz sendzimirverzinkt und pulverbeschichtet 80 - 100 μm.
- Ventilator Laufrad Stahl teilgeschweisst und pulverbeschichtet min. 100 μm.
- Ventilator-Welle in V2A.

D7.0.5 Motoren

Betriebsspannung:	400 V 3/N ~ 50 Hz.
Steuerspannung:	230 V~ 50 Hz.
Bauart:	Drehstrommotoren IEC-Norm, B3, IP 44 entsprechend der Wirkungsgradklasse EFFH, Motoren für Drehzahlsteuerung mit Kaltleiter. EC Motoren Effizienzklasse IE3 oder IE4.

D7.0.6 Lüftungsgitter

Zuluft: Diffusionsgitter mit horizontalen und vertikalen Luftleitlamellen und gekuppelter gegenläufiger Mengenregelung.
Abluft: Diffusionsgitter mit vertikalen Luftleitlamellen und gekuppelter gegenläufiger Mengenregelung.

D7.0.7 Wetterschutzgitter

Die aussenliegenden Wetterschutzgitter werden als verwindungssteifer Rahmen mit Lamellen aus strömungsgünstigen Spezialprofilen für kleinen Druckverlust und niedrigen Geräuschpegel ausgeführt. Es sind schallgedämmte Wetterschutzgitter zu verwenden mit folgender minimale Einfügungsdämmung:

Frequenz [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

Einfügungsdämmung [dB]	3	4	7	8	13	15	13	15

Tabelle 39: Minimale Einfügungsdämmung vom schallgedämmten Wetterschutzgitter

Im Weitern wird rückseitig an Rahmen und Lamellen ein Schutzgitter (Maschenweite 16 mm) befestigt, um das Eindringen von Vögeln und Kleintieren zu verhindern.

D7.0.8 Brand-Rauchschutzklappen

Diese sind in rauchdichter und feuerverzinkter Ausführung vorzusehen. Die Konstruktion muss VFK-geprüft sein.

Schutzgrad: EI-90.
Antrieb: Elektrisch, Endstellungen mit Kontakt für die Signalisierung, inkl. Steuergerät. Federrückzug für Schliessung im Brandfall, Thermo-elektrischer Auslöser, AUF/ZU-Betätigung im Normalfall über Motor.

Brandschutzklappe bestehend aus:

- Brandschutzklappe EI-90.
- Federrücklaufantrieb 24 V.
- Anschluss- und Kommunikationsgerät.
- Thermoelektrischer Auslöser.
- Rauchmelder (Nur bei Rauchschutzklappen).

Für die Montage und Zugänglichkeit gelten die brandschutztechnischen Vorschriften der VKF-Richtlinien über lufttechnische Anlagen.

D7.1.0 Kanäle

Kanäle mit Zubehör:
Dazu gehören sämtliche in Blech ausgeführten Kanalstücke, Druckstutzen und Saugkonen der Geräte, Verbindungsstücke, Leitbleche sowie das erforderliche Verbindungs-, Befestigungs- und Aufhängematerial.

Ausführung der Blechkanäle:
Sämtliche Bogen sind mit einer ausreichenden Zahl von Leitblechen zu versehen oder der Krümmungsradius muss mindestens 1 D betragen. Zur gleichmässigen Luftverteilung sind alle notwendigen Regulierеinrichtungen einzubauen. Bei Klappen für einmalige Einstellung muss die Stellung dieser Klappen von aussen ersichtlich sein. Die Kontroll- und Messdeckel sind in genügender Zahl im Preis einzuschliessen.

Material der Kanäle:
Verzinktes Stahlblech, alle Schnittkanten mit Kaltverzinkung nachbehandelt. Dabei sind alle Aufhängungen und Befestigungen wegen der Gefahr der Elementbildung galvanisch zu isolieren (Gummi-Unterlagen).

Blechstärke:

grössere Kanalbreite in mm	Blechstärke in mm

bis 200	0,56
201 bis 400	0,62
401bis 1'000	0,75
1'001 bis 1'500	0,87
1'501 bis 2'500	1,00
über 2'501	1,25

Tabelle 40: Blechstärke von Luftkanäle

Bei über 500 mm Kanalbreite sind die Kanäle mit Verstärkungen auszuführen.

Verbindungen:

Kanäle: Grundsätzlich sind immer Rahmenverbindungen zu wählen, welche die geforderte Dichtheit (Dichtigkeitsklasse C) aufweisen.

Rohre: Flansch- oder Klebeverbindungen Die Klebeverbindungen müssen alterungs- und bis zu Lufttemperaturen von 60°C beständig sein.

Spezielle Kanäle:
Für den Batterieraum sind PVC-Rohre vorzusehen.

Abhängungen:
Kanäle und Rohre müssen, wo möglich, an der Decke befestigt werden.

Durchführung durch Wände und Decken:

Kanäle und Rohre werden bei Durchführungen durch Wände und Decken, wo keine Brandschutzklappe vorzusehen ist, mit 10 mm Mineralwollplatten umschlossen, Raumgewicht 80 kg/m3, beidseitig 10 cm überstehend.

D7.3.1 Volumenstromregler

Variable Volumenstromregler für Zu- und Abluft:
Geräte Inbetriebnahme-fertig, bestehend aus den mechanischen Bauteilen und den elektronischen Regelkomponenten. Geräte enthalten einen Mittelwert bildenden Differenzdrucksensor zur Volumenstrommessung und Regelklappen. Regelkomponenten werkseitig montiert, verschlaucht und verdrahtet. Differenzdrucksensor mit Messbohrungen 3 mm, dadurch unempfindlich gegen Verschmutzung. Volumenstromregler in rechteckiger Bauform, beidseitig mit Flansch, geeignet für Luftleitungsprofile. Gegenläufig gekuppelte Regelklappen mit beidseitig innen angeordneten Zahnrädern. Position der Regelklappe von aussen an der Achse erkennbar, Abdichtung der Lagerstellen mit Ringdichtungen. Gehäuse aus verzinktem Stahlblech, Achsen aus verzinktem Stahl. Regelklappen und Differenzdrucksensor aus Aluminiumprofilen. Zahnräder aus antistatischem Kunstsoff (ABS), temperaturbeständig bis 50°C. Gleitlager aus Kunststoff.

Konstante Volumenstromregler für Zu- und Abluft:
Geräte Inbetriebnahme-fertig, bestehend aus dem Gehäuse mit leichtgängig gelagerter Regelklappe, Regelbalg und aussenliegender Kurvenscheibe mit Blattfeder. Volumenstromregler ohne Stellantrieb, sind werkseitig auf einen Referenz-Volumenstrom eingestellt (Einstellung des gewünschten Volumenstromes vor Ort an einer Skala). Volumenstromregler in rechteckiger Bauform, beidseitig mit Flansch, geeignet für Luftleitungsprofile. Gehäuse und Regelklappe aus verzinktem Stahlblech. Blattfeder aus rostfreiem Stahl, Regelbalg aus Polyurethan, Gleitlager mit PTFE Gleitschicht.

D7.3.2 Steuerungen und Bedienung

Die Gebäudelüftung kann per Fernzugriff oder Lokal (via Touch Panel) bedient werden. Dazu wird ein WebGUI für die Steuerung und Regelung der Gebäudelüftung der Hauptzentrale erstellt. Die abgesetzten Gebäudelüftungen (beiden ESP und Technikraum/Providerraum im NA1/NA3) werden via RIO in die Steuerung zur Anzeige und Überwachung integriert. Die Steuerung liest alle Raumtemperaturfühler aus und kann die Brandschutzklappen ansteuern. Für die Regelung der Raumtemperaturen, kommuniziert die Steuerung der Gebäudelüftung mit der Steuerung der Kälteanlage.

Bedienung
In der Schaltschrank-Tür müssen neben dem Touch Panel die folgenden Tasten eingebaut sein:

- Anlage-Schlüsselwählschalter, mit den folgende Bedingungen:
  - Aus (Anlageschalter Aus, Betriebsart Aus).
  - Lokal (Anlageschalter Lokal, Bedienung ab Panel freigegeben, Bedienung ab Web gesperrt).
  - Fern (Anlageschalter Fern, Bedienung ab Web freigegeben, Bedienung ab Panel gesperrt).
  - Entrauchung (Anlagenschalter Entrauchung, Betriebsart Entrauchung).
- Lampentest Leuchttaster (bei Betätigung leuchten alle Lampen in der Schranktür für 10s).
- Betreib Leuchte (Leuchtet, wenn alle Anlagen korrekt funktionieren).
- Störung Leuchttaster (Leuchtet, wenn eine Störung ansteht, bei Betätigung wird der Sammelalarm quittiert).
- Brand Leuchttaster (Leuchtet, wenn eine Brandmeldung empfangen wurde, bei Betätigung wird die Brandmeldung zurückgesetzt, wenn diese auf der BMA nicht mehr ansteht.).

D7.6.1 Schalldämpfer

Zur Dämmung der Geräusche sind Schalldämpfer in Kulissenbauart vorzusehen.

Kulissenaufbau:
Umlaufender, stabiler Rahmen aus verzinktem Stahlblech beidseitige Abdeckung aus verzinktem Lochblech. Füllung aus nicht brennbarer und nicht hygroskopischer Mineralwolle. Eingelegtes Glasvlies als Rieselschutz, abriebfest bis Durchtrittsgeschwindigkeiten von 20 m/s. Bei Durchtrittsgeschwindigkeiten über 10 m/s sind die Kulissenrahmen auf der Eintrittsseite mit halbrunder, strömungsgünstiger Abdeckung auszurüsten.

Gehäuseaufbau:
Für Kanalschalldämpfer verzinktes Blech mit beidseitigen Rahmen und entsprechend verbohrten Gegenrahmen.

Spezieller Schalldämpfer für die Batterieraumfortluft:
Rohrschalldämpfer aus Kunststoff für Abluftsysteme mit aggressiven Medien, wirksam nach dem Absorptionsprinzip zur Reduzierung des Strömungsgeräusches in Kunststoff-Luftleitungen.

D7.6.2 Dämmung von Kanälen

Sämtliche Aussenluftkanäle sind gegen Schwitzwasserbildung thermisch mit 60 mm Dämmung zu isolieren. Bei der Wahl des Isolationsmaterials sind die örtlichen feuerpolizeilichen Vorschriften zu berücksichtigen. Kanäle, welche Fluchtwege wie Korridore durchqueren, sind mit brandschutztechnischen Dämmungen mit einen Feuerwiderstand von EI 60 gemäss den örtlichen feuerpolizeilichen Vorschriften zu isolieren.

4.8.2.11 Schnittstellen mit andere Gewerke

Folgende Schnittstellen müssen abgedeckt werden:

- Sanitäranschlüsse für Ablauf Kondensat der Kühlungen (EG und UG).
- Brandmeldeanlage Gebäude (Potentialfreier Kontakt, Brandfall Steuerung der BMG).
- Einspeisungen der Schaltschränke Raumlüftungen, Normal- / USV-Netz.
- Betriebsleitebene über die Divers Anlage (DIV). Die Zustands- und Störungsmeldungen sowie die IST-Werte (Raumtemperaturen) werden übertragen.
- BKN-Anschluss via UKV-Verbindung.
- Bei der Wahl der Batterien soll überprüft werden ob der Volumenstrom von 725 m³/h ausreichend ist, um die Wasserstoff Konzentration unter 4 % zu halten.

4.8.2.12 Leistungen Dritter

Für die Realisierungen der Raumlüftungs- und Kälteanlage werden folgende Bearbeitungen bauseits durch Dritte notwendig:

- Baumeisterarbeiten, Aussparungen für die HLK-Anlagen.
- Brandabschottungen aller HLK-Aussparungen.
- Sanitäranschlüsse für Ablauf des Kondensats der Kühlungen.
- Erschliessungen der Schaltschränke Raumlüftungs- und Kälteanlage ab definiertem Abgang der Energieversorgung.
- Verkabelungen der Antriebe, Motoren und Feldgeräte der Raumlüftungs- und Kälteanlagen.
- Integration der Überwachungen der Raumlüftungs- und Kälteanlagen in die übergeordnete Steuerung.

4.8.3 Krananlage/Hebezeug

Zu späteren Einbringungen und zu Unterhaltszwecken mit Schwerlasten, wird eine Krananlage benötigt.

Bei der Hauptzentrale wird ein Elektrokettenzug im Erdgeschoss an der Decke montiert. So, dass ein 2.2m Schrank auf einem Pallet angehoben werden kann und in das Untergeschoss durch Bodenaussparungen transportiert werden kann. Der Kran ist an einer Schiene aufgehängt, so kann mit dem Handhubwagen unter den Kran gefahren werden und durch die Schiene den Kran über die Bodenaussparung geschoben werden. So kann ohne grossen Kraftaufwand etwas vom EG ins UG transportiert werden.

Durch den Bau werden die Bodenaussparungen zugedeckt und Geländer Abschrankungen eingebaut.

4.8.4 Pumpwerk, Ölabscheider, Rückhaltebecken

Bei den Portalen des Tunnels Wynematte werden zwei Stapelbecken resp. Pumpbecken realisiert. Beim Portal Wynematte wird durch den Bau ein Stapelbecken und Pumpwerk erstellt. Beim Portal Helgefeld wir der Bau ein Pumpwerk erstellen. Die BSA wird für beide Werke folgende Komponenten Installieren und Liefern:

- Füllstandmessgeräte, Ultraschall
- Maximalfüllstandsüberwachung, Ultraschall
- Druckmessung zur Pumpenüberwachung
- Steckdosen 400V und 230V
- Beleuchtung Pumpwerk und Stapelbecken
- Erdschienen

Die Pumpen werden durch den Bau geliefert und installiert, die Eichung/Einstellung der Pumpen obliegt der Verantwortung des Bau. Die BSA schliesst nur die Ansteuerung, die Speisung und die Signalkontakte an. Die Ansteuerung der Pumpen und das Auslesen der Sensorik wird aus er Anlagensteuerung Pumpwerk, Stapelbecken oder SABA realisiert. Der Teil Steuerung wird durch die BSA geliefert.

Die Prinzipschemen sind in den Beilagen 2654 und 2655 dargestellt.

Das Los 1 wird die SABA Sagimättli erstellen, die SABA wird durch LWL ins Netzwerk vom Tunnel eingebunden, siehe Kapitel 4.7.2. Die Steuerung der SABA wird Lokal in einem VK eingebaut, dieser VK wird mittels Normalnetz ab ESP Wynematte gespiesen.

Einspeisung Pumpwerk, Ölabscheider, Rückhaltebecken

Die Einspeisung der Steuerung der Stapelbecken erfolgt via Notnetz, auch die Aggregate, welche in den Becken installiert werden, sind über das Notnetz gespiesen.

Steuerung Pumpwerk, Ölabscheider, Rückhaltebecken

Die Steuerung der Becken wir in einem Schrank im ESP untergebracht, d.h. ein Schrank im ESP Wynematte und einen im ESP Helgefeld.

In beide Standorten wird durch die Steuerung die Niveaumessung kontrolliert sowie die Ansteuerung der Schieber bedient.

Die Steuerung kann in beiden Fällen auf folgende Betriebsarten gesetzt werden:

- Auto
- Lokal
- Fern

Auf der Tür der Schränke wird jeweils eine MMI installiert. Auf dem MMI werden folgende Informationen dargestellt:

- Stand Havarie: Ein/Aus
- Sammelstörung: Ein/Aus
- Hochalarm: Ein/Aus
- Anzeige Wasserniveau Absetzraum (inkl. Alarmierung «Niveau tief»)
- Anzeige Wasserniveau (Stapelraum)
- Schieber Becken (Revisionsschalter, Automatik, gestört)
- Pumpe Becken (Revisionsschalter, Automatik, gestört)
- Hochalarm

- Beckenvolumen
- Graphische Darstellung des Beckens mit Zustand Scheiber und Pumpen

Die MMI wird mit 4-Menüseiten erstellt, diese Sind:

- Übersicht (Informationen siehe oben)
- Einstellungen (Stellzeit Schieber, Höhe Hochalarm, Automatik des Niveauhalteautomatik Ein/Aus, Niveau hoch – Schieber öffnen, Niveau tief – Scheiber schleissen)
- Alarme (Chronologische Auflistung der Alarme der Installation)
- Benutzter (Anmelden, Abmelden, Benutzerverwaltung)

Ein Beschreib der Funktionalität wird vom Bau erstellt.

Positionierung Pumpwerk, Ölabscheider, Rückhaltebecken

Steuerung

Die Steuerungen werden in den ESP’s in den Schränken untergebracht.

Bei abgesetzten Anlagen wird die Steuerung in einem VK untergebracht, diese Steuerung wird ins Tunnelnetzwerk eingeschlossen.

Aggregate

Die Aggregate werden in den Becken installiert.

Eigenschaften Pumpwerk, Ölabscheider, Rückhaltebecken

Unter den folgenden Paragrafen werden die technischen Eigenschaften der Installation beschrieben und zusammengefast.

Steuerung

- MMI-Display: mind. 7’’
- Auflösung: 800x480 Pixel
- Typ: LED
- Lebensdauer: ≥ 40'000 h
- Dimensionen SPS: ca. 135x85x85mm (HxBxT)
- Einspeisung SPS: 24VDC oder 240VAC

Füllstandmessgeräte

Die Eingeschalten vom Füllstandmessgerät, Ultraschall, sind folgende:

- Piezoresistiver Drucksensor isoliert gekapselt
- RS485-Schittstelle
- Genauigkeit: ±0.05 % FS
- Druckbereiche: 0…0.3 bis 0…30 bar
- Schutzart: IP68

Die Eingeschalten vom Vibrationsschalter zur statischen Niveaumessungen, sind folgende:

- Genauigkeit: ±1 mm
- Druckfestigkeit: PN 64
- Schutzart: ≥ IP66

Die Messgeräte muss für den Einbau in der Ex-Zone 2 geeignet sein

Revisionsschalter Schieber und Pumpe

Die Eingeschalten für die Revisionsschalter sind folgende:

- Polenzahl: 3
- Material Gehäuse: Polyesterharz mit Glasfaserverstärkung
- Schutzart: ≥ IP66

Der Revisionsschalter muss für den Einbau in der Ex-Zone 2 geeignet sein

Befestigungsmaterial Aggregate

Die Eigenschaften des Befestigungsmaterials ist wie folgt:

- Befestigungsmaterial: Klasse III, SIA 179

Nassraumleuchten mit Ex-Schutz

Die Eingeschalten für die Nassraumleuchten sind folgende:

- Leuchtmittel: LED
- Leistung LED-Leuchte: 25W
- Schutzart: ≥ IP66
- Die Beleuchtung muss für den Einbau in der Ex-Zone 2 geeignet sein

Meldung an Leittechnik

Meldung	Zustand
Betriebsart	Auto <-> Lokal <-> Fern
Leistungsschutzschalter Netz (Sammelstörung)	In Ordnung <-> Ausgelöst
Havarie	Ein <-> Aus
Schieber	Zu <-> Offen
Anzeige Wasserniveau (Absetztraum)	Wert
Anzeige Wasserniveau (Stapelraum)	Wert
Hochalarm	Ein <-> Aus
Pumpe	Ein <-> Aus <-> Gestört

Tabelle 41: Pumpwerk, Ölabscheider, Rückhaltebecken

4.8.5 Löscheinrichtung

Feuerlöscher

In allen SOS-Alarmkasten werden Feuerlöscher positioniert und müssen in Abständen von 12 Monaten gewartet werden.

An folgenden Standorten ist ebenfalls jeweils ein tragbarer 6 kg Handfeuerlöscher (Fabrikat Gloria Typ PI 6 G oder gleichwertig) nach DIN EN3 vorgesehen (Pulverlöscher):

- Hauptzentrale UG – im Gang
- Hauptzentrale EG – in Steigzone
- Technikraum Buhalde
- Technikraum Helgefeld
- ESP Wynematte
- ESP Helgefeld

Die Feuerlöscher sind gem. Herstellerangaben regelmässig auf ihre Funktion hin zu überprüfen.

Hydrant

Die Hydranten erhalten keine elektromechanische Ausrüstung.

Dafür wird in der Hydrantennische ein Erdanschlusspunkt für die Erdung von Fahrzeugen vorgesehen.

Rohrbegleitheizung

Seitens Bau wurde kein Bedarf einer Rohbegleitheizung angemeldet.

4.8.6 Tür / Tor / Zutrittskontrolle

Es wird keine Zutrittskontrolle in die Technikräume des Tunnel Wynematte durchgeführt. Jedoch wird jeweils die Schliessung gemäss Schliessplan des Kanton Aargau ausgeführt. Das Personal was die Tunnel Gebäude/Räumlichkeiten betreten möchte muss sich telefonisch beim NSNW/Unterhalt an- und am Ende der Intervention abmelden.

Bei allen drei Notausgängen gibt es im Erdgeschoss eine Flügeltür, die ins Freie führt, mit einer Schliessung und Panikschloss auf der Innenseite. Auch die Zutritte zu den Technikräumen oder ESP's sind mit einer Schliessung ausgerüstet. Somit haben unbefugte keinen Zutritt zu den Technikräumen.

Die Schiebetür vom Tunnel in die Schleuse im Notausgang wird überwacht, ob sie geöffnet oder geschlossen ist. Die zweite Schleusentür sowie die Flügeltür im Erdgeschoss werden nicht auf Öffnung/Schliessung überwacht.

Die Türen werden durch den Bau geliefert und eingebaut.

4.8.7 Schränke, Verteilkabinen

Schränke

Die Schränke werden in den Technik Räume auf einer Unterkonstruktion befestigt und müssen somit nicht mit selbstragendem Sockel ausgerüstet werden.

Eigenschaften Schränke

Die minimalen Eigenschaften der Schränke müssen folgende sein:

- Schrankhöhe: 2000mm (ohne Sockel)

- Sockelhöhe: 100mm
- Farbanstrich
  - Verkleidungsbleche, Sockel und Blenden: auf beiden Seiten gestrichen;
  - Endbehandelte Oberfläche: "opak" von der Art "Orangenschale" (oder strukturiert);
  - Sockels: schwarz;
  - Trennbleche: keinen Farbanstrich.
- Schutzart: IP20
- Belastung der Schrankrahmen: ≤ 600kg
- Öffnungswinkel der Tür: ≥ 120°
- Scharniere: intern montiert
- Schliessrichtung der Tür: in Fluchtrichtung
- Erdanschluss zwischen Schrankwände und Schranktür
- Befestigungsmaterial Schrank – Unterkonstruktion (mindestens 4 Punkte pro Schrank): Klasse II, SIA 179

Seitenwände der Schränke werden für den Abschluss eines Schrankes oder einer Schaltgruppe verwendet. Ist die Schaltgruppe noch nicht beendet können Trennbleche eingesetzt werden, diese dienen der Trennung der Schränke mit unterschiedlichen Ausrüstungen oder zur Trennung von Strak. Und Schwachstrom.

Zum Standardrahmen der Schränke kann auch einen Schwenkrahmen eingesetzt werden, in den unteren Tabellen wurde ebenfalls einen verschlag für die Ausrüstung der Schränke mit Schwenkrahmen gemacht.

Eigenschaften Schwenkrahmen

Die Eigenschaften des Schwenkrahmes sind folgende:

- Dimensionen: 19’’
- Der Rahmen muss sich mit Bauteilen bis zu 45 cm drehen können
- Bohrungen für Montage der Komponenten: über die ganze Höhe damit 19’’ Bauteile montiert werden können
- Belastung der Schwenkrahmen: ≤ 200kg

Eine Zusammenfassung der Installierte Schränke ist in folgenden Tabellen ersichtlich:

Schrank	Dimensionen (BxTxH) mm			Rahmen	
	1000 x 600 x 2000	800 x 600 x 2000	800 x 800 x 2000	Fix	Schwenkbar
BF100		X		X	
BF001	X			X	
BF002	X			X	
BF003	X			X	
BR001	X			X	
BFC001/BFD001	X			X	
BRC001/BRD001	X			X	
LCY001			X	x	
LC001			X	X	
LCD001			X	X	
LCD002			X	X	
LCD003			X	X	
LCD004			X	X	
DB001			X	X	
KFC001		X		X	
KCD001/KCN001		X		X	
KCY001/KCA001		X		X	
DB001			X	X	
DLR001		X		X	
NY001		X		X	
PYE001		X			X
QBE001		X		X	
FD001			X	X	
CAY002			X	X	
CAY001			X	X	
VLY001		X		X	
TLY001			X		X
TF001		X			
RLY001		X		X	
RLG001		X		X	
RKY001/RKS001		X		X	
RUY001	Wandschrank				

Tabelle 42: Zusammenfassung der Schränke Hauptzentrale

Schrank	Dimensionen (BxTxH) mm			Rahmen	
	1000 x 600 x 2000	800 x 600 x 2000	800 x 800 x 2000	Fix	Schwenkbar
D002/DCR002			X		
BFD002/BRD002			X	X	
RLY002		X	X	X	
LME002/QBE002		X	X	X	
KCY002			X	X	
RUY002	Wandschrank				

Tabelle 43: Zusammenfassung der Schränke NA1

Schrank	Dimensionen (BxTxH) mm			Rahmen	
	1000 x 600 x 2000	800 x 600 x 2000	800 x 800 x 2000	Fix	Schwenkbar
D003/DCR003			X		
BFD003/BRD003			X	X	
RLY003		X	X	X	
LME003/QBE003		X	X	X	
KCY003			X	X	
TF003		X			
RUY003	Wandschrank				

Tabelle 44: Zusammenfassung der Schränke NA3

Schrank	Dimensionen (BxTxH) mm			Rahmen	
	1000 x 600 x 2000	800 x 600 x 2000	800 x 800 x 2000	Fix	Schwenkbar
BFD101/BRD101	X			X	
D101			X	X	
VLY101/VDY101		X		X	
VLY102		X			X
RLY101	Wandmodul				
JAY101		X		X	
TLY101			X	X	
KCY101/DCR101		X		X	

Tabelle 45: Zusammenfassung der Schränke ESP Wynematte

Schrank	Dimensionen (BxTxH) mm			Rahmen	
	1000 x 600 x 2000	800 x 600 x 2000	800 x 800 x 2000	Fix	Schwenkbar
BFD201/BRD201	X			X	
D201			X	X	
VLY201/VDY201		X		X	
VLY202		X			X
RLY201	Wandmodul				
JAY201		X		X	
TLY201			X	X	
KCY201/DCR201		X		X	

Tabelle 46: Zusammenfassung der Schränke ESP Helgefeld

Die in den Tabellen angegeben Eigenschaften sind nicht fix und können bei der Ausführung ändern, der UN wird anhand der Schrankbestellung die notwendige Dimension definieren.

4.8.8 Brandschottung

Geeignete Brandschutzsysteme (Türen, Brandschottungen) verhindern oder reduzieren die Ausdehnung eines Brandes auf einen Brandabschnitt (jeder Raum ist ein separater Brandabschnitt). Brandschottungen zu Wand-, Decken- und Rohrdurchführungen verhindern gezielt den übergriff eines Brandes auf benachbarte Räume.

Die Abschottungen werden mit 2-Platten Weichschott erstellt. Weichschott ist einfach in der Verarbeitung und kann nachträglich z.B. für den Nachzug von Kabeln leicht geöffnet und geschlossen werden. Begehbare Bodendurchbrüche werden mit Hartschott verschlossen, so dass die Abschottungen begehbar sind und keine weiteren Abdeckungen benötigt werden.

Aussparungen für die Brandschutzklappen der Raumlüftung, sind aufgrund von Vibrationen mit Mörtelschott zu verschliessen. Lüftungskanäle der Raumlüftung, die durch Brandabschnitte führen, sind ebenfalls in der Feuerwiderstandsklasse EI 60 auszuführen.

Alle Apparate und Schränke im Bereich der Brandschottungen sind während den Arbeiten sauber abzudecken und gegen mechanische Beschädigung und Verschmutzung zu schützen.

Die generellen Anforderungen werden nachfolgend ergänzt:

- Die Hauptzentrale unterliegt den Anforderungen der VKF und ist AGV versichert. Es gelten die Vorgaben der VKF für die Erstellung der Brandschottungen.
- Sämtliche Abschottungen (Lüftungskanäle der Raumlüftung, die durch Brandabschnitte führen, sind ebenfalls in der Feuerwiderstandsklasse EI 60 auszuführen) sind gesamthaft feuerhemmend und rauchgasdicht in der Feuerwiderstandsklasse EI0 (S60) auszuführen
- Alle Schottungen sind durch den Unternehmer nach Erstellung mit dem Datum, dem Firmenname und der Produktbezeichnung zu kennzeichnen.
- Schottungsplatten sind perfekt einzupassen und sauber an die Flanken des Durchbruches anzuschliessen. Die Fugen sind auszuspachteln.

4.8.9 Doppelboden

Die Zentralen werden mit einem Doppelboden im Modulraster 60 x 60 cm ausgestattet. Für die Verteiler- bzw. Schaltschrankmontage werden Normverteilerrahmen (Kombi Rahmen) im Doppelboden eingelassen welche sowohl die Aufnahme von Schränken mit den Abmessungen 0.8 m x 0.8 m als auch 0.8 m x 0.6 m zulässt. Die Schaltschränke (unabhängig der Tiefe von 0.6 m oder 0.8 m) werden vorne bündig in einer Reihe aufgestellt. Hinter den Schränken speziell bei 0.6 m x 0.8 m Schränken, muss der offene Bereich durch Abdeckungen Luftdicht zugedeckt werden. Zwischen Wänden und Schränke (seitlich und hinten) muss immer ein Abstand von 10 cm eingehalten werden.

Für die Brandüberwachung in den Doppelboden Hohlräumen werden Rauchmelder platziert. Diese müssen durch eine Glasplatte/Glasscheibe in der Doppelbodenplatte sichtbar sein.

Für die Belüftung der Provider Anlagen im Providerraum welche an die Wand montiet werden, werden Lüftungsdrallauslässe in den Doppelbodenplatten benötigt.

In welchen Räumen überall Doppelboden vorgesehen ist bzw. an welchen Stellen Kabelführung unter dem Doppelboden sind, ist in den Beilagen der Raumbesetzungen ersichtlich. Darin wird auch definiert, wo Leerfelder (Reserve) mit Blindplatten vorzusehen sind. (Beilagen: 2691-1, 2691-5, 2692-1, 2692-5, 2693-1 und 2693-5).

Die Kabelführung im Doppelboden wird auf Kabelpritschen realisiert. Auf drei Ebenen werden die Kabeltypen geschützt verlegt und voneinander getrennt geführt.

Unterkonstruktion

Anforderungen an die Unterkonstruktion:

- In den Technikräumen der Hauptzentrale UG und EG, Technikraum des NA1 und NA3, sowie den Elektrostützpunkten Helgefeld und Wynematte ist ein Hohlbodenbereich von 0.8m vorgesehen. Grund dafür sind die zu berücksichtigenden Biegeradien der Kabel.
- Der Batterieraum im Untergeschoss der Hauptzentrale Nord und die Providerräume in den NA1 und NA3 erhalten keinen Doppelboden. Der Höhenunterschied wird im Batterieraum mit einer Betontreppe überwunden. Die Providerräume werden ebenerdig mit dem Treppenhaus verbunden.
- Die Unterkonstruktion bildet eine in sich feststehende Einheit, bestehend aus verschraubten Längs- und Querprofilen. Die ganze Konstruktion ist feuerverzinkt und wird mit stufenlos verstellbaren Stützen (>=geplante Doppelbodenhöhe ± 40mm) auf den Boden gestellt und mit diesem verschraubt. Die Stützen müssen einzeln verstell- und arretierbar sein.
- Die Unterkonstruktion muss so beschaffen sein, dass an sämtlichen Raumwänden ein Abstand zwischen Wand und längslaufenden Konstruktionsteilen von 100 mm entsteht. Dies soll verhindern, dass beim Hochführen von Leitungen Änderungen an der Konstruktion vorgenommen werden müssen. Aus-schnitte in den Bodenplatten können so auf einfache Art, nach Bedarf vorgenommen werden.
- Die Grundrahmen, als Auflage für die Schaltschränke und Geräte, sind aus Stahlprofilen mit verschweissten Eckstössen gefertigt. Die Oberseite der Grundrahmen soll mit der Doppelboden-Gehfläche bündig sein. Die Querprofile sind auf die Dimension der Schaltschränke und Geräte abzustimmen.
- Schaltschränke und andere Geräte müssen direkt auf die Grundrahmen gestellt werden können. Dort sollen sie jedoch nur mit den Aussenkonturen aufliegen, damit sie vom Doppelbodenhohlraum aus frei zugänglich sind.

- Die Unterkonstruktion respektive die Grundrahmen müssen sich den unterschiedlichen Lastanforderungen innerhalb einer Installation ohne Schwierigkeiten anpassen lassen und eine Tragfähigkeit >= 15 kN/m2 aufweisen (mindestens 300kg Punktlast).
- Die Unterkonstruktion und die Grundrahmen müssen elektrisch leitend verbunden werden.
- Es ist zwischen "normaler" und "erhöhter" Belastung vom Doppelboden zu unterscheiden:
- -> Minimale Flächenlast zu erhöhter Belastung: min. 30 kN/m2
- -> Punktlast zu erhöhter Belastung: min. 5 kN
- Im HLK-Raum der Hauptzentrale wird ein Doppelboden mit erhöhter Tragfähigkeit installiert.
- Montagen und spätere Änderungen müssen sich einfach und problemlos durchführen lassen.
- Die Unterkonstruktion respektive die Grundrahmen sollen möglichst wenig Stützen haben, um die Kabelverlegung zu erleichtern.
- Die Verkabelung oder auch andere Installationen müssen freiliegend oder auf Kabelpritschen im Doppelboden geführt werden können.
- Auf Personenwegen zwischen normalem Fussboden und Doppelboden wird zur Überwindung des Höhenunterschiedes normalweise eine Treppe vorgesehen.
- Seitliche Öffnungen müssen mit zweckmässigen Frontabschlüssen geschlossen werden.

Bodenplatten
Folgende Anforderungen werden an die Bodenplatten des Doppelbodens gestellt:

- Bodenplatten aus Holzspanplatten (formaldehydfrei), hochverdichtet
- Umlaufender Kantenschutz aus Hart-Kunststoff (PVC-frei); Schnittkanten schräg geschnitten
- Oberflächenbelag synthetischem Kautschuk, antistatisch, leitfähig, halogenfrei
- Plattenunterseite: Aluminium oder Stahlblech verzinkt (je nach Belastung)
- Elektrischer Durchgangswiderstand R1 maximal 10^8 Ohm (Leitfähigkeit)
- Plattendicke: min. 40 mm D(38 mm ohne Belag,+ 2 mm PVC Belag)
- Brandverhaltensgruppe: RF1 für Fluchtwege und RF3 für Technikräume
- Abmessungen der Bodenplatten: gemäss marktüblichem Standard, in der Regel 600x600 mm.
- (Durch die Verwendung von Doppelbodenplatten in Standardgrösse soll das nachträgliche Einlegen an beliebiger Stelle ohne Nachjustieren vorgenommen werden können.)
- Flächenlast: 15kN/m2
- Punktlast: 300-500 kg
- Sicherheitsfaktor: >2
- Betonbodenfarbe: RAL 5280 (grau)
- Wandabschnittplatten nummeriert, um genaues wiedereinsetzten zu garantieren.
- Die Bodenplatten sind unbefestigt aufzulegen
- Lochlüftungsplatten sind nach Angaben des Lüftungsingenieurs einzusetzen.

- Feuchtigkeitsschutz: Unterseitig mit Alufolie
- Kantenschutz: Elastischer, schlagzäher Hart-Kunststoff
- Farbe: mittelgrau marmoriert
- Bei Ausschnitten für die Durchführung von Kabeln, Kanälen, usw. darf die Tragfähigkeit der Bodenplatten nicht geschwächt werden.
- Die Bodenplatten müssen unter sich problemlos austauschbar sein. Der Doppelboden ist planeben auszurichten.
- Schnittkanten der Bodenplatten sind durch Anstrich gegen das Eindringen von
- Feuchtigkeit zu schützen. Die Abdichtung gegen die Wand ist mit Gummi-Dichtungsprofil zu versehen.
- Das einwandfreie, waagrechte Aufliegen und die leichte Auswechselbarkeit der Doppelbodenplatten sowie die leichte Zugänglichkeit in den Kabelraum müssen gewährleistet sein.

4.8.10 Metallbauarbeiten

Sämtliche Bauteile werden nach den gängigen Unfallverhütungsvorschriften konstruiert und gefertigt. Die Projektierung von Geländern, Brüstungen und ähnlichen Schutzelementen gegen Absturz von Personen in Hochbauten und anderen Zugängen ist in der SIA-Norm 240 und 358 geregelt. Für die Anforderungen an Geländer und Brüstungen ist die Beurteilung der Gefährdung durch Absturz massgebend. Die in der SIA-Norm festgelegten Anforderungen gehen von einer normalen Benutzung und normalem Verhalten aus.

Nachfolgende (elektromechanische) Vorgaben sind für alle Metallbauarbeiten verbindlich:

- Zum Anschluss des Potentialausgleiches ist Anschlusspunkt M10 vorzusehen und mit 2 Muttern M10 zu bestücken.

Abdeckungen im Tunnel

Nachfolgende Ergänzungen zu den allgemeinen Vorgaben sind verbindlich:

- Alle nicht benötigten Standarteinlagen im Tunnel werden mit einer rostfreien Stahlplatte abgedeckt.
- Die Montage hat so zu erfolgen, dass sich die Deckel im Fahrraum nicht lösen können.

Abdeckungen im Notausgang und Technikraum

Nachfolgende Ergänzungen zu den allgemeinen Vorgaben sind verbindlich:

- Alle Standarteinlagen sind abzudecken
- Lüftungsgitter sind gemäss Vorgaben des Herstellers einzubauen.
- Der Kran Schacht wird durch den Bau Unternehmer abgedeckt sowie die Sicherheitsinstallation geliefert. Siehe auch unter 4.8.3

4.8.11 Barriere Anlagen

Portal Zufahrten

In den Portal Zufahrten Helgefeld und Wynematte werden im Vorzonen Bereich nach der Lichtsignalanlage im Zufahrtsbereich Scherengitter installiert. Diese könne bei Bedarf, bei Unterhaltssperrungen

manuell geschlossen werden. So können keine Fahrzeuge beim Missachten des Fahrverbot in den Tunnel fahren.

Barriere Knoten Langmattweg/Obertelweg

Beim Knoten Langmattweg/Obertelweg wird eine Barriere installiert welch am VLS angeschlossen ist. Die Barriere lässt sich ab VLS MMI oder mit einem Funkhandtaster öffnen. Die Barriere lässt sich im Notbetrieb manuell von Hand öffnen. Elektrisch und mit Glasfaser erschlossen wird die Barriere ab Elektrostützpunkt Helgefeld.

4.8.12 Kernbohrungen und Aussparungen

Die notwendigen Aussparungen in den Zentralen wurden mit dem Fachbereich Bau koordiniert. Die Angaben sind den entsprechenden Schalungspläne vom Rohbau zu entnehmen.

Kleinere Durchbrüche und Kernbohrungen z.B. für einzelne Elektrokabel der Infrastruktur werden nachträglich durch den Unternehmer BSA erstellt.

4.8.13 Wasserversorgung

Die Wasserversorgung wird durch den Bau gewährleistet. Inder Hauptzentrale befindet sich im EG ein WC, in diesem Raum wird durch den Bau ein Boiler eingebaut.

Die BSA wird die Stromversorgung für den Boiler vorsehen.

4.8.14 Telefonie

Die 8 geplanten VoIP-Betriebstelefone werden an das Kommunikationsnetzt des Tunnels angeschlossen. Die Kommunikation ist im Kapitel 4.6.1 näher beschrieben.

4.8.15 Raumeinrichtungen

Die Raumeinrichtung erfolgt über die BSA, folgende Möbel werden für die Hauptzentrale benötigt:

- 1x Werkbank – Lagerraum
- 4x Lagergestell – Lagerraum
- 1x Schreibtisch – Leittechnikraum
- 2x Bürostuhl – Leittechnikraum
- 1x Dokumentationsschrank – Leittechnikraum
- 1x Rolltisch – Leittechnikraum

Die Eigenschaften zu den einzelnen Raumeinrichtungen sind unten aufgelistet:

Eigenschaften Werkbank

- Plattenbreite: ca. 1900mm
- Plattentiefe: 800mm
- Tischhöhe: 900mm
- Tragelast: 600kg
- Schubladen: 3Stk

- Schubladenhöhe: 100mm
- Schubladenführung: Rollenführung

Eigenschaften Lagergestell

- Anzahl Fachböden: 5
- Plattenbreite: 2000 mm
- Plattentiefe: 1000 mm
- Tragelast: 1500 kg

Eigenschaften Schreibtisch

- Plattenbreite: 2000mm
- Plattentiefe: 800mm
- Tischhöhe: 800mm
- Tragelast: 600kg

Eigenschaften Bürostuhl

- Rollbar
- Höhenverstellbar
- Kippmechanismus
- Drehmechanismus
- Stufenlose einstellung der Sitzhöhe und Rückenlehne
- Sitzfläche: 500 x 500mm (BxT)
- Indikative Grösse: 600 x 600 x 1300mm (BxTxH)
- Farbe: Schwarz

Eigenschaften Dokumentationsschrank

- Grösse: 800 x 800 x 2000mm (BxTxH)
- Tragelast: 600 kg
- Farbe: grau

Eigenschaften Rolltisch

- Plattenbreite: 850mm
- Plattentiefe: 500mm
- Tischhöhe: 800mm
- Tragelast: 300kg
- Etagen: 2
- Anzahl Rollen: 2

5. Inbetriebnahme

5.1 Test und Inbetriebnahme

Tätigkeit	Beschreibung
Prüfung der Anlage-Komponenten	Sobald das Material (HLK-Kanäle und Installationen, Schränke, etc.) bei dem Unternehmer eintrifft, informiert dieser die Bauherrschaft und den Planungsingenieur dementsprechend, um eine Prüfung der Materialen zu ermöglichen, welche es erlaubt die Konformität mit den Anforderungen und den geltenden Normen zu bestätigen. Der Bauherr behält sich vor die Hauptdaten der Produkte und deren Funktion vor dem eigentlichen Produktionsbeginn zu kontrollieren. Insbesondere folgende Punkte sind zu bewerten und zu protokollieren: • Schutzart unter Berücksichtigung der Umgebungs- und Betriebsbedingungen. • Art des Materials. • Bedienbar auch mit Handschuhen (dieser Aspekt gilt für Instandhaltungstätigkeiten). • Mechanische Ausführung ohne hervorstehende Teile; alle Komponenten müssen gegen das Herabfallen gesichert sein. • Funktionalität der Anlage.

Tätigkeit	Beschreibung
Prüfung im Werk	Bevor die Werksabnahme erfolgt, sind die Materialzertifikate aller Teile zu übergeben. Ziel der Werkabnahme ist es mögliche Planungs- oder Ausführungsfehler an der Anlage vor ihrer Montage aufzudecken. Die Prüfung der Anlagenkomponenten erfolgt im Werk im Beisein des Bauherrn und des Planungsingenieurs durch Probeentnahme und mit dem Ziel die Eignung des Materials hinsichtlich der Anforderungen sicherzustellen. Die Funktionsprüfungen der Komponenten, welche in den Lieferumfang fallen (einschliesslich der Steuerung), müssen im Werk funktionstüchtig montiert sein, um die Abnahme zu ermöglichen. Zudem wäre es von Vorteil, wenn jemand von Electrosuisse bereits bei den Werkprüfungen teilnehmen wird. Der Unternehmer bereitet eine Testprozedur mit den entsprechenden Abnahmeprotokollen und Testlisten vor. Die Testprozedur und die Abnahmeprotokolle müssen von der Bauherrschaft und dem Planungsingenieur freigegeben werden. Ist diese Freigabe erfolgt, soll der Unternehmer alle Tests gemäss Testliste vorab intern erfolgreich durchführen. Diese internen Tests werden auf der Liste mit eventuellen Anmerkungen zu noch offenen Punkten vermerkt und die Liste unterschrieben an den Bauherrn und Planungsingenieur übergeben. Erst nach dieser Übergabe kann die Werksabnahme (FAT) erfolgen. Der Unternehmer stellt die dafür erforderliche Infrastruktur und die Testausrüstungen zur Verfügung. Der Unternehmer führt die Ergebnisse der Abnahme in einem Protokoll auf, welches an den Bauherrn nach erfolgter Freigabe durch den Planungsingenieur übergeben wird. Das Format des Protokolls (Graphiken, Textteile, etc.) wird in Rahmen der Festlegung der Testprozedur definiert.

Tätigkeit	Beschreibung
Inbetriebsetzung	Die Inbetriebsetzung der Anlagen erfolgt in mehreren Etappen gemäss dem Terminplan in Kapitel 6 nach Montageende und nachdem der Anschluss der Anlagen vor Ort erfolgt ist. Im Rahmen der Inbetriebsetzung führt der Planungsingenieur eine ausführliche Prüfung durch. Diese Prüfung hat zum Ziel die Anlagenfunktionen zu verifizieren und die Übereinstimmung mit den Ausschreibungsunterlagen und den Ergebnissen der Werkabnahme sicherzustellen. Insbesondere folgende Funktionen sollen kontrolliert werden (ohne Anspruch auf Vollständigkeit): • Visuelle Kontrolle. • Prüfung der Funktionalität. • Kontrolle, ob der Lieferumfang den Anforderungen entspricht. • Kontrolle, ob die Montage gemäss dem Stand der Technik ausgeführt ist. • Kontrolle der elektrischen Verbindungen. • Kontrolle der Montage. Die Inbetriebsetzung erfolgt gemäss einer Prozedur, welche vom Unternehmer erstellt und vom Planungsingenieur geprüft/ergänzt wird. Diese Ort Prüfprozedur muss es erlauben die Funktion der Anlage vollumfängliche kontrollieren zu können.
Provisorische Abnahme	Ziel der provisorischen Abnahme ist es mögliche Fehler bei der Ausführung der Anlage nach Abschluss ihrer Montage zu erkennen. Die Abnahme vor Ort (SAT) findet nach der erfolgreichen Inbetriebsetzung der Anlage statt. Während der provisorischen Abnahme vor Ort werden alle Kontrollpunkte der Inbetriebsetzung sowie der Echtzeittest (EZT) systematisch geprüft und die Ergebnisse vom Unternehmer protokolliert. Die Protokollierung der Abnahme durch den Unternehmer wird sowohl auf Papier wie auf elektronischen Datenträger durchgeführt und übermittelt. Das Protokoll wird in einem ersten Schritt dem Planungsingenieur zur Prüfung und Freigabe vorgelegt, bevor die endgültige Version der Bauherrschaft abgegeben wird. Der Unternehmer stellt für die Durchführung der provisorischen Abnahme spezialisiertes Personal sowie das notwendige Material zur Verfügung. Werden während der provisorischen Abnahme geforderte Werte nicht eingehalten oder treten schwere Mängel auf, wird die Abnahme abgebrochen und muss nach Beseitigung der Beanstandungen durch den Unternehmer nochmals durchgeführt werden. Nach Abschluss der provisorischen Abnahme vor Ort darf die gesamte Anlage keinen Mangel mehr aufweisen.

Tätigkeit	Beschreibung
Probebetrieb	Ziel des Probebetriebes ist Fehler des Anlageverhaltens festzustellen, welche während der Abnahmen nicht erkennbar waren. Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein, um den Probebetrieb starten zu können: • Die provisorische Abnahme vor Ort hat erfolgreich stattgefunden. Alle als „schwer“ eingestuften Defekte wurden behoben, der entsprechende Test wurde wiederholt und erfolgreich bestanden. • Die Bauherrschaft hat das Abnahmeprotokoll der provisorischen Abnahme genehmigt. Der Probebetrieb dauert **3 Monate**, während welchen die Anlage ihren korrekten Betrieb unter Beweis stellen muss. Jede Störung in dieser Periode muss auf einen Fehler oder einen Schaden aus der Errichtungsphase zurückgeführt werden können. • Fehler oder Schäden aus der Errichtungsphase, welche dem Unternehmer zuzuordnen sind, müssen von letzterem ohne zusätzliche Kosten behoben werden. • Fehler oder Schäden aus der Errichtungsphase, welche auf eingesetzte Komponenten zurückzuführen sind, müssen vom Unternehmer ohne zusätzliche Kosten ausgetauscht werden. Es ist weiterhin Aufgabe des Planungsingenieurs die Auswirkung des Schadens zu bewerten. Schwerwiegende Schäden führen zu einer Unterbrechung des Probebetriebes, welcher erst dann wiederaufgenommen wird, wenn der Unternehmer schriftlich die Schadensbeseitigung mitgeteilt hat. Auf Veranlassung der Bauherrschaft wird die Schadensbeseitigung durch den Planungsingenieur geprüft. Jede Unterbrechung des Probebetriebs führt zu einer Rücksetzung des letzteren, so dass der Probebetrieb nach der Wiederaufnahme weitere 3 Monate dauert. Während der gesamten Dauer des Probebetriebs muss der Unternehmer einen Einsatzpikettdienst zur Verfügung stellen, welcher die gleichen Reaktionszeiten und die gleichen Leistungen garantiert. Nach Ende des Probebetriebs erfolgt die Abnahme vor Ort.

Tätigkeit	Beschreibung
Abnahme	Ziel dieser Abnahme ist es sicherzustellen, dass alle während des Probebetriebs aufgetretenen Fehler, Mängel und Schäden ohne Auswirkungen auf die vorgesehene, korrekte Funktion der Anlage vollumfänglich behoben worden sind. Am Ende des Probebetriebes erfolgt diese Abnahme vor Ort im Beisein des Unternehmers, der Bauherrschaft und des Planungsingenieurs. Während dieser Abnahme werden die wesentlichen Funktionen der Anlage geprüft (gegebenenfalls stichprobenartig) und die korrekte Beseitigung von Fehlern, welche während des Probebetriebes aufgetreten sind, kontrolliert. Der Unternehmer verfasst ein Abnahmeprotokoll, welches der Bauherrschaft zur Genehmigung vorzulegen ist. Als Beilage zum Abnahmeprotokoll hat der Unternehmer die komplette und aktualisierte Anlagendokumentation abzugeben (einschl. Montagezeichnungen, Prinzipschemata etc.). Die Pläne müssen dem Ist-Zustand der Anlage entsprechen; wurden Änderungen im Laufe der Realisierung vorgenommen, sind diese auf den Plänen zu verzeichnen. Voraussetzung für den Beginn der Garantiezeit ist die erfolgte Abnahme. Ist jedoch die abgegebene Anlagendokumentation unvollständig, kann die Abnahme nicht durchgeführt werden.
Garantiezeit	Ziel der Garantiezeit ist es das korrekte Funktionieren der Anlage sicherzustellen und eventuelle Schäden an Anlagenkomponenten zu beseitigen. Die Unterhalts- und Garantietätigkeiten des Unternehmers verursachen der Bauherrschaft keine zusätzlichen Kosten. Nachfolgend werden die Leistungen aufgeführt, welche während des Probebetriebs und der Garantiezeit zu erbringen sind.
Definitive Abnahme	Nach Ablauf der Garantiezeit erfolgt die definitive Abnahme der Anlage. Ziel dieser Abnahme ist es sicherzustellen, dass alle während der Garantiezeit aufgetretenen Fehler, Mängel und Schäden ohne Auswirkungen auf die vorgesehene, korrekte Funktion der Anlage vollumfänglich behoben worden sind. Am Ende der Garantiezeit erfolgt diese Abnahme vor Ort im Beisein des Unternehmers, des Planers und der Bauherrschaft. Während dieser Abnahme werden die wesentlichen Funktionen der Anlage geprüft (gegebenenfalls stichprobenartig) und die korrekte Beseitigung von Fehlern, welche während der Garantiezeit aufgetreten sind, kontrolliert. Der Unternehmer verfasst ein Abnahmeprotokoll, welches der Bauherrschaft zur Genehmigung vorzulegen ist.

Tabelle 47: Tests und Inbetriebsetzung der Anlagen

5.1.1 Projektablauf

Für alle Gewerke gilt folgender Projektablauf, wobei einzelne Phasen ja nach Projektart (Installationen und Montagen, Lieferungen, Steuerungsbau) entfallen können:

Legende (BH = Bauherr, PV = Projektverfasser, UN = Unternehmer, UD = Unterhaltsdienst)

- Submission PV/BH
- Startsitzung / Abgabe Unterlagen PV an UN UN/PV/BH
- Realisierungspflichtenheft (Akte)
    - Anforderungsliste
        - Erstellung Entwurf Anforderungsliste UN
        - Prüfung Entwurf Anforderungsliste PV/UD/BH
        - Bereinigung Anforderungsliste UN
        - Kontrolle und Freigabe Anforderungsliste PV/UD/BH
    - Realisierungspflichtenheft (Dokument)
        - Erstellung Entwurf Realisierungspflichtenheft (RPH) UN
        - Prüfung Entwurf RPH PV/UD/BH
        - Bereinigung RPH UN
        - Kontrolle und Freigabe RPH PV/UD/BH
    - Prüfanweisung/-protokoll FAT/SAT/Probebetrieb
        - Erstellung Entwurf Prüfanweisung/-protokoll UN
        - Prüfung Entwurf Prüfanweisung/-protokoll PV/UD/BH
        - Bereinigung Prüfanweisung/-protokoll UN
        - Kontrolle und Freigabe Prüfanweisung/-protokoll PV/UD/BH
- Produktion im Werk
    - AVOR / Materialbestellung UN
    - Produktion UN
    - Bemusterung Aufbau UN/PV/UD
    - FAT UN/PV/UD
- Installation auf dem Objekt
    - Montage und Installationen UN
    - Überwachung Montage und Installation PV/UD
    - SAT Teilanlagen UN/PV/BH
    - Integrationstest mit Energieversorgung und Leitsystem UN/PV/UD/Dritte
    - Meldung „Bereit zur SAT Endabnahme“ UN
    - SAT Endabnahme UN/PV/UD

- Fertigstellungsmeldung → Start Probebetrieb UN
- Integraltest Funktionsübergreifende Tests anhand der Wirkmatrix PV/UN/BH
- Freigabe Probebetrieb nach Kontrolle aller Mängel PV
- Schulung UN
- Dokumente des ausgehführten Werkes (DAW)
    - Abgabe Entwurf bereinigte DAW UN
    - Prüfung Entwurf bereinigte DAW PV/UD/BH
    - Nachbearbeitung, Fertigstellung DAW UN
- Sammeln der fertigen DAW PV
- Übergabe der fertigen DAW PV
- Störungsfreier Probebetrieb → Einladung zur Abnahme PV
- Abnahme
    - Abnahme → Start Garantiefrist UN/PV/UD/BH
    - Mängelbehebung aus Abnahme UN
- Schlussrechnung
    - Erstellung Schlussrechnung UN
    - Kontrolle Schlussrechnung PV
- Garantiefrist (3 oder 5 Jahre)
    - Garantiefrist abgelaufen → Schlussprüfung BH/PV/UD/UN

5.1.2 Betrieb und Unterhalt während der Garantiezeit

Anforderungen Störungsdienst:

Ist beim Kanton definiert.

5.1.3 Wartung der Anlagen

Wird vom Kanton festgelegt.

5.2 Schulung

Folgende Anlagen werden geschult:

- Verteilung Niederspannung
- Unterhalt und Bedienung USV-Anlage
- Leittechnik Beleuchtung
- Unterhalt und Ersatz der Leuchtkörper

- Leittechnik Lüftung
- Unterhalt Strahlventilatoren
- Unterhalt Überdrucklüftung
- Leittechnik Signalisation (VLS und LSA)
- Unterhalt und Ersatz der Signale für die vertikale Signalisation und Signalisation der SOS-Nischen und Fluchtwege
- Brandmeldeanlage Gebäude und Tunnel
- Unterhalt / Ersatz Rauchmelder im Tunnel und Wartung des Linearmelders
- Leittechnik / ÜLS
- Unterhalt / Ersatz Beleuchtung in den Technischen Räumen
- Bedienung Gebäudelüftung
- Unterhalt / Ersatz Gebäudelüftung

5.2.1 Zielgruppe 1: Technischer Dienst/Unterhalt

Die Schulung soll für den technischer Dienst/Unterhalt eher Unterhalts orientiert sein.

Das heisst die Schulung für diese Zielgruppe soll folgende Zeile haben:

- Ausführungen von Tests und Wartungsarbeiten
- Sicherungen von Daten
- Einstellungen / Parametrierungen von Steuerungen
- Erklärungen über die Meldungen von den Kopfstationen und Behebung der Fehlern
- Bedienung der Anlagen Steuerungen

5.2.2 Zielgruppe 2: Betrieb/KAPO

Die Schulung für den Betreib und die KAPO soll mehr Systemtechnisch orientiert sein.

Die Ziele der Schulung für diese Zielgruppe sind folgende:

- Analyse, Gewichtung der Wichtigkeit der Fehlermeldungen und deren Behebung
- Aktionen und Behandlungen von Ereignissen, inklusive Zurücksetzung nach Eingiessende
- Bediendung und Überwachung des Systems auf Niveau ÜLS

5.3 Dokumentation

Die Dokumentation des Objekts und der Anlagen muss Gemäss ATS-G04_Dokumentation[34] erstellt werden.

Das vor der Realisierung zu erstellende Realisierungspflichtenheft (RPH) wird die gleiche Ordnerstruktur aufweisen wie das Dokument des ausgeführten Werkes (DAW).

5.3.1 Beschriftungen und Kennzeichnung

Mit dem Beschriftungssystem werden neben den Betriebs- und Sicherheitsausrüstungen (BSA) auch deren Aufstellungs- und Wirkungsorte gekennzeichnet.

Kennzeichnungsobjekte sind neben den in den Zentralen und im Fahrraum aufgestellten BSA-Aggregaten auch Anlagen und Teilanlagen. Das heisst Gesamtheiten von Aggregaten, die zur Erfüllung eines bestimmten Zwecks in einem bestimmten Wirkungsbereich erforderlich sind (Beispiele: Beleuchtungsanlage, Einfahrtsbeleuchtung, Durchfahrtsbeleuchtung).

Im Rahmen der Anlagendokumentation werden sowohl der Klartext als auch der AKS-AG Code definiert. Schlussendlich sind alle Anlagenteile, Installationen und Soft- bzw. Hardwarekomponenten inkl. Kabel zu beschriften. Zusätzlich werden auch Bauliche Komponenten wie Räume und Schächte beschriftet.

Die Bezeichnung, Farbcodierung, Schrankfarben, und Kabel Beschriftungen sind gemäss ATS -G05 Kennzeichnung [35] zu erstellen.

6. Bauprogramm, Verkehrsführung, Terminplan

6.1 Bauprogramm

Das Übergeordnete Bauprogramm ist in Beilage 2041 zu sehen.

Der Teil der BSA wird folgendermassen im Bauprogramm dargestellt:

- 1 Monat Bau BSA Übergabe und Mängelbehebung
- 3 Monate für die BSA Grundausrüstung (wie Doppelboden, HLK Kanäle, ÜD Kanäle, Tunneltrasse, Stellen der Schränke)
- 6 Monate für die BSA Ausrüstung (Zentralen Einrichtung, Tunnel Installationen, Teil Inbetriebnahmen)
- 2 Monat für die Anlagen Tests und den IGT

6.2 Verkehrsführung

Die Verkehrsführung in der Bauphase ist in Beilage 2042 beschrieben.

6.3 Terminplan BSA

Der detailliertere BSA-Terminplan der Ausrüstungsarbeiten im Tunnel ist in der Beilage 2696 zu finden. Der BSA-Einbauzeitraum dauert rund 11 Monate.

7. Kosten

Die Kosten werden in Investitionskosten, Betriebskosten und Wartungskosten pro Fachbereich aufgeteilt aufgestellt.

Es gilt zu beachten, dass in den Kosten das Reservematerial nicht eingerechnet ist.

7.1 Investitionskosten

7.1.1 Energieversorgung

Typ	Bereich	Einzelpreis [CHF]	Menge/Anzahl		Betrag [CHF]
Investitionskosten	Leittechnik - Energie				
	RIO	1'200	4	Stk	4'800
	RJ45-USV	60	2	Stk	120
	Schrank Messung BF100	20'220	1	Stk	20'220
	Mittelspannung				
	-				0
	Niederspannung-Hauptzentrale				
	Schrank BF100	22'000	1	Stk	22'000
	Schrank BF001	18'000	1	Stk	18'000
	Schrank BF002	25'200	1	Stk	25'200
	Schrank BF003	25'200	1	Stk	25'200
	Schrank BFC001/BFD001	17'000	1	Stk	17'000
	Niederspannung-NA1 Buhalde				
	Schrank BFD002	12'000	1	Stk	12'000
	Niederspannung-NA3 Helgefeld				
	Schrank BFD003	15'000	1	Stk	15'000
	Niederspannung-ESP Wynematte				
	Schrank BFD101	12'000	1	Stk	12'000
	Niederspannung-ESP Helgefeld				
	Schrank BFD201	12'000	1	Stk	12'000
	Kleinstrom				
	-				0
	Notstrom Hauptzentrale				
	Schrank BR001	25'200	1	Stk	25'200
	Schrank BRC001/BRD001	17'000	1	Stk	17'000
	USV - BRU001 - 60kVA	19'300	1	Stk	19'300
	Batterien inkl. Gestell	29'000	1	PA	29'000
	Wandschrank BT001	2'000	1	Stk	2'000
	Sicherheitsset	320	1	PA	320
	Warn- un Hinweisschilder	250	1	PA	250
	Photovoltaik				
	Photovoltaikanlage	250'000	1	PA	250'000
	Kabel				
	Kabel	860'000	1	PA	860'000
	Dienstleistungen				
	Engineering	10'000	1	PA	10'000
	Prüfung FAT, SAT	6'000	1	PA	6'000
	Qualitätssicherung	2'000	1	PA	2'000
	Inbetriebnahme	5'000	1	PA	5'000
	Komplette Dokumentation	15'000	1	PA	15'000
	Ausbildung	5'000	1	PA	5'000
	Transport und Verpackung	10'000	1	PA	10'000
				Total Investitionskosten (ohne MWST)	1'439'610
				Total Kosten (ohne MWST)	1'439'610
	MWST				116'608
				Total Investitionskosten (inkl. MWST)	1'556'218
				Total Investitionskosten (inkl. MWST/auf CHF 1'000.- abgerundet)	1'557'000
				Preisbasis (Monat, Jahr)	01.2024

Abbildung 7-1: Investitionskosten Energieversorgung

7.1.2 Beleuchtung

Typ	Bereich	Einzelpreis [CHF]	Menge/Anzahl		Betrag [CHF]
Investitionskosten	Leittechnik - Beleuchtung				
	Schrank DB - KNC001/KCD001	9'000	1	Stk	9'000
	Schrank AB - KCY	11'500	1	Stk	11'500
	Schrank DB - KNC002	9'000	1	Stk	9'000
	Schrank DB - KNC002	9'000	1	Stk	9'000
	Busskoppler	2'500	4	Stk	10'000
	Schrank KCY101 ESP W	8'500	1	Stk	8'500
	Schrank KCY201 ESP H	8'500	1	Stk	8'500
	Sensorik				
	Leuchtdichtesensor	9'100	2	Stk	18'200
	Durchfahrtsbeleuchtung				
	Leuchten	320	63	Stk	20'160
	Treiberboxen	520	21	Stk	10'920
	Verteilboxen	140	8	Stk	1'120
	Klemmendosen	420	6	Stk	2'520
	Adaptationsbeleuchtung				
	Leuchten inkl. Treiberbox	1'400	140	Stk	196'000
	Verteilboxen	140	22	Stk	3'080
	Klemmendosen	365	4	Stk	1'460
	Brandnotbeleuchtung				
	Hinterleuchtete FW-Schilder	1'700	31	Stk	52'700
	Abzweigdosen	500	31	Stk	15'500
	Optische Leiteinrichtung				
	Schrank KCF001	19'000	1	Stk	19'000
	Anschlussdosen	700	4	Stk	2'800
	OLE-Module	290	90	Stk	26'100
	Spulen	120	90	Stk	10'800
	Kondensatoren	480	6	Stk	2'880
	Fluchtwegbeleuchtung				
	Leuchten	265	50	Stk	13'250
	Bewegungsmelder	200	16	Stk	3'200
	Abzweigdosen 150x120 E30	430	12	Stk	5'160
	Strassenbeleuchtung				
	Leuchtkörper und Sensorik+Montage	1'800	26	Stk	46'800
	Sicherungselement	200	26	Stk	5'200
	Kandelaber 12m, Konisch, Köcherfundament	1'600	0	Stk	0
	Kandelaber 12m, Konisch, Flanschfundament	1'800	9	Stk	16'200
	Kandelaber Stützmauer, Spezial Ausleger, Flanschfundament	2'500	11	Stk	27'500
	Kandelaber 12m verstärkt, Zylindrisch und Konisch, Köcherfundament	3'500	2	Stk	7'000
	Dienstleistungen				
	Engineering	10'000	1	PA	10'000
	Prüfung FAT, SAT	15'000	1	PA	15'000
	Qualitätssicherung	2'000	1	PA	2'000
	Inbetriebnahme	20'000	1	PA	20'000
	Komplete Dokumentation	15'000	1	PA	15'000
	Ausbildung	4'000	1	PA	4'000
	Transport und Verpackung	10'000	1	PA	10'000
				Total Investitionskosten (ohne MWST)	649'050
				Total Kosten (ohne MWST)	649'050
	MWST				52'573
				Total Investitionskosten (inkl. MWST)	701'623
				Total Investitionskosten (inkl. MWST/auf CHF 1'000.- abgerundet)	702'000
				Preisbasis (Monat, Jahr)	01.2024

Abbildung 7-2: Investitionskosten Beleuchtung

7.1.3 Lüftung

Total Investitionskosten 1'079’500 CHF ohne MWST mit Preisbasis vom 01.2024.

Details können im Lüftungsbericht Fahrraum (Beilage 2603) und Belüftung der Notausgänge (Beilage 2605) entnommen werden.

7.1.4 Signalisation

Typ	Bereich	Einzelpreis [CHF]	Menge/Anzahl		Betrag [CHF]
Investitionskosten	Leittechnik - Signalisation VLS				
	Schaltschrank HZ VLY001	20'000	1	Stk	20'000
	Schaltschrank ESP VLY101/201	15'000	2	Stk	30'000
	VK Steuerungs Einbau ohne Kabine	8'000	3	Stk	24'000
	VK Kabine	5'000	2	Stk	10'000
	Kopfsteuuerung und RIO	4'000	6	Stk	24'000
	Handsteuerkasten	4'000	5	Stk	20'000
	Leittechnik - Signalisation LSA				
	Signale, Schlaufen, Schränke, VK	0	1	Pau	0
	Statische Signalisation				
	Signale und Wechselwegweiser	0	1	Pau	0
	VM-System				
	-	0	1	Pau	0
	Verkehrserfassung				
	-	0	1	Pau	0
	Sicherheitseinrichtung				
	Fluchtwegsignal	2'900	3	Stk	8'700
	Blitzleuchten Master	4'700	3	Stk	14'100
	Blitzleuchten Slave	4'600	3	Stk	13'800
	Schlüsselschalter	180	3	Stk	540
	Türbeleuchtung	1'500	3	Stk	4'500
	Anschlussdose	680	3	Stk	2'040
	SOS-Signal	3'000	5	Stk	15'000
	Viersprachige Hinweistafel	500	5	Stk	2'500
	Rettungswegekennzeichen (Exit)	380	22	Stk	8'360
	Dienstleistungen				
	Electrosuisse	10'000	1	PA	10'000
	Engineering	80'000	1	PA	80'000
	Prüfung FAT, SAT	30'000	1	PA	30'000
	Qualitätssicherung	8'000	1	PA	8'000
	Inbetriebnahme	40'000	1	PA	40'000
	Komplete Dokumentation	15'000	1	PA	15'000
	Ausbildung	7'500	1	PA	7'500
	Transport und Verpackung	25'000	1	PA	25'000
				Total Investitionskosten (ohne MWST)	413'040
				Total Kosten (ohne MWST)	413'040
				MWST	33'456
				Total Investitionskosten (inkl. MWST)	446'496
				Total Investitionskosten (inkl. MWST/auf CHF 1'000.- abgerundet)	447'000
				Preisbasis (Monat, Jahr)	01.2024

Abbildung 7-3: Investitionskosten Signalisation

7.1.5 Überwachungsanlage

Typ	Bereich	Einzelpreis [CHF]	Menge/Anzahl		Betrag [CHF]
Investitionskosten	Brandmeldeanlage Tunnel				
	Schaltschrank+KS	30'000	1	Pau	30'000
	Wärmedetektion	80'000	1	Pau	80'000
	Rauchdetektion Tunnel	7'500	16	Stk	120'000
	Rauchauswertung	50'000	1	Pau	50'000
	Videoanlage				
	VoIP-Kameras Tunnel	3'500	13	Stk	45'500
	VoIP-Kameras offene Strecke	2'500	8	Stk	20'000
	Schrank und Ausrüstung	7'000	1	Pau	7'000
	BAS/BSS	20'000	1	Pau	20'000
	Divers				
	Divers SPS und Schrank HZ	100'000	1	Pau	100'000
	RIO's	4'000	12	Stk	48'000
	Rangierverteiler	1'000	12	Stk	12'000
	Glatteismeldeanlage				
	-				0
	Dienstleistungen				
	Electrosuisse	10'000	1	PA	10'000
	Engineering	80'000	1	PA	80'000
	Prüfung FAT, SAT	30'000	1	PA	30'000
	Qualitätssicherung	8'000	1	PA	8'000
	Montage und Inbetriebnahme	40'000	1	PA	40'000
	Komplette Dokumentation	15'000	1	PA	15'000
	Ausbildung	7'500	1	PA	7'500
	Transport und Verpackung	5'000	1	PA	5'000
			Total Investitionskosten (ohne MWST)		728'000
			Total Kosten (ohne MWSt)		728'000
			MWSt		58'968
			Total Investitionskosten (inkl. MWSt)		786'968
			Total Investitionskosten (inkl. MwSt/auf CHF 1'000.- abgerundet)		787'000
			Preisbasis (Monat, Jahr)		01.2024

Abbildung 7-4: Investitionskosten Überwachungsanlage

7.1.6 Kommunikation & Leittechnik

Typ	Bereich	Einzelpreis [CHF]	Menge/Anzahl		Betrag [CHF]
Investitionskosten	Kommunikation				
	Switch 16 Ports	3'150	4	Stk	12'600
	Netzteil Switch 16 Ports	510	4	Stk	2'040
	Switch 12 Ports	1'200	8	Stk	9'600
	Netzteil Switch 12 Ports	80	8	Stk	640
	Switch 48 Ports	3'000	5	Stk	15'000
	Netzteil Switch 48 Ports	750	5	Stk	3'750
	Switch 28 Ports	5'100	2	Stk	10'200
	Netzteil Switch 28 Ports-stacking	350	2	Stk	700
	Transceiver	600	4	Stk	2'400
	SFP-Transceiver	200	36	Stk	7'200
	Access Point	350	4	Stk	1'400
	Leittechnik				
	Knotenrechner - ELU001	8'700	1	Stk	8'700
	MMI - 24 Zoll Monitor (Arbeitsplatz)	800	1	Stk	800
	Integration Datenpunkte inkl. Lizenzen	65'000	1	PA	65'000
	Anlagenbilder	25'500	1	PA	25'500
	Programmierung und Konfiguration	7'500	1	PA	7'500
	Beschallungsanlage				
	Systemschrank	3'500	1	Pau	3'500
	Arbeitsplatz	2'000	1	Stk	2'000
	Lautsprecher Fahrraum	2'200	17	Stk	37'400
	Radio				
	Antenne - Polycom	2'000	1	Stk	2'000
	Antenne - DAB+	3'900	1	Stk	3'900
	Antenne - Feuerwehr	1'900	1	Stk	1'900
	Mast 14 Meter	20'000	1	Stk	20'000
	Kommunikationsmodul inkl. Filter, Verstärker, Polycom und Grundausbau	19'000	1	Stk	19'000
	Empfangsmodul inkl. Filter, Verstärker, Einsprechungsanalge, DAB+	43'200	1	Stk	43'200
	Sprachnachrichtrecorder	6'300	1	Stk	6'300
	Signalaufbaereitungsmodul (Tunnelstation) inkl. Filer, Verstärker, Polycom	16'000	1	Stk	16'000
	Signalaufbereitungsmodul inkl. Filter, Verstärker DAB+	1'600	1	Stk	1'600
	Kommunikationsmodul inkl. Filter, Verstärker, Feuerwehrfunk	25'000	1	Stk	25'000
	Strahlungskabel Clips	40	950	m	38'000
	Clips Strahlkabel	20	900	m	18'000
	Notruftelefon				
	Alarmkasten Tunnel	17'800	5	Stk	89'000
	Alarmkasten Portal	19'500	2	Stk	39'000
	Feuerlöscher Alarmkasten	400	14	Stk	5'600
	Wandtelefon Fluchtwege	350	3	Stk	1'050
	Wandtelefon tech. Räume	350	7	Stk	2'450
	Telefon AK-offene Strecke	390	2	Stk	780
	Dienstleistungen				
	Engineering	50'500	1	PA	50'500
	Prüfung FAT, SAT	34'750	1	PA	34'750
	Qualitätssicherung	7'000	1	PA	7'000
	Inbetriebnahme	61'000	1	PA	61'000
	Electrosuisse	10'000	1	PA	10'000
	Komplete Dokumentation	33'000	1	PA	33'000
	Ausbildung	8'750	1	PA	8'750
	Transport und Verpackung	4'500	1	PA	4'500
				Total Investitionskosten (ohne MWST)	758'210
				Total Kosten (ohne MWST)	758'210
				MWST	61'415
				Total Investitionskosten (inkl. MWSt)	819'625
				Total Investitionskosten (inkl. MwSt'auf CHF 1'000.- abgerundet)	820'000
				Preisbasis (Monat, Jahr)	01.2024

Abbildung 7-5: Investitionskosten Kommunikation & Leittechnik

7.1.7 Kabelanlage

Typ	Bereich	Einzelpreis [CHF]	Menge/Anzahl		Betrag [CHF]
Investitionskosten	Erdungsanlage				
	Haupterdungsschiene	200	1	Stk	200
	Sekundare Erdungsschiene	170	37	Stk	6290
	Erdungschiene im Tunnel	170	70	Stk	11900
	Cu-Kabel Isoliert 50mm2	10	6000	m	60000
	Erdband Zentralen	50	500	m	25000
	Klemmen	35	66	Stk	2310
	Lichtwellenleiter				
	Verteilschrank LWL	22'500	1	Stk	22500
	LWL-Kabel 144 Fasern	8	4000	m	32000
	LWL-Kabel-Spleisungen 144 Fasern	600	4	Stk	2400
	LWL-Kabel 24 Fasern	4.5	7700	m	34650
	LWL-Kabel-Spleisungen 24 Fasern	450	41	Stk	18450
	Universelle Gebäudeverkabelung				
	Patch-Kabel	20	154	Stk	3080
	Rangierfeld 30-Port-leer	150	6	Stk	900
	Kabelführungsplatte	90	12	Stk	1080
	Universelleinheiten 5-Port	100	34	Stk	3400
	RJ45 Anschlussmodule	20	154	Stk	3080
	RJ45 Steckdose - Brüstungskanal	40	3	Stk	120
	Messungen pro Link	10	154	Stk	1540
	NT-Kabel				
	-				0
	Kabeltrasse und Steigzonen				
	Kabeltrasse Tunnel	230	844	m	194120
	Omega Profil Tunnel 33x33	65	200	m	13000
	Omega Profil Tunnel 54x54	90	10	m	900
	Abdeckungen Weiss 600x600	435	50	Stk	21750
	Abeckungen Weiss Hinterleuchtete FW-Schilder 550x600	470	31	Stk	14570
	Abdeckungen Grün 450x300	400	3	Stk	1200
	Abdeckungen Orange 300x300	350	5	Stk	1750
	Abdeckungen Grau 600x600	390	75	Stk	29250
	Abdeckungen Zentralen	430	20	Stk	8600
	Stahlrohr M20	20	250	m	5000
	Stahlrohr M25	23	250	m	5750
	Befestigungsmaterial Stahlrohr	4	500	m	2000
	Kabelpritschen Technikräume	60	211	m	12660
	Stützen Kabelpritschen Technikräume	60	211	m	12660
	Dienstleistungen				
	Engineering	10'000	1	PA	10000
	Prüfung FAT, SAT	6'000	1	PA	6000
	Qualitätssicherung	2'000	1	PA	2000
	Inbetriebnahme	5'000	1	PA	5000
	Komplete Dokumentation	5'000	1	PA	5000
	Ausbildung	0	1	PA	0
	Transport und Verpackung	10'000	1	PA	10000
				Total Investitionskosten (ohne MWST)	590'110
				Total Kosten (ohne MWST)	590'110
	MWST				47'799
				Total Investitionskosten (inkl. MWST)	637'909
				Total Investitionskosten (inkl. MWST/auf CHF 1'000.- abgerundet)	638'000
				Preisbasis (Monat, Jahr)	01.2024

Abbildung 7-6: Investitionskosten Kabelanlage

7.1.8 Nebeneinrichtung

Typ	Bereich	Einzelpreis [CHF]	Menge/Anzahl		Betrag [CHF]
Investitionskosten	Elektroinstallationen				
	Leuchte - TR	250	75	Stk	18750
	Bewegungsmelder	200	32	Stk	6400
	Steckdose T23	80	23	Stk	1840
	Steckdosenkasten Typ Zentrale	620	2	Stk	1240
	Steckdosenkasten Typ Fluchtweg	500	3	Stk	1500
	Steckdosenkasten Typ ESP	500	2	Stk	1000
	Steckdosenkasten Typ SOS	500	5	Stk	2500
	Akku-Handleuchte	510	7	Stk	3570
	Leuchtschilder	410	22	Stk	9020
	Beleuchtung Stapelbecken	20'000	1	pau	20000
	Heizung, Lüftung, Klima				
	Kältemaschine HZ	18'000	1	Stk	18000
	Kältemaschine NA1/3	12'000	2	Stk	24000
	Monobloc HZ	36'000	1	Stk	36000
	Ruckkühler	36'000	1	Stk	36000
	Monobloc NA1/3	18'000	2	Stk	36000
	Elektroheizung	1'000	6	Stk	6000
	ABL Batterieraum + WC	60'000	1	Stk	60000
	Ventilator ESP-Raum	6'000	2	Stk	12000
	Lüftungskanäle HZ	157'000	1	pau	157000
	Lüftungskanäle NA1/3,ESP	115'000	1	pau	115000
	Isolation der Kanäle HZ	83	378	m²	31374
	Isolation der Kanäle NA1/3, ESP	38	370	m²	14060
	Regulierung material + Programmierung HZ	72'000	1	pau	72000
	Regulierung material + Programmierung NA1/3, ESP	18'000	1	pau	18000
	Dokumentation	16'200	1	Stk	16200
	Integral Test HLK	19'200	1	Stk	19200
	Regie	19'200	1	Stk	19200
	Brandmeldeanlage Gebäude				
	Brandmeldeanlage Gebäude	45000	1	pau	45000
	Schaltschrank+BMZ	30000	1	pau	30000
	Krananlage / Hebezeug				
	Krananlage	15000	1	pau	15000
	Pumpwerk, Oelabscheider, Rückhaltebecken				
	Steuerschrank Stapelbecken Wynematte	28'000	1	Stk	28000
	Steuerschrank Pumpbecken Helgefeld	28'000	1	Stk	28000
	Messtechnik Wynematte Messung niveau	8'200	1	Stk	8200
	Messtechnik Helgefeld Messung niveau	8'200	1	Stk	8200
	Revisionsschalter Schieber	1'600	2	Stk	3200
	Installationsrohr D40	70	10	m	700
	Löscheinrichtung				
	Feuerlöscher	800	6	Stk	4800

Abbildung 7-7: Investitionskosten Nebeneinrichtung Teil1

Investitionskosten	Barrierenanlage				
	Absperrband (Portal)	10000	2	Stk	20000
	Schränke, Verteilkabinen				
	Normierte Schränke	1900	53	Stk	100700
	Verteilkabinen	5000	5	Stk	25000
	Brandschottung				
	Alle Brandschottungen	15000	1	Pau	15000
	Doppelboden				
	Doppelbodenplatten	135	370	m2	49950
	Unterkonstruktion	190	370	m2	70300
	Doppelbodenplatten prov.	65	370	m2	24050
	Grundrahmen Tiefe 800mm	480	27.6	m	13248
	Grundrahmen Tiefe 600mm	470	8.2	m	3854
	Grundrahen Kombi Tiefe 600-800mm	480	39.6	m	19008
	Graundrahmen Monobloc	550	1.4	m	770
	Grundrahmen USV	480	1	m	480
	Abdeckung Reservefelder einfach	100	1	Stk	100
	Abdeckung Reservefelder Kombi	135	36	Stk	4860
	Plattenheber	75	13	Stk	975
	Reinigung vor Einbau	2	456	m2	912
	Reinigung nach Einbau	2	456	m2	912
	Wasserversorgung				
	-				0
	Telefonie				
	-				0
	Raumeinrichtungen				
	Werkbank	1'500	1	Stk	1500
	Lagergestell	1'700	2	Stk	3400
	Bürostuhl	300	2	Stk	600
	Schreibtisch	360	1	Stk	360
	Rollitsch	650	1	Stk	650
	Dokumentationsschrank	1'500	1	Stk	1500
	Dienstleistungen				
	Engineering	10'000	1	PA	10000
	Prüfung FAT, SAT	6'000	1	PA	6000
	Qualitätssicherung	2'000	1	PA	2000
	Inbetriebnahme	5'000	1	PA	5000
	Komplete Dokumentation	15'000	1	PA	15000
	Ausbildung	4'000	1	PA	4000
	Transport und Verpackung	10'000	1	PA	10000
				Total Investitionskosten (ohne MWST)	**1'337'083**
				Total Kosten (ohne MWSt)	**1'337'083**
	MWSt				**108'304**
				Total Investitionskosten (inkl. MWSt)	**1'445'387**
				Total Investitionskosten (inkl. MwSt/auf CHF 1'000.- abgerundet)	**1'446'000**
				Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-8: Investitionskosten Nebeneinrichtung Teil2

7.1.9 Zusammenfassung

Typ	Bereich	Kapitel	Betrag [CHF]
Investitionskosten	Energieversorgung	Kapitel 4.1	1'439'610
	Beleuchtung	Kapitel 4.2	649'050
	Lüftung	Kapitel 4.3	1'079'500
	Signalisation	Kapitel 4.4	413'040
	Überwachungsanlagen	Kapitel 4.5	728'000
	Kommunikation & Leittechnik	Kapitel 4.6	758'210
	Kabelanlagen	Kapitel 4.7	590'110
	Nebeneinrichtungen	Kapitel 4.8	1'337'083
		Total Investitionskosten (ohne MWST)	**6'994'603**
		Zwischentotal Kosten (ohne MWST)	**6'994'603**
	Diverses und Unvorhergesehenes 10%		**699'460**
		Total Projektkosten (ohne MWST)	**7'694'063**
	MWST		**623'219**
		Total Projektkosten (inkl. MWST)	**8'317'282**
		Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-9: Investitionskosten Zusammenfassung

7.2 Betriebskosten

7.2.1 Energieversorgung

Betriebskosten				
Beschreibung	**Jährliche Betriebs-stunden [h]**	**Leistung [kW]**	**Einheits-preis [CHF]**	**Gesamt-preis [CHF]**
Jährlicher Energieverbrauch (kWh) Normalbetrieb	8'760	7.20	0.20	12'614
Jährlicher Energieverbrauch (kWh) Unterhalt	20	63.00	0.20	252
			Total Betriebskosten (inkl. MWST)	**12'866**
			Total Betriebskosten (inkl. MWST/auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**13'000**
			Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-10: Betriebskosten Energieversorgung

7.2.2 Beleuchtung

Betriebskosten				
Beschreibung	**Jährliche Betriebs-stunden [h]**	**Leistung [kW]**	**Einheits-preis [CHF]**	**Gesamt-preis [CHF]**
Jährlicher Energieverbrauch (kWh)	8'760	14.94	0.20	26'174.88
Jährlicher Energieverbrauch (kWh)	4'380	12.68	0.20	11'107.68
			Total Betriebskosten (inkl. MWST)	**37'282.56**
			Total Betriebskosten (inkl. MWST/auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**38'000**
			Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-11: Betriebskosten Beleuchtung

7.2.3 Lüftung

Total Betriebskosten 7'175 CHF ohne MWST mit Preisbasis vom 01.2024.

Details können im Lüftungsbericht Fahrraum (Beilage 2603) und Belüftung der Notausgänge (Beilage 2605) entnommen werden.

7.2.4 Signalisation

Betriebskosten				
Beschreibung	**Jährliche Betriebs-stunden [h]**	**Leistung [kW]**	**Einheits-preis [CHF]**	**Gesamt-preis [CHF]**
Jährlicher Energieverbrauch (kWh)	8'760	19.35	0.20	33'904.70
			Total Betriebskosten (inkl. MWST)	**33'904.70**
			Total Betriebskosten (inkl. MWST/auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**34'000**
			Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-12: Betriebskosten Signalisation

7.2.5 Überwachungsanlage

Betriebskosten				
Beschreibung	**Jährliche Betriebs-stunden [h]**	**Leistung [kW]**	**Einheits-preis [CHF]**	**Gesamt-preis [CHF]**
Jährlicher Energieverbrauch (kWh)	8'760	3.97	0.20	6'955.44
			Total Betriebskosten (inkl. MwSt)	**6'955.44**
			Total Betriebskosten (inkl. MwSt/auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**7'000**
			Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-13: Betriebskosten Überwachungsanlage

7.2.6 Kommunikation & Leittechnik

Betriebskosten Leittechnik				
Beschreibung	**Jährliche Betriebs-stunden [h]**	**Leistung [kW]**	**Einheitsprei s [CHF]**	**Total Preis [CHF]**
Jährlicher Energieverbrauch (kWh)	8'760	16.48	0.20	28'872.96
			Total Betriebskosten (inkl. MwSt)	**28'872.96**
			Total Betriebskosten (inkl. MwSt / auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**29'000**
			Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-14: Betriebskosten Kommunikation & Leittechnik

7.2.7 Kabelanlage

Betriebskosten				
Beschreibung	**Jährliche Betriebs-stunden [h]**	**Leistung [kW]**	**Einheits-preis [CHF]**	**Gesamt-preis [CHF]**
Jährlicher Energieverbrauch (kWh)	0	0.00	0.20	0.00
			Total Betriebskosten (inkl. MWST)	**0.00**
			Total Betriebskosten (inkl. MWST/auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**0**
			Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-15: Betriebskosten Kabelanlage

7.2.8 Nebeneinrichtung

Betriebskosten				
Beschreibung	**Jährliche Betriebs-stunden [h]**	**Leistung [kW]**	**Einheits-preis [CHF]**	**Gesamt-preis [CHF]**
Jährlicher Energieverbrauch (kWh)	8'760	9.26	0.20	16'230.53
Jährlicher Energieverbrauch (kWh)	1'440	11.70	0.20	3'369.60
Jährlicher Energieverbrauch (kWh)	20	64.40	0.20	257.60
			Total Betriebskosten (inkl. MwSt)	**19'857.73**
			Total Betriebskosten (inkl. MwSt/auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**20'000**
			Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-16: Betriebskosten Nebeneinrichtung

7.2.9 Zusammenfassung

Typ	Bereich	Kapitel	Betrag [CHF]
Betriebskosten pro Jahr	Energieversorgung	Kapitel 4.1	13'000
	Beleuchtung	Kapitel 4.2	38'000
	Lüftung	Kapitel 4.3	7'756
	Signalisation	Kapitel 4.4	34'000
	Überwachungsanlagen	Kapitel 4.5	7'000
	Kommunikation & Leittechnik	Kapitel 4.6	29'000
	Kabelanlagen	Kapitel 4.7	0
	Nebeneinrichtungen	Kapitel 4.8	20'000
		Total Betriebskosten (inkl. MWST)	**148'756**

Abbildung 7-17: Betriebskosten Zusammenfassung

7.3 Wartungskosten

7.3.1 Energieversorgung

Wartungskosten der Anlage (Zeithorizont 10 Jahre)			
Beschreibung	**Zeithorizont [Jahre]**	**Jährliche Kosten [CHF]**	**Betrag [CHF]**
Wartungskosten	3 Jahre (1. bis 3. Jahr)	77'500	232'500
	7 Jahre (4. bis 10. Jahr)	93'028	651'193
		Total Wartungskostenkosten (inkl. MWST)	**883'693**
		Total Wartungskosten (MWST inkl./auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**884'000**
		Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-18: Wartungskosten Energieversorgung

7.3.2 Beleuchtung

Wartungskosten der Anlage (Zeithorizont 10 Jahre)			
Beschreibung	**Zeithorizont [Jahre]**	**Jährliche Kosten [CHF]**	**Betrag [CHF]**
Wartungskosten	3 Jahre (1. bis 3. Jahr)	34'951	104'854
	7 Jahre (4. bis 10. Jahr)	41'942	293'591
		Total Wartungskostenkosten (inkl. MwSt)	**398'445**
		Total Wartungskosten (MwSt inkl./auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**399'000**
		Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-19: Wartungskosten Beleuchtung

7.3.3 Lüftung

Die Wartungskosten über 10 Jahre betragen 578'853 CHF ohne MWST mit Preisbasis vom 01.2024.

Details können im Lüftungsbericht Fahrraum (Beilage 2603) und Belüftung der Notausgänge (Beilage 2605) entnommen werden.

7.3.4 Signalisation

Wartungskosten der Anlage (Zeithorizont 10 Jahre)			
Beschreibung	**Zeithorizont [Jahre]**	**Jährliche Kosten**	**Betrag [CHF]**
Wartungskosten	3 Jahre (1. bis 3. Jahr)	22'242	66'727
	7 Jahre (4. bis 10. Jahr)	26'691	186'835
		Total Wartungskostenkosten (inkl. MwSt)	**253'561**
		Total Wartungskosten (inkl. MwSt/auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**254'000**
		Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-20: Wartungskosten Signalisation

7.3.5 Überwachungsanlage

Wartungskosten der Überwachungsanlagen (Zeithorizont 10 Jahre)			
Beschreibung	**Zeithorizont [Jahre]**	**Jährliche Kosten**	**Betrag [CHF]**
Wartungskosten	3 Jahre (1. bis 3. Jahr)	39'203	117'608
	7 Jahre (4. bis 10. Jahr)	47'043	329'304
		Total Wartungskostenkosten (inkl. MwSt)	**446'912**
		Total Wartungskosten (MwSt inkl./auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**447'000**
		Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-21: Wartungskosten Überwachungsanlage

7.3.6 Kommunikation & Leittechnik

Wartungskosten der Kommunikation & Leittechnik (Zeithorizont 10 Jahre)			
Beschreibung	**Zeithorizont [Jahre]**	**Jährliche Kosten**	**Betrag [CHF]**
Wartungskosten	3 Jahre (1. bis 3. Jahr)	40'830	122'489
	7 Jahre (4. bis 10. Jahr)	48'996	342'969
		Total Wartungskostenkosten (inkl. MwSt)	**465'458**
		Total Wartungskosten (MwSt inkl. / auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**466'000**
		Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-22: Wartungskosten Kommunikation & Leittechnik

7.3.7 Kabelanlage

Wartungskosten der Anlage (Zeithorizont 10 Jahre)			
Beschreibung	**Zeithorizont [Jahre]**	**Jährliche Kosten [CHF]**	**Betrag [CHF]**
Wartungskosten	3 Jahre (1. bis 3. Jahr)	31'777	95'332
	7 Jahre (4. bis 10. Jahr)	38'133	266'930
		Total Wartungskostenkosten (inkl. MwSt)	**362'263**
		Total Wartungskosten (MwSt inkl./auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**363'000**
		Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-23: Wartungskosten Kabelanlage

7.3.8 Nebeneinrichtung

Wartungskosten der Anlage (Zeithorizont 10 Jahre)			
Beschreibung	**Zeithorizont [Jahre]**	**Jährliche Kosten [CHF]**	**Betrag [CHF]**
Wartungskosten	3 Jahre (1. bis 3. Jahr)	72'002	216'006
	7 Jahre (4. bis 10. Jahr)	86'402	604'816
		Total Wartungskostenkosten (inkl. MwSt)	**820'822**
		Total Wartungskosten (MwSt inkl./auf CHF 1'000.- aufgerundet)	**821'000**
		Preisbasis (Monat, Jahr)	**01.2024**

Abbildung 7-24: Wartungskosten Nebeneinrichtung

7.3.9 Zusammenfassung

Typ	Bereich	Kapitel	Betrag [CHF]
Wartungskosten über 10 Jahre	Energieversorgung	Kapitel 4.1	884'000
	Beleuchtung	Kapitel 4.2	399'000
	Lüftung	Kapitel 4.3	460'000
	Signalisation	Kapitel 4.4	254'000
	Überwachungsanlagen	Kapitel 4.5	447'000
	Kommunikation & Leittechnik	Kapitel 4.6	466'000
	Kabelanlagen	Kapitel 4.7	363'000
	Nebeneinrichtungen	Kapitel 4.8	821'000
		Total Wartungskosten (inkl. MWST)	**4'094'000**

Abbildung 7-25: Wartungskosten Zusammenfassung

8. 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 15:47:07 +02'00'

Luzern, 31.05.2024_____ _____

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

9. Beilagen

9.1 Beilagen BSA

0380 Bericht Beleuchtung offene Strecke

2603 Lüftungsbericht Fahrraumlüftung

2604 Steuerungsbericht Fahrraumlüftung

2605 Belüftung der Notausgänge

2606 Übersichtsplan Objekte VERAS

2607 Synoptikplan BSA

2608 Brandschutzkonzept

2611 Leittechnik Energieversorgung

2612 Niederspannung

2613 Singleline HV Normalnetz

2614 Singleline UV Normalnetz HZ

2615 Singleline HV Notnetz

2616 Singleline UV Notnetz HZ

2617-1 Singleline NA1 Buhalde

2617-2 Singleline NA3 Helgefeld

2618-1 Singleline ESP Wynematte

2618-2 Singleline ESP Helgefeld

2621 Leittechnik Beleuchtung

2622 Steuerung Tunnelbeleuchtung

2623 Durchfahrtsbeleuchtung

2624 Adaptationsbeleuchtung

2625 Hinterleuchtete Fluchtwegschilder

2626 Optische Leiteinrichtung

2627 Fluchtwegbeleuchtung

2631 Leittechnik Fahrraumlüftung

2632 Leittechnik Überdrucklüftung

2641 Leittechnik Signalisation

2642 Signalisation Notausgang / SOS-Nische

2643 SOS-Alarmkasten

2651 Brandmeldeanlage Tunnel

2652 Videoanlage

2653 Divers

2654 Stapelbecken Wynematte

2655 Pumpwerk Helgefeld

2661 Leittechnik

2662 Funk und Einsprechanlage

2663 NT-Anlage

2664 Wirkmatrix

2665 UKV

2666 Beschallungsanlage

2671 Erdungsanlage

2672 Lichtwellenleiter

2673 Kabelrohrblock Tunnel

2674 Überspannungsschutz

2681 Brandmeldeanlage Gebäude

2682-1 HLK-Prinzipschema Hauptzentrale

2682-2 HLK-Prinzipschema Notausgang 1 und 3

2682-3 HLK-Prinzipschema ESP

2683-1 HLK-Plan Hauptzentrale EG

2683-2 HLK-Plan Hauptzentrale UG

2683-3 HLK-Plan Hauptzentrale Schnitte Teil 1/2

2683-4 HLK-Plan Hauptzentrale Schnitte Teil 2/2

2684 HLK-Plan Notausgang 1 Buhalde

2685 HLK-Plan Notausgang 3 Helgefeld

2686-1 HLK-Plan Elektrostützpunkt Wynematte

2686-2 HLK-Plan Elektrostützpunkt Helgefeld

2687 Doppelboden

2691-1 Hauptzentrale EG Raumbesetzung

2691-2 Hauptzentrale EG Apparateplan

2691-5 Hauptzentrale UG Raumbesetzung

2691-6 Hauptzentrale UG Apparateplan

2692-1 NA1 Buhalde Raumbesetzung

2692-2 NA1 Buhalde Apparateplan

2692-5 NA3 Helgefeld Raumbesetzung

2692-6 NA3 Helgefeld Apparateplan

2693-1 Elektrostützpunkt Wynematte Raumbesetzung

2693-2 Elektrostützpunkt Wynematte Apparateplan

2693-5 Elektrostützpunkt Helgefeld Raumbesetzung

2693-6 Elektrostützpunkt Helgefeld Apparateplan

2694-1 Raumbesetzung Tunnel Rundprofil

2694-2 Raumbesetzung Tunnelportal Wynematte

2694-3 Raumbesetzung Tunnel Rechteckprofil Helgefeld

2694-4 Raumbesetzung Tunnel SV-Nischen

2696 Übergeordneter Terminplan BSA

9.2 Beilagen Verkehrstechnik

0300 Verkehrstechnischer Bericht

0302 Signalisationsexcel

0303 Verkehrslenkung Tunnel Wynemate - Betriebszustände

0310-x Signalisations- und Markierungspläne

0311-x Übersicht Detektorenpläne

9.3 Beilagen BAU

2041 Bauprogramm Los 2

2042 Bauphasenplan

9.4 Beilagen Dritte

[43] Comlab, Umfahrung Suhr Abklärungen Antennenstandort AEW, 29.03.2023
[44] Gruner, PDF Verkehrszahlen Z3 und Z4, Tabelle Gruner

9.5 Weitere Beilagen und Quellen

[45] Lombardi, 2021.0126_VERAS-Aufteilungen_DIV_RIO_LWL_UKV, 31.01.2023
[46] IG PRELO, 2022-06-20_2_32_B-FS_11, FACT SHEET NR. 11 Abweichung VKF, 16.08.2022
[47] Verkehrsmengengerüst_2323ca027c_027__AG_XXX_00323_20220919.pdf
[48] Phoenix Contact, Überspannungsschutz im Tunnel | Phoenix Contact, online abgerufen am 12.05.2023
[49] Energypier, Enerypier - Power Plant (energypier.ch) abgerufen am 20.06.2023
[50] Tagesanzeiger, Erneuerbare Energien: Mit Solaranlagen an der Autobahn geht es plötzlich schnell | Tages-Anzeiger (tagesanzeiger.ch) abgerufen am 20.06.2023
[51] Heise online, Solardächer über Autobahnen: Deutsches Pilotprojekt beginnt demnächst | heise online abgerufen am 20.06.2023
[52] BASt - Fachthemen – Verkehrstechnik - Photovoltaik-Straßenüberdachung, online abgerufen am 20.06.2023

[53] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) (europa.eu) abgerufen am 09.05.2023
[54] Windenergie-Daten der Schweiz (wind-data.ch) abgerufen am 20.06.2023
[55] SR 730.03 – Verordnung über die Förderung der Produktion von Elektrizität aus erneuerbaren Energien