

## **NATIONALSTRASSE N02**

Kanton Uri/Tessin

Unterhaltsabschnitt 48, Kilometer 170.600-108.500

## **ERHALTUNGSPLANUNG GE XI**

Inventar-Objektnummer 56.509.3

# **Gotthard-Strassentunnel**



## **Bericht Lüftung GST Erhalt bis 2030**

Berichtsverfasser:

Lombardi AG Beratende Ingenieure  
Bericht 6098.8-R-001B

# Impressum

## Vertragspartner

Auftragnehmer	Auftraggeber
<b>Ingenieurbüro</b> Lombardi AG Beratende Ingenieure Via Simen 19 6648 Minusio  Tel.: +41-91-735 31 00 Fax: +41-91-743 97 37 E-Mail: uwe.drost@lombardi.group Verfasser: Uwe Drost	<b>Bundesamt für Strassen ASTRA</b> Filiale Zofingen Brühlstrasse 3 4800 Zofingen  Tel.: +41 58 482 75 33 Mob: +41 79 447 13 17 E-Mail: franz.hofer@astra.admin.ch Ansprechperson: Franz Hofer

## Änderungsverzeichnis

Version	Anpassung / Änderung	Verfasser	Datum
0.1	Entwurf	Uwe Drost	04.06.2018
1.0	Einarbeitung der Kommentare und Anmerkungen vom 25.9.18	Uwe Drost	28.09.2018
1.1	Ergänzung Redundanz SISTO in LGU	Uwe Drost	27.11.2018

## Verteiler

Firma	Name	Version									
		0.1	1.0	1.1							
ASTRA	Franz Hofer	X	X	X							
AfBN	Markus Schuler	X	X	X							
Ingegna AG	Alain Gatti	X	X	X							

## Allg. Informationen

Dateiname:	
Ablageort Auftragnehmer:	
Aktuelle Version:	
Anzahl Seiten:	
Unterschrift Auftragnehmer:	

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1	Ausgangslage	6
1.2	Bauwerk	6
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>7</b>
2.1	Grundlagendokumente	7
2.2	Bewertungsskala ASTRA	7
2.3	Globalbewertung der Lüftungsanlagen gemäss Hauptinspektion	9
2.4	Bewertungsskala AfBN	10
<b>3</b>	<b>Fahrraumlüftung</b>	<b>12</b>
3.1	Beschrieb und Beurteilung	12
3.1.1	Beschrieb	12
3.1.1.1	Systemkonfiguration	12
3.1.1.2	Evolution des Lüftungssystems	12
3.1.1.3	Ventilator Typen	13
3.1.1.4	Reserveventilatoren	14
3.1.1.5	Betriebsstunden und Instandsetzungen	15
3.1.1.6	Krananlagen, Tore und Schachtbahnen	15
3.1.2	Beurteilung	15
3.1.2.1	Tunnelventilatoren Nordisk	15
3.1.2.2	Tunnelventilatoren Howden	17
3.1.2.3	Hilfseinrichtungen: Hydraulik/Schmieröl Nordisk	18
3.1.2.4	Hilfseinrichtung: Hydraulik Howden	18
3.1.2.5	Lüftungsklappen	18
3.1.2.6	Krananlagen, Tore und Schachtbahnen	19
3.2	Prognose	19
3.2.1	Tunnelventilatoren Nordisk	19
3.2.2	Ventilatoren Howden	21
3.2.3	Hilfseinrichtungen: Hydraulik/Schmieröl Nordisk	21
3.2.4	Hilfseinrichtungen: Hydraulik Howden	22
3.2.5	Lüftungsklappen	22
3.2.6	Krananlagen, Tore und Schachtbahnen	22
3.2.7	Zusammenfassung des Zustands und der Restnutzungsdauer	23
3.3	Massnahmen & Kosten	23
3.4	Risikobeurteilung	24
<b>4</b>	<b>SISTO-Lüftung</b>	<b>25</b>
4.1	Beschrieb und Beurteilung	25
4.1.1	Beschrieb	25
4.1.1.1	Allgemein	25
4.1.1.2	SISTO-Lüftungsanlage in LGU	25
4.1.1.3	Redundante SISTO-Lüftungsanlage an den Tunnelportalen	25
4.1.1.4	Reserveventilatoren	26
4.1.1.5	Betriebsstunden und Instandsetzungen	26
4.1.2	Beurteilung	26
4.1.2.1	Ventilatoren Portalzentralen SISTO	26
4.1.2.2	Ventilator LGU SISTO	27

4.1.2.3	Hilfseinrichtungen: Hydraulik	27
4.2	Prognose	27
4.2.1	Ventilatoren Portalzentralen SISTO	27
4.2.2	Ventilatoren LGU SISTO	28
4.2.3	Hilfseinrichtungen: Hydraulik	28
4.2.4	Zusammenfassung des Zustands und der Restnutzungsdauer	28
4.3	Massnahmen & Kosten	29
4.4	Risikobeurteilung	30
<b>5</b>	<b>Lüftungssensorik</b>	<b>31</b>
5.1	Beschrieb und Beurteilung	31
5.1.1	Beschrieb	31
5.1.2	Beurteilung	31
5.1.2.1	Strömungsmessgeräte: Staudruckrohre	31
5.1.2.2	Strömungsmessgeräte: Temperatur- und Druckmessungen	31
5.1.2.3	Sichttrübungsmessgeräte	31
5.1.2.4	CO-Messgeräte	32
5.2	Prognose	32
5.3	Massnahmen & Kosten	33
5.4	Risikobeurteilung	33
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>35</b>
6.1	Tunnellüftung	35
6.2	SISTO-Lüftung	35
6.3	Lüftungssensorik	35
<b>7</b>	<b>REFERENZEN</b>	<b>36</b>
<b>8</b>	<b>Anlage A – Detailliertes Lüftungsschema</b>	<b>37</b>

## Glossar

### Abkürzungen / Glossar

Abkürzung	Bezeichnung
SR	Schaltraum
SZ	Schutzraum
LZ	Lüftungszentralen
LGO	Lüftungs- und Portalzentrale Göschenen
LBA	Lüftungszentrale Bözberg
LHO	Lüftungszentrale Hospental
LGU	Lüftungszentrale Guspisbach
TRA	Trafostation SZ 54
LMO	Lüftungszentrale Motto di Dentro
LAI	Lüftungs- und Portalzentrale Airolo
SBA	Schacht und Schachtkopfbauwerk Bözberg
SHO	Schacht und Schachtkopfbauwerk Hospental
SGU	Schacht und Schachtkopfbauwerk Guspisbach
SMO	Schacht und Schachtkopfbauwerk Motto di Dentro
BLE	Betriebsleitebene (übergeordnete Leitebene)
ATM	Asynchron Transfer Mode (WAN/LAN Kommunikationsnetz)
KR	Kopfrechner (Prozessebene)
GR	Gruppenrechner (Steuerebene)
ER	Einzelrechner (Feldebene)
RTU	Deportierte I/O (Feldebene)
Z-KI	Zustandsklasse (Definition des AfBN)

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Die 2. Röhre des Gotthard- Strassentunnels GST wird voraussichtlich im Jahr 2028 eröffnet. Anschliessend soll die bestehende Röhre des GST saniert werden.

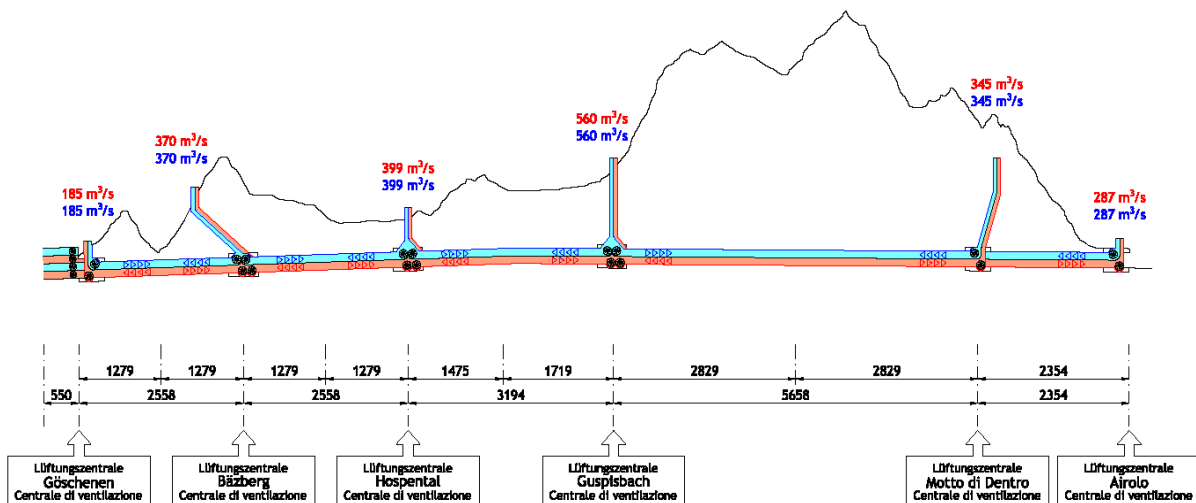
In diesem Bericht sind die erforderlichen Massnahmen für den Erhalt der Lüftungshardware bis ins Jahr 2030 des GST enthalten.

Die Lüftungssteuerungen (Auskunft ASTRA) und die elektrischen Systeme einschliesslich der Kabelanlagen (Telefonat mit Cristian Eugster, Basler & Hofmann, vom 29.5.18) sind nicht Gegenstand des vorliegenden Berichts und werden separat behandelt.

## 1.2 Bauwerk

Der Gotthard-Strassentunnel, mit einer Gesamtlänge von 16'904 m, besteht aus einer 16'345 m langen Tunnelröhre mit Gegenverkehr und einem richtungsgetrennten Vortunnel am Nordportal mit einer Länge von 550 m. Vom Nordportal aus steigt der Tunnel mit 1.4% um 91 m auf den Scheitelpunkt an und fällt dann um 26 m mit einem Gefälle von 0.3% zum Südportal ab. Das Südportal liegt somit 65 m höher als das Nordportal. Die Linienführung hat eine Auslenkung von circa 2'400 m gegenüber einer Geraden zwischen den beiden Portalen sowie Einfahrkurven, um eine Blendwirkung zu vermeiden.

Parallel zum Haupttunnel befindet sich östlich mit einem Achsabstand von 30 m der separat belüftete Sicherheitsstollen, welcher circa alle 250 m durch die Schutzräume mit dem Haupttunnel verbunden ist.



Abbild. 1.1: Lüftungsschema des Gotthardstrassentunnels

## 2 Grundlagen

### 2.1 Grundlagendokumente

Der vorliegende Bericht berücksichtigt u. A. folgende Grundlagendokumente:

- AfBN: Zustandserfassung und Inventar 2017 [10]
- Hauptinspektion BSA 2015 [8]
- Situationsanalyse BSA 2009 [5]

### 2.2 Bewertungsskala ASTRA

Der während der Hauptinspektion 2015 [8] erfasste Zustand wurde anhand der Dokumentation des ASTRA beurteilt. Die angewendeten Noten entsprechen der ASTRA Klassierung (ASTRA 8B310 [2]) für die BSA.

Auf Grundlage dieser Referenz wurden die Bewertungskriterien für die Beobachtung angewandt. Die «Beobachtung» entspricht der jährlichen Zustandskontrolle BSA und ist in der Tätigkeit «*Betriebliche Überwachung*» enthalten.

Folgende Bewertungskriterien wurden berücksichtigt, siehe Tab. 2.1:

- 1) Physikalischer Zustand
- 2) Funktion
- 3) Wirtschaftlichkeit

Im Rahmen der Hauptinspektion 2015 wurden diese 3 Hauptbewertungskriterien aggregiert und es wurde ein Mittelwert für die Benotung gebildet.

Farbe/ Note	Beschreibung	Bewertungskriterien			Empfehlungen / Massnahmen
		Physikalischer Zustand	Funktion	Wirtschaftlichkeit - Ersatzteilverfügbarkeit - Störungskoeffizient - Supportverfügbarkeit - Restnutzungsdauer	
1	Gut	neuwertig	Die Funktion wird 100% erfüllt	= Nächste 10 Jahre alle Aggregate verfügbar; = Keine Störungen; = Support gewährleistet; = neuwertig, vollständig, verfügbar.	Eine Bewertung mit der Note „1“ benötigt keine Empfehlung.
2	Annehmbar	Zeitgerechte Abnutzung	Einzelne Funktionen sind eingeschränkt	= Nächste 5 Jahre alle Aggregate verfügbar; = 1 Störungen pro Jahr; = Support für die nächsten 5 Jahre gewährleistet; = brauchbar, zeitgerechte Abnutzung oder revidiert.	Eine Bewertung mit der Note „2“ benötigt keine Empfehlung.
3	Ungenügend	Betriebseinschränkungen sind absehbar	Funktion kann nicht garantiert werden	= Ersatzteile ab gekündet, nächste 3 Jahre sichergestellt; = 1 Störung pro Monat; = Support nicht mehr garantiert, Fachkenntnisse vorhanden [Betrieb sichergestellt]; = Nutzungsdauer nahezu erreicht, kritische Abnutzung.	Bei der Bewertung mit der Note „3“ muss eine Empfehlung mit einer Begründung erfolgen und wird in die Empfehlungsliste eingetragen. Die Empfehlungen mit der Note „3“ sind in die Massnahmenplanung aufzunehmen, wobei der Zeitpunkt mit "nicht dringlich" eingestuft wird.
4	Schlecht	Betrieb eingeschränkt, Schaden vorhanden	Funktion eingeschränkt	= Ersatzteile ab gekündet, kein Lager aber kompatible Ersatzlösung beschaffbar; = 1 Störung pro Woche; = Kein Support, Fachkenntnisse nur teilweise vorhanden [eingeschränkter Betrieb]; = Nutzungsdauer erreicht, Abnutzungsschäden vorhanden	Bei der Bewertung mit der Note „4“ muss eine Empfehlung mit einer Begründung erfolgen und wird in die Empfehlungsliste eingetragen. Die Empfehlungen mit der Note „4“ sind in die Massnahmenplanung aufzunehmen und mit Auftrag an die GE (Globale), im KBU Priorität 1 oder mit einem Projekt (EM oder EP) umzusetzen.
5	Alarmierend	Kein Betrieb möglich	Keine Funktion	= Keine Ersatzteile vorhanden oder keine Ersatzlösung möglich; = 1 Störung pro Tag; = Kein Support; = Nutzungsdauer überschritten, massive Schäden	Bei der Bewertung mit der Note „5“ muss die Filiale eine unverzügliche Massnahme zu dessen Behebung einleiten.

Tab. 2.1: Beschreibung der Bewertungsskala.



## 2.3 Globalbewertung der Lüftungsanlagen gemäss Hauptinspektion

Die letzte Hauptinspektion der Betriebs- und Sicherheitsanlagen des Gotthard-Strassentunnels fand im Jahr 2015 statt. Die Bewertung des Anlagenzustands erfolgte anhand der Bewertungsskala des ASTRA, siehe Kapitel 2.2.

Das Gesamtergebnis der Anlage Lüftung und ihrer Teilanlagen Zentrale Einrichtung, Abluft und Zuluft ist in Tab. 2.2 dargestellt. Demnach befanden sich alle drei bewerteten Teilanlagen vor 3 Jahren im annehmbaren Zustand, Note 2. Diese Note ergibt sich aus der Aggregation der in Tab. 2.1 angeführten Bewertungskriterien. Die kritischste Teilbewertung entfiel auf den Lebensdauerkoeffizienten, welcher als ungenügend und daher mit Note 3 ermittelt wurde.

Detaillierte Aggregatebewertungen der Lüftungskomponenten wurden im Rahmen der Hauptinspektion 2015 nicht dokumentiert [9]. Aus diesem Grund stützt sich die im vorliegenden Bericht vorgenommene Beurteilung im Wesentlichen auf die Zustandserfassung des AfBN im Jahr 2017 [10], Herstellerinformationen und die Erkenntnisse aus einem Workshop mit dem AfBN vom 25.5.2018 ab.



Tab. 2.2: Zustandsklassenbewertung der 2. Hauptinspektion 2015 [8]

## 2.4 Bewertungsskala AfBN

Die Gebietseinheit XI wendet eine eigene Bewertungsskala an, welche im Dokument Zustandserfassung und Inventar 2017 [10] zur Anwendung kommt. Diese Skala weicht von jener des ASTRA ab. Beispielsweise entspricht eine Zustandsklasse 3 gemäss AfBN einem schadhafte Zustand, im welchen die Funktion jedoch zumindest noch teilweise erfüllt wird. Gemäss ASTRA Bewertungsskala bedeutet eine Note 3 hingegen einen ungenügenden Zustand, im welchen die Funktion nicht mehr garantiert werden kann.

Nachfolgend ist das Bewertungsschema des AfBN (2016-1201 ZE BSA GEXI Hilfsblatt) angeführt, welche in den nachfolgenden Kapiteln zur Zustandsbeschreibung der Lüftungsaggregate herangezogen wird:

Mechanischer Zustand			
Z-KI	Klasse Beschreibung	Ursache erforderlich	Ersatzkosten erforderlich
1	Neu	Nein	Nein
2	Gut	Nein	Nein
3	Schadhaft	Ja	Ja
4	Kritisch	Ja	Ja
5	Alarmierend	Ja	Ja
9	Zustand nicht bewertbar	Nein	Nein

Funktionszweck (wird der Funktionszweck noch erfüllt?)			
Z-KI	Klasse Beschreibung	Ursache erforderlich	Ersatzkosten erforderlich
1	Erfüllt	Nein	Nein
3	Teilweise erfüllt	Ja	Nein
5	Alarmierend	Ja	Ja
9	Zustand nicht bewertbar	Nein	Nein

Ersatzteilverfügbarkeit (stehen Ersatzteile z. B. für Reparaturen noch zur Verfügung?)				
Z-KI	Klasse Beschreibung	Jahre	Ursache erforderlich	Ersatzkosten erforderlich
1	Gewährleistet*	---	Nein	Nein
1	Für 10 Jahre sichergestellt	10	Nein	Nein
2	Für 5 Jahre sichergestellt	5	Nein	Nein
3	Für 3 Jahre sichergestellt	3	Nein	Ja
4	Für 2 Jahre sichergestellt	2	Nein	Ja
5	nicht mehr sichergestellt		Nein	Ja
9	Zustand nicht bewertbar		Nein	Nein

Supportverfügbarkeit (stehen der nötige Support noch zur Verfügung?)				
Z-KI	Klasse Beschreibung	Jahre	Ursache erforderlich	Ersatzkosten erforderlich
1	Gewährleistet*	---	Nein	Nein
1	Für 10 Jahre sichergestellt	10	Nein	Nein
2	Für 5 Jahre sichergestellt	5	Nein	Nein
3	Für 3 Jahre sichergestellt	3	Nein	Ja
4	Für 2 Jahre sichergestellt	2	Nein	Ja
5	Nicht mehr sichergestellt		Nein	
9	Zustand nicht bewertbar		Nein	

Bewertete Restnutzungsdauer			
Z-KI	Klasse Beschreibung	Ursache erforderlich	Ersatzkosten erforderlich
1	Für 10 Jahre sichergestellt	Nein	Nein
2	Für 5 Jahre sichergestellt	Nein	Nein
3	Für 3 Jahre sichergestellt	Nein	Nein
4	Für 2 Jahre sichergestellt	Nein	Nein
5	Nicht mehr sichergestellt	Nein	Nein
9	Zustand nicht bewertbar	Nein	Nein

\***Gewährleistet** = Die Verfügbarkeit von Ersatzteilen oder Support ist grundsätzlich gewährleistet

## 3 Fahrtraumlüftung

### 3.1 Beschrieb und Beurteilung

#### 3.1.1 Beschrieb

##### 3.1.1.1 Systemkonfiguration

Die Lüftungsinstallationen wurden in den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts mit einer Vollquerlüftung für eine massgebende Verkehrsmenge von 1800 PWE/h mit einem Schwerverkehrsanteil von 10% ausgelegt. Der Tunnel ist in 11 unterschiedlich lange Lüftungssektoren unterteilt, 9 Sektoren betreffen die Tunnelröhre mit Gegenverkehr und 2 Sektoren den richtungsgetrennten Vortunnel.

Dreiundzwanzig Zu- und Abluftventilatoren in 6 Lüftungszentralen sorgen heute für die notwendige Belüftung. Elektroantriebe mit 2 verschiedenen Drehzahlen, verstellbare Ventilatorschaufeln sowie automatisch wirkende Schalt- und Steuereinrichtungen regeln die erforderliche Luftmenge.

Die Leistungen der Ventilatoren betragen zwischen 430 und 2'920 Kilowatt, die installierte Leistung der gesamten Anlage beläuft sich auf 26'150 Kilowatt.

Der kumulierte theoretische Nennvolumenstrom (100%) der Zu- bzw. Abluftventilatoren liegt bei 2516 m<sup>3</sup>/s. Die Auslegung der Zuluftventilatoren erfolgte auf 130% der Nennleistung.

##### 3.1.1.2 Evolution des Lüftungssystems

###### Verstellbare Abluftklappen

Für die verteilte Absaugung der Luft aus dem Fahrtraum waren im Abluftkanal ursprünglich in einer Distanz von 16 m fest eingestellte Abluftgitter eingebaut. In den Jahren 2001-2002 wurden diese durch 178 motorisch angetriebenen Abluftklappen ersetzt, welche alle 96 m eingebaut sind (mit Ausnahme des Vortunnels). Die Stellwinkel können für jede Klappe einzeln vorgegeben werden und erlauben somit eine gleichmässige, verteilte Absaugung im Normalbetrieb, sowie im Brandfall eine konzentrierte Absaugung der Rauchgase.

###### Redundante Abluftventilatoren im Sektor 10

Im Rahmen einer Projektoptimierung des Tunnels in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts wurde für den Sektor 10 (Motto di Dentro - Airolo) die Installation einer beidseitigen Lüftung als nicht wirtschaftlich angesehen. Der Sektor 10 wurde daher nur von der Lüftungszentrale Airolo aus belüftet und es wurden keine Zuluft- und Abluftventilatoren für diesen Abschnitt in der Lüftungszentrale Motto di Dentro vorgesehen, so dass keine Ventilatoren-Redundanz bestand. Mit Ausnahme des Vortunnels in Göschenen war dies der einzige Abschnitt, welcher nur einseitig belüftet wurde.

Zur Beseitigung dieser, aufgrund der fehlenden Redundanz bestehenden Schwachstelle wurde der alleinige Abluftventilator Y10 in Airolo durch zwei neue Ventilatoren Y10A und Y10B ersetzt, welche seit 2007 im Parallelbetrieb stehen und nun die geforderte Redundanz sicherstellen.

## Diverse Anpassungen

- Einbau von Schutzgittern vor den Abluftventilatoren;
- Diverse elektrische Installationen in den Zu- und Abluftkanälen (Kabelkanal, Lampen, Radiokabel, usw.);
- Ankerstangen bei jeder Lüftungsklappe und bei den durch die Brände beschädigten Abschnitten der Zwischendecke (vor allem in den Sektoren 4 und 10).
- Ausbau der Bypassklappen und Schliessen ihrer Öffnungen, 2006

## Evolution der Lüftungsphilosophie

Entwicklungsstufen der Lüftungsphilosophie:

- 1980 Querlüftung;
- 1986 Halbquerlüftung bzw. wahlweise auch Querlüftung zur Verminderung des Energiebedarfs;
- 1993 Betrieb der Lüftungsanlagen nach Sektoren statt nach Abschnitten;
- 2002 ausschliesslich Querlüftung mit minimaler Vorgabe der Luftmenge tagsüber von 35% (bis April 2002) infolge der Erfahrungen vom Ereignis vom 24.10.2001;  
September 2002: Inbetriebnahme der Abluftklappen (konzentrierte Absaugung)
- 2003 Betrieb der Lüftungsanlagen nach Abschnitten. Bypassklappen bleiben auch bei natürlicher Lüftung geschlossen (definitiver Verschluss 2006). Anpassung der spezifischen Luftmenge  $\text{m}^3/\text{m/s}$  der nördlichen und südlichen Abschnitte. Minimale Vorgabe der Luftmenge von der Verkehrsmenge abhängig.
- 2005 Reduzierung der Brandwinkel der Abluftventilatoren auf empirischer Basis, um aerodynamische Instabilitäten zu vermindern.
- 2010 Implementierung der Kontrolle der Strömungsgeschwindigkeit im Brandfall durch Zu- bzw. Abluftdossierung in den vom Brand nicht betroffenen Lüftungsabschnitten.

### 3.1.1.3 Ventilatorarten

Mit Ausnahme der Abluftventilatoren in LAI (Airolo) handelt es sich bei allen übrigen Ventilatoren der Fahrtraumlüftung noch um die bei der Tunneleröffnung vorhandenen, ursprünglichen Maschinen. Diese Ventilatoren sind durchgehend mit 6 kV Dahlander-Motoren mit zwei Drehzahlen ausgestattet und verfügen über eine hydraulische Schaufelverstellung zur Volumenstromregelung. Lieferant dieser Ventilatoren war die dänische Firma

Nordisk Ventilator CO, Aktieselskab  
DK-4700 Naestved

Die Leistungsdaten dieser Ventilatoren und ihr jeweiliger Ersatzapparat sind nachfolgend zusammengestellt. Die Typenbezeichnungen von Nordisk in Tab. 3.1 beinhalten weiterhin den Aussendurchmesser des Laufrads sowie den Nabendurchmesser in Millimetern.

N°	Typ	Abluftventilatoren				Zuluftventilatoren			Reserve
1	ASN-2800/1120	Y1	Y2	Y11	Y10 alt	Z1	Z2	Z11	RZ11
	Motorleistung [kW]	430	430	430	625	430	580	430	625
2	ASN-2520/1400	Y3	Y4	Y5					RZ3
	Motorleistung [kW]	810	810	810					anderer Typ
4	ASN-2640/1600	Y6							RZ6
	Motorleistung [kW]	1125							anderer Typ
5	ASN-2700/1800	Y7							RZ6
	Motorleistung [kW]	1350							anderer Typ
6	ASN-3060/1800	Y8	Y9						RZ8
	Motorleistung [kW]	1800	2020						anderer Typ
7	ASN-2660/1400					Z3	Z4	Z5	RZ3
	Motorleistung [kW]					1030	1030	1050	1030
8	ASN-2970/1800					Z6	Z7		RZ6
	Motorleistung [kW]					1600	1800		1600
9	ASN-3240/1800					Z8			RZ8
	Motorleistung [kW]					2620			2620
10	ASN-3420/1800					Z9			RZ8
	Motorleistung [kW]					2920			anderer Typ
11	ASN-3125/1250					Z10			RZ8
	Motorleistung [kW]					1125			anderer Typ

Tab. 3.1: Nordisk Variax Modelltypen, mit 6 kV Motoren

In Airolo befinden sich seit 2007 folgende Abluftventilatoren der Firma Howden Ventilatoren GmbH anstelle des ursprünglichen, einzelnen Nordisk Ventilators Y10.

N°	Typ	Abluftventilatoren				Zuluftventilatoren			Reserve
1	236YJ+3HME Ø 2360/1600	Y10A	Y10B						Y10R
	Motorleistung [kW]	650	650						650

Tab. 3.2: Howden Modelltyp, mit 690 V Motoren

Die Ventilatoren weisen fünf unterschiedliche Nabendurchmesser und zwölf verschiedene Laufraddurchmesser auf.

Die Bezeichnungen Y10A, Y10B und Y10R betreffen den Einbauort dieser Ventilatoren, während die eigentlichen Ventilatoren nachfolgend mit Y10-1, Y10-2 und Y10-3 bezeichnet werden, um z. B. die Betriebsstunden eindeutig einem Ventilator zuordnen zu können. Da die Ventilatoren rotierend eingesetzt werden, kann jeder der drei Ventilatoren z. B. die Einbausituation Y10A einnehmen.

#### 3.1.1.4 Reserveventilatoren

Insgesamt stehen 5 Reserveventilatoren zur Verfügung, welche bei einer Ventilatorrevision je nach Bedarf als Zuluft- oder Abluftventilator eingebaut werden. Diese Apparate sind ebenfalls in Tab. 3.1 und Tab. 3.2 angeführt (RZ3, RZ6, RZ8, RZ11, Y10R).

In der Regel werden die Ventilatoren in den Sperrnächten ein- und ausgebaut und stehen somit immer für einige Monate in Betrieb.

### 3.1.1.5 Betriebsstunden und Instandsetzungen

Die Tunnelventilatoren weisen heute folgende Betriebsstunden und Instandsetzungsintervalle auf (Stand 1.5.2018) [17]:

Ventilator	Betriebsstunden	1. Instandsetzung	2. Instandsetzung	3. Instandsetzung
Z1	57'450 h	1997	2008	-
Z11	45'760 h	1994	2004	2017
Z2	208'779 h	1992	2001	2011
Z3	241'634 h	1991	2000	2011
Z4	213'762 h	1991	2002	2014
Z5	236'750 h	1991	2000	2012
Z6	220'833 h	1990	2000	2010
Z7	241'954 h	1990	1999	2011
Z8	250'419 h	1991	2001	2013
Z9	287'839 h	1990	1998	2010
Z10	209'602 h	1992	2002	2013
Y1	35'774 h	1994	2004	2017
Y11	1'877 h	2017	-	-
Y2	135'456 h	1997	2007	-
Y3	223'864 h	1993	2003	2012
Y4	182'093 h	1993	2003	2014
Y5	168'895 h	1993	2003	2016
Y6	183'352 h	1994	2004	2016
Y7	178'878 h	1992	2002	2015
Y8	172'609 h	1994	2005	2016
Y9	121'518 h	1992	2002	2012
Y10-1	62'661 h	2017	-	-
Y10-2	30'285 h	2013	-	-
Y10-3	47'195 h	2018	-	-
RZ3	21'882 h	2003	-	-
RZ6	21'016 h	2000	2009	-
RZ8	17'392 h	1994	2006	-

Tab. 3.3: Betriebsstunden und Instandsetzungen der Tunnelventilatoren [17]

### 3.1.1.6 Krananlagen, Tore und Schachtbahnen

Diese Anlagenteile werden im Dossier D-8 Nebenanlagen behandelt.

## 3.1.2 Beurteilung

### 3.1.2.1 Tunnelventilatoren Nordisk

Die 11 Zuluftventilatoren und 12 Abluftventilatoren, ausgenommen die beiden neuen Abluftventilatoren in der LZ Airolo, sowie die Reserveventilatoren sind seit dem Jahre 1980 in Betrieb. Die Ventilatoren werden regelmässig gewartet und in grösseren Zeitintervallen ausgebaut und komplett revidiert.

Diese Ventilatoren sind bezüglich Materialqualität, Konstruktion und Ausführung hochwertig. Unter Berücksichtigung des Alters und der Beanspruchung sind die Ventilatoren grundsätzlich in gutem Zustand. Auch nach grossen Brandereignissen waren die Ventilatoren jeweils in einem guten Zustand.

Standardisierte Verschleisssteile können problemlos ausgetauscht werden und bilden einen neuwertigen Ersatz, z.B. Pendelrollenlager oder Dichtringe. Andere Teile sind aufwändiger zu beschaffen und auch arbeitsintensiver zum Ersetzen, wie z. B. eine Motorneuewicklung.

In drei von fünf Lüftungsabschnitten ist keine genügende, strömungstechnische Redundanz vorhanden. Bei Ausfall eines Ventilators wird die geforderte minimale Absaugmenge in diesen Abschnitten nicht erreicht.

## **Abluftventilatoren**

### Zustandsbeurteilung des AfBN [10] aus dem Jahr 2017

• Mechanischer Zustand	Schadhaft, Z-KI 3
○ Y1, Y11, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9:	Hydraulik- u. Schmieröl, Ölverlust
○ Y1:	Schalldämpferisolation beschädigt und Rost an Abschlussklappen, letztere auch undicht
○ Y4	Rost an Abschlussklappen und nicht mehr dicht
○ Y11:	Korrosion bei Schalldämpfer
• Ersatzteilverfügbarkeit	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Supportverfügbarkeit	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Zuverlässigkeit, Leistung	Erfüllt, Z-KI 1
• Bewertete Restnutzungsdauer	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Erwartetes Nutzungsende	keine Angabe

### Präzisierungen zum Zustand gemäss Workshop mit dem AfBN vom 25.5.2018

Die Aussenschläuche der Ventilatoren wurden 2017 komplett erneuert. Die Innenschlaucherneuerung erfolgt bei jeder Ventilator-Instandsetzung. Damit und mit der ohnehin erforderlichen Revision der Hydraulik- und Schmierölaggregate wird die Ölverlustproblematik entschärft und ist nicht Nutzungsdauerbegrenzend.

Die Korrosion an den Klappen und Schalldämpfern schreitet nur schwach voran und wird vom AfBN überwacht [15], [16]. Gemäss heutigen Kenntnisstand kann davon ausgegangen werden, dass ohne grössere Massnahmen eine Nutzungsdauer der Ventilatoren bis 2030 durch die angeführten Korrosionserscheinungen nicht gefährdet wird.

Die zunehmende Undichtigkeit von Abluftventilatorklappen ist sorgfältig zu beobachten, da starke Undichtigkeiten zu einer Abluft/Rauchrezirkulation führen können, wenn sich zwei Abluftventilatoren am gleichen Schacht befinden.



## Zuluftventilatoren

### Zustandsbeurteilung des AfBN [10] aus dem Jahr 2017

• Mechanischer Zustand	Schadhaft, Z-KI 3
○ Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7, Z8, Z9, Z11:	Hydraulik- u. Schmieröl, Ölverlust
○ Z1, Z2:	Korrosion bei Schalldämpfer und Abschlussklappen, Klappe nicht mehr dicht
○ Z5, Z6:	Klappe nicht mehr dicht
○ Z10:	Schalldämpfer: Korrosion, Isolation defekt Klappe beginnt wieder zu rosten, wurde 2011 instandgesetzt
○ Z11:	Korrosion bei Schalldämpfer
• Ersatzteilverfügbarkeit	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Supportverfügbarkeit	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Zuverlässigkeit	Erfüllt, Z-KI 1
• Bewertete Restnutzungsdauer	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Erwartetes Nutzungsende	keine Angabe

### Präzisierungen zum Zustand gemäss Workshop mit dem AfBN vom 25.5.2018

Die Aussenschläuche der Ventilatoren wurden 2017 komplett erneuert. Die Innenschlaucherneuerung erfolgt bei jeder Instandsetzung eines Ventilators. Damit und mit der ohnehin erforderlichen Revision der Hydraulik- und Schmierölaggregate wird die Ölverlustproblematik entschärft und ist nicht Nutzungsdauer-begrenzend.

Im Jahr 2011 wurden der Schalldämpfer und die Abschlussklappe des Ventilators Z10 in Airolo sandgestrahlt und neu beschichtet [6]. Im Jahr 2013 wurde eine analoge Sanierung an den Schalldämpfern in Göschenen durchgeführt [7]. Seitdem tritt zwar wieder Korrosion an den Klappen und Schalldämpfern auf, schreitet aber nur schwach voran und wird vom AfBN überwacht [15], [16]. Gemäss heutigem Kenntnisstand kann davon ausgegangen werden, dass ohne grössere Massnahmen eine Nutzungsdauer der Ventilatoren bis 2030 durch die angeführten Korrosionserscheinungen nicht gefährdet wird.

Eine leicht abnehmende Dichtigkeit der Ventilatorklappen der Zuluftventilatoren wird ebenfalls als unproblematisch eingestuft, da dadurch die Funktionsfähigkeit des Lüftungssystems insbesondere im Ereignisfall nicht kompromittiert wird.

#### **3.1.2.2 Tunnelventilatoren Howden**

Die beiden Abluftventilatoren in der Lüftungszentrale Airolo wurden im Jahr 2006 installiert und in Betrieb genommen. Ein dritter Reserveventilator steht zur Verfügung.

### Zustandsbeurteilung des AfBN [10] aus dem Jahr 2017

• Mechanischer Zustand	Schadhaft, Z-KI 3
○ Y10A	Isolation aufwendige Montage/Demontage Abschlussklappenkanten rostig
○ Y10B:	Isolation aufwendig, Korrosion
• Ersatzteilverfügbarkeit	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Supportverfügbarkeit	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Zuverlässigkeit	Erfüllt, Z-KI 1
• Bewertete Restnutzungsdauer	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Erwartetes Nutzungsende	keine Angabe

### Präzisierungen zum Zustand gemäss Workshop mit dem AfBN vom 25.5.2018

Die bestehende Isolation der Ventilatoren wird zurzeit durch leicht montier- und demontierbare Matratzen ersetzt.

Die Korrosion an den zugeordneten Ventilatorklappen schreitet nur schwach voran und wird vom AfBN überwacht. Gemäss heutigem Kenntnisstand kann davon ausgegangen werden, dass ohne grössere Massnahmen eine Nutzungsdauer der Ventilatoren bis 2030 durch die angeführten Korrosionserscheinungen nicht gefährdet wird.

#### **3.1.2.3 Hilfseinrichtungen: Hydraulik/Schmieröl Nordisk**

Die beiden Hilfsorgane eines jeden Nordisk Ventilators - Ölhydraulikanlage für die Schaufelverstellung und die Schmierölversorgung - sind seit dem Jahre 1980 in Betrieb und werden laufend unterhalten.

Die Schmierölversorgung der Ablüfter verfügt über eine einzige Schmierölpumpe, während bei den Zuluftern eine weitere Pumpe in einem Zwischenaggregat vorhanden ist.

Für die Schaufelverstellung verfügt jeder Ventilator über ein Hydraulikaggregat mit jeweils 2 Hydraulikpumpen.

Der schadhafte Zustand der Hydraulik- und Schmierölaggregate macht gestaffelt bis 2025 eine Gesamtrevision dieser Systeme erforderlich. Im Rahmen der Revision sind u.a. die Pumpen, die Sensorik und Kleinmaterial zu erneuern, und, wo erforderlich Ölkühler, welche heute Leckagen aufweisen.

#### **3.1.2.4 Hilfseinrichtung: Hydraulik Howden**

Die Ölhydraulikanlagen für die Schaufelverstellung der beiden Ventilatoren Y10A und Y10B sind seit dem Jahre 2006 in Betrieb und werden laufend unterhalten. Auch bei diesen beiden Anlagen wird bis 2025 eine Gesamtrevision erforderlich.

#### **3.1.2.5 Lüftungsklappen**

Die 178 Lüftungsklappen (Fabrikat Sirocco) wurden im Jahre 2002 abluftseitig in die Zwischendecke eingebaut. Sie bestehen jeweils aus einer mechanischen Gliederklappe und einem elektrischen Antriebsmotor (Fabrikat Auma), welcher im Zuluftkanal montiert ist. Sie werden ab der Lüftungsklappensteuerung in den LZ und B-SZ elektrisch versorgt und angesteuert.

### Zustandsbeurteilung des AfBN [10] aus dem Jahr 2017

• Mechanischer Zustand	Gut, Z-KI 2
• Ersatzteilverfügbarkeit	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Supportverfügbarkeit	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Zuverlässigkeit, Leistung	Erfüllt, Z-KI 1
• Bewertete Restnutzungsdauer	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Erwartetes Nutzungsende	Jahr 2030

### Präzisierungen zum Zustand gemäss Workshop mit dem AfBN vom 25.5.2018

Eine Grundreinigung der Klappen erfolgte nach 10 Jahren Betrieb im Jahr 2012. Um den dadurch erreichten, guten Reinigungszustand dauerhaft zu gewährleisten, werden seitdem pro Jahr ein Drittel der Klappen mit Trockeneis gereinigt. Die Wahl des Reinigungsmittels fiel auf Trockeneis, weil die Gleitlager der Klappen nicht nass werden dürfen.

Weiterhin werden die Klappen jährlich vom Sirocco gewartet und ihre Funktion kontrolliert. Zum heutigen Zeitpunkt sind die Klappen generell in einem guten Zustand (gemäss Wartungsbericht Sirocco aus dem Jahr 2017 [13]) und weisen motorensseitig noch eine hohe Drehmomentreserve von rund 40% auf [14]. Die Restnutzungsdauer der Lager und Buchsen kann dennoch gemäss Aussage von Sirocco (Telefonat mit Herrn Pruckmayer vom 28.5.2018) nicht präzise vorhergesagt werden. Wenn es einmal zu einem Einbruch der Lagerleistungsfähigkeit kommt, geht die Restnutzungsdauer erfahrungsgemäss rapide zurück. Aus vergleichbaren Projekten (Arlbergtunnel, San Bernardino Tunnel) ist bekannt, dass eine Gesamtrevision von Abluftklappen häufig nach rund 15 bis 20 Betriebsjahren durchgeführt wird, um die Klappen für weitere 10-15 Jahre zuverlässig zu ertüchtigen.

Die Antriebe der Klappen sind Auma-Motoren der ersten Generation. Gemäss Hersteller sind jedoch noch Ersatzteile und Support für mindestens weitere 10 Jahre gesichert [12], so dass eine Erneuerung dieser Antriebe nicht erforderlich werden sollte.

Es stehen 3 Reserveklappen zur Verfügung.

### **3.1.2.6 Krananlagen, Tore und Schachtbahnen**

Diese Anlagenteile werden im Dossier D-8 Nebenanlagen behandelt.

## **3.2 Prognose**

### **3.2.1 Tunnelventilatoren Nordisk**

Die Installation und die Inbetriebnahme der Tunnelventilatoren erfolgten im Jahre 1980. Seit 1991 werden die Ventilatoren auf Grundlage einer detaillierten Revisionsplanung [3], [4], welche sich auf die jahrzehntelange Betriebserfahrung mit den Ventilatoren abstützt, präventiv instandgehalten, um ihren gesicherten Betrieb zu gewährleisten und schadensbedingte kurative Instandsetzungen auf ein Minimum zu begrenzen.

Folgende Intervalle werden eingehalten:

- Nebenrevisionen:
  - Zuluftventilatoren im Haupttunnel            alle 2 Jahre
  - Abluftventilatoren im Haupttunnel           alle 2 Jahre
  - Ventilatoren im Vortunnel                    alle 3 Jahre
- Instandsetzungen:
  - Zuluftventilatoren                            alle 60'000 Betriebsstunden
  - Abluftventilatoren                            alle 60'000 Betriebsstunden
  - Auf Grund der Erfahrungen finden Instandsetzungen alle 9 bis 11 Jahre statt.

Das AfBN verfügt im Werkhof Flüelen über die notwendige Kapazität für 3 bis 4 Instandsetzungen pro Jahr. Der dritte Instandsetzungszyklus seit 1991 endet gemäss der Revisionsplanung im Winter 2019/2020 mit dem Z1. Ab 2020 läuft der vierte Instandsetzungszyklus, beginnend mit dem Z9 an und dauert mindestens rund 5 Jahre.

Die Restnutzungsdauer, nach einer vierten Instandstellung, beträgt circa 9-11 Jahre. Auf Grundlage der folgenden, hypothetischen Instandhaltungsplanung ab 2024, welche die Kapazität des Werkhofs berücksichtigt, können alle Tunnelventilatoren dann gesichert bis mindestens 2030 weiterbetrieben werden, wenn die Instandsetzungen bis 2026 fortgeführt werden. In der Aufstellung in Tab. 3.4 sind die bereits geplanten Instandsetzungen (bis Ende 2023 [4]) in Rot vermerkt, zusätzlich erforderliche Instandsetzungen bis Ende 2026 sind hingegen in Blau eingetragen.

Die Nebenrevisionen sind in den oben angeführten Intervallen von 2 bzw. 3 Jahren bis 2028 fortzuführen, um die Restnutzungsdauer bis 2030 zu gewährleisten.

Die bei den geplanten Instandhaltungsarbeiten benötigten Ersatzteile können via Ersatzteilkhaltung sichergestellt werden. Für jeden Ventilortyp ist ein kompletter Schaufelsatz als Ersatz vorhanden. Es handelt sich insgesamt um 10 Sätze, welche aus heutiger Sicht als ausreichend erachtet werden. Diese Schaufelsätze beinhalten neben den eigentlichen Schaufeln auch die Schaufelholme, welche heute an den Lagersitzen Abnutzungserscheinungen aufweisen. Wenn unbedingt erforderlich, lassen sich Schaufelsätze auch nachfertigen. Vor einigen Jahren wurde beispielsweise ein Ersatzschaufelsatz für 120'000€ bezogen.

Die Motorwicklungen werden regelmässig geprüft. Aus heutiger Sicht wird keine Neuwicklung absehbar erforderlich (die Kosten lägen bei rund 70'000 bis 100'000 CHF).

Bei unvorhersehbaren Defekten an den Ventilatoren müssen unter Umständen Ersatzteile innerhalb kurzer Zeit ausgetauscht werden können. Falls diese Ersatzteile nicht im eigenen Ersatzteillager sind und es um Teile mit langen Lieferfristen geht, müsste im Notfall auf einen Reserveventilator zurückgegriffen werden können. Dies ist möglich, falls der Reserveventilator nicht an Stelle eines instandzusetzenden Ventilators bereits im Einsatz ist.

Bei den Ventilatorklappen treten vermehrt Undichtigkeiten auf, welche bei den Abluftventilatoren problematisch werden können. Es wird davon ausgegangen, dass zumindest 2 Abluftventilatorklappen bis 2025 saniert werden müssen.

Ventila- tor	Betriebs- stunden bis 1.5.2018	1.Instand- setzung	2.Instand- setzung	3.Instandset- zung	4.Instand- setzung	Ende der Nut- zungsdauer
Z1	57'450 h	1997	2008	2019/2020		2030
Z11	45'760 h	1994	2004	2017	2025	2035
Z2	208'779 h	1992	2001	2011	2021	2031
Z3	241'634 h	1991	2000	2011	2021	2031
Z4	213'762 h	1991	2002	2014	2024	2034
Z5	236'750 h	1991	2000	2012	2022	2032
Z6	220'833 h	1990	2000	2010	2020	2030
Z7	241'954 h	1990	1999	2011	2020/2021	2031
Z8	250'419 h	1991	2001	2013	2024	2034
Z9	287'839 h	1990	1998	2010	2020	2030
Z10	209'602 h	1992	2002	2013	2024	2034
Y1	35'774 h	1994	2004	2017	2026	2036
Y11	1'877 h	2017	-	-		2030
Y2	135'456 h	1997	2007	2018/2019		2030
Y3	223'864 h	1993	2003	2012	2021/2022	2032
Y4	182'093 h	1993	2003	2014	2024/2025	2035
Y5	168'895 h	1993	2003	2016	2026	2036
Y6	183'352 h	1994	2004	2016	2025	2035
Y7	178'878 h	1992	2002	2015	2025	2035
Y8	172'609 h	1994	2005	2016	2026	2036
Y9	121'518 h	1992	2002	2012	2023	2033
Y10-1	62'661 h	2017	2023	-		2030
Y10-2	30'285 h	2013	2023	-		2030
Y10-3	47'195 h	2018	-	-		2030
RZ3	21'882 h	2003	2018	-		2030
RZ6	21'016 h	2000	2009	-		2030
RZ8	17'392 h	1994	2006	2018		2030

Tab. 3.4: Betriebsstunden und Instandsetzungen der Tunnelventilatoren inkl. Vorschlag bis 2026

### 3.2.2 Ventilatoren Howden

Die Abluftventilatoren in der Lüftungszentralen Airolo wurden im Jahre 2006 geliefert und eingebaut. Ebenfalls zum Lieferumfang gehörte ein Reserveventilator.

Diese Ventilatoren sind alle 5 Jahre bzw. 40'000 Betriebsstunden instand zu setzen [4].

Auf Basis der heutigen Instandsetzungsplanung können die Ventilatoren bis 2030 in Betrieb gehalten werden (Tab. 3.4).

### 3.2.3 Hilfseinrichtungen: Hydraulik/Schmieröl Nordisk

Die Installation und die Inbetriebnahme der Hilfseinrichtungen der Tunnelventilatoren erfolgte im Jahre 1980. Die Restnutzungsdauer nach einer Revision der Aggregate in den nächsten 3 Jahren beträgt wie für die Ventilatoren noch circa 10 Jahre, so dass eine Nutzung bis 2030 gewährleistet werden kann.

### **3.2.4 Hilfseinrichtungen: Hydraulik Howden**

Die Installation und die Inbetriebnahme der Hilfseinrichtungen der Abluftventilatoren in der Lüftungszentrale Airolo fanden im Jahr 2006 statt. Wie für die Ventilatoren kann mit einer Nutzungsdauer bis mindestens 2030 gerechnet werden, wenn eine Revision der Aggregate bis 2025 erfolgt.

### **3.2.5 Lüftungsklappen**

Die Lüftungsklappen inklusive der elektrischen Antriebsmotoren wurden im Jahre 2001 geliefert, eingebaut und im Jahre 2002 in Betrieb genommen. Es kann mit einer Nutzungsdauer von 30 Jahren gerechnet werden [1] und der nächste Ersatz wäre im Jahre 2031 vorzusehen.

Um einer verstärkten Abnutzung von Abluftklappen in den Portalbereichen und anderen belasteten Abschnitten des Tunnels gerecht zu werden, wird eine Gesamtrevision von bis zu 30% der Abluftklappen in den Jahren 2020 bis 2025 für erforderlich erachtet (ca. 12 Stück pro Jahr). Im Rahmen dieser Sanierung werden folgende Tätigkeiten angesetzt:

- Ersatz der Aussenlager komplett mit Buchsen und Dichtung,
- Erneuerung der Wellenstummel,
- Austausch der Lagerbuchsen der Mittellager,
- Ersatz der seitlichen Dichtleisten.

Diese Arbeiten machen jeweils den Ausbau der Abluftklappe erforderlich.

### **3.2.6 Krananlagen, Tore und Schachtbahnen**

Diese Anlagenteile werden im Dossier D-8 Nebenanlagen behandelt.

### 3.2.7 Zusammenfassung des Zustands und der Restnutzungsdauer

BSA Anlagenteil	Hersteller	IBS Jahr	Nutzungs- dauer Jahre ge- mäss [1]	Ende Nutzungs- dauer ge- mäss [1]	Info Hersteller/ Lieferant /AfBN	Prognosti- ziertes Nut- zungsende	Zustand gemäss AfBN
Tunnelventilatoren Zuluft	Nordisk	1980	30	2010	vierte Instand- setzung im Zeit- raum 2020-2026	2030-2036	3
Tunnelventilatoren Abluft	Nordisk	1980	30	2010	[3]vierte Instand- setzung im Zeit- raum 2020-2026	2030-2036	3
Abluftventilatoren LZ Airolo	Howden	2006	30	2036	Zweite Instand- setzung 2023	2030	3
Hydraulik/ Schmieröl	Nordisk	1980	30	2010	wie Tunnelventi- latoren	2030-2036	3
Hydraulik LZ Airolo	Howden	2006	30	2036		2036	3
Lüftungskappen	Sirocco/ Auma	2001	30	2031	Hersteller Auma- Antriebe, 15.01.2018 [12]: Ersatzteile und Support nächste 10 Jahre gewähr- leistet	2030	2

Tab. 3.5: Fahrraumlüftung – Zustand und Nutzungsdauer

### 3.3 Massnahmen & Kosten

Aufgrund der Beurteilungen und Zustandsprognosen ergeben sich folgende Massnahmen und Kosten für den Erhalt der Lüftung GST bis 2030:

Massnahmenbeschreibung	Zeitraum	Anzahl	Einzelpreis exkl. MwSt. [CHF]	Gesamtpreis exkl. MwSt. [CHF]
Zulüfter - Gesamtrevision Hydraulik + Schmieröl (Pumpen, Sensorik, Schläuche etc.)	bis 2025	11	20'000	220'000
Ablüfter - Gesamtrevision Hydraulik + Schmieröl (Pumpen, Sensorik, Schläuche etc.)	bis 2025	12	19'000	228'000
Sanierung Ventilatorklappen, eventuell bei Ablüftern erforderlich, wenn die Undichtigkeiten zu gross werden (Sandstrahlen, Beschichten, Einstellen)	bis 2025	2	30'000	60'000
Abluftklappen: Gesamtrevision von 30% der Klappen	2020 bis 2025, 12 Stk pro Jahr	60	8'000	480'000
<b>Gesamtkosten exkl. MwSt [CHF]</b>				<b>988'000</b>

Tab. 3.6: Massnahmen und Kosten für den Erhalt der Fahrraumlüftung

In dieser Aufstellung nicht enthalten sind die laufenden Instandsetzungen und Nabenrevisionen an den Tunnelventilatoren, da diese durch die globale Entschädigung des AfBN abgedeckt werden und somit keine Kostenrelevanz für die Projektgenerierung haben [18].

### 3.4 Risikobeurteilung

Nachfolgend werden die technischen Risiken beurteilt.

Die Risikobewertung erfolgt mittels eines Risiko-Indexes, welcher sich als Produkt aus der Eintrittswahrscheinlichkeit und dem Schadenausmass bei Störung ergibt:

- Bewertungen der Eintrittswahrscheinlichkeit:

1 = Niedrig  
2 = Mittel  
3 = Hoch

- Bewertungen des Schadenausmasses:

1 = Niedrig  
2 = Mittel  
3 = Hoch

Risikofaktor	Wahrscheinlichkeit			Bemerkungen	Massnahmen	Zuständigkeiten
	Eintritt	Schaden	Produkt (Index)			
Ereignis im Tunnel beschädigt einen Abluftventilator.	1	3	3	Risiko besteht bei einem Brand in LZ-Nähe, insbesondere wenn die Branddauer 2 Stunden überschreitet.	Schneller und effizienter Löschein-satz; Im Schadensfall Einbau eines Reserveventilators	Schadenswehr; AfBN
Ereignis im Tunnel beschädigt Abluftklappen.	1	2	2	Es stehen drei Reserveklappen zur Verfügung.	Die beschädigten Klappen werden repariert oder Reserveklappen eingebaut	AfBN
Eine Ventilatorklappe ist defekt.	1	2	2	Es stehen keine kompletten Reserveklappen zur Verfügung.	Die Klappe wird manuell geschlossen bzw. der Kanal wird mittels Steckscheibe verschlossen. Die Klappenreparatur bei einem Abluftventilator muss unmittelbar erfolgen, da während der Unverfügbarkeit nur einseitig abgesaugt werden kann (analog zur Nabenrevision)	AfBN
Ventilator-Ersatzteile stehen bei unvorhergesehenen Defekten nicht zur Verfügung.	1	2	2	Es kann sich z.B. um einen Motorschaden handeln.	Einbau eines Reserveventilators, umgehende Reparatur des defekten Ventilators.	AfBN

Tabelle 1: Risiken Fahrraumlüftung



## 4 SISTO-Lüftung

### 4.1 Beschrieb und Beurteilung

#### 4.1.1 Beschrieb

##### 4.1.1.1 Allgemein

Die SISTO-Lüftung erfolgte seit der Inbetriebnahme des Tunnels im Jahr 1980 bis 2013 durch die Ventilatoren VX100 und VX200 in der unterirdischen Lüftungszentrale Guspisbach. Die Zuluft wird dort dem Schacht Guspisbach entnommen. Im Jahr 2013 wurde diese beiden Ventilatoren durch den neuen Ventilator VXM mit 2 Drehzahlen und Schaufelverstellung ersetzt.

Ein dritter Notventilator in Guspisbach mit Batteriebetrieb wurde schon im Jahr 2004 demontiert, da seit diesem Zeitpunkt die Redundanz der SISTO-Lüftung im Ereignisfall durch zwei zusätzliche Portalventilatoren sichergestellt wird (VXN in Göschenen und VXS Airolo), welche heute insbesondere dann in Betrieb genommen werden, wenn der VXM ausfällt bzw. nicht verfügbar ist und wenn die Aussentemperaturen ausreichend hoch sind, um energieoptimiert über die Portale lüften zu können, ohne Frostprobleme zu verursachen.

##### 4.1.1.2 SISTO-Lüftungsanlage in LGU

In der Lüftungszentrale Guspisbach befindet sich der Axialventilator VXM mit den folgenden Hauptdaten:

Ventilator	VXM
Einsatz	Normalbetrieb & Ereignisbetrieb
Inbetriebnahmejahr	2013
Hersteller	Howden Ventilatoren GmbH
Typ	150 ZN + 3 HME
Aussendurchmesser Laufrad	1500 mm
Länge	ca. 5000 mm
Drehzahl Stufe 1/Stufe 2	745 / 1485 min <sup>-1</sup>
Schaufelverstellung im Lauf	vorhanden
Installierte Leistung	310 / 45 kW
Motorspannung	400 V
Luftmenge	max. 50 m <sup>3</sup> /s
Totaldruckerhöhung	max. 5065 Pa
Absperrklappe	2130 x 2130 mm

##### 4.1.1.3 Redundante SISTO-Lüftungsanlage an den Tunnelportalen

An jedem SISTO-Portal befindet sich jeweils über der Schleuse ein Axialventilator. In Airolo erfolgt die Zuluftzuführung durch den „Vortunnel“ Bereich des SISTO, während in Göschenen die Ansaugung direkt von aussen von statten geht. Die Axialventilatoren sind mit direktem Antrieb und Nachleitwerk ausgestattet. Die beiden Axialventilatoren weisen folgende Hauptdaten auf:

Ventilator	VXS und VXN
Einsatz	Normalbetrieb & Ereignisbetrieb
Inbetriebnahmejahr	2004
Hersteller	TLT –Turbo GmbH
Typ	AXN 12/56/1120/D
Aussendurchmesser Laufrad	1120 mm
Länge	ca. 3000 mm
Drehzahl Stufe 1/Stufe 2	980 / 1480 min <sup>-1</sup>
Schaufelverstellung im Lauf	Nicht vorhanden
Installierte Leistung	70 / 25 kW
Motorspannung	400 V
Luftmenge und Leistung	Stufe 1: 1 x 17 = 34 m <sup>3</sup> /s, 2 x 15 kW Stufe 2: 2 x 26 = 52 m <sup>3</sup> /s, 2 x 51 kW
Totaldruckerhöhung	Stufe 1: 614 Pa Stufe 2: 1400 Pa
Absperrklappe	Durchmesser 1415 mm

#### 4.1.1.4 Reserveventilatoren

Für die SISTO-Lüftungsanlagen stehen keine Reserveventilatoren zur Verfügung.

#### 4.1.1.5 Betriebsstunden und Instandsetzungen

Die SISTO-Ventilatoren weisen heute folgende Betriebsstunden und Instandsetzungsintervalle auf (Stand 1.5.2018) [17]:

Ventilator	Betriebsstunden	1. Instandsetzung	2. Instandsetzung	3. Instandsetzung
VXN	26'926 h	2015	-	-
VXS	27'102 h	2015	-	-
VXM	20'650 h	2018	-	-

Tab. 4.1: Betriebsstunden und Instandsetzungen der SISTO-Ventilatoren [17]

### 4.1.2 Beurteilung

#### 4.1.2.1 Ventilatoren Portalzentralen SISTO

Die Ventilatoren in den beiden Portalzentralen des SISTO wurden im Jahre 2004 installiert und in Betrieb genommen.

Die Beurteilung durch das AfBN im Jahr 2017 lautete wie folgt [10]:

• Mechanischer Zustand	Gut, Z-KI 2
• Ersatzteilverfügbarkeit	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Supportverfügbarkeit	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Zuverlässigkeit, Leistung	Erfüllt, Z-KI 1
• Bewertete Restnutzungsdauer	Für mindestens 10 Jahre sichergestellt, Z-KI 1
• Erwartetes Nutzungsende	Jahr 2020/2021 (Demontage wegen 2TG)

#### 4.1.2.2 Ventilator LGU SISTO

Der Ventilator VXM des SISTO in LGU wurde im Jahr 2013 installiert und in Betrieb genommen. Der Ventilator wird 2019 im Rahmen einer Ersatzvornahme erneuert oder seine Betriebsbedingungen (Einbausituation, Anströmung) werden optimiert, nachdem er gravierende Mängel aufgewiesen hatte. Die Abklärungen diesbezüglich sind zurzeit am Laufen.

Die Beurteilung durch das AfBN lautete 2017 wie folgt [10]:

• Mechanischer Zustand	Kritisch, Z-KI 4 Lagerschäden Frühstadium, hohe Schwingungen
• Ersatzteilverfügbarkeit	Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3
• Supportverfügbarkeit	Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3
• Zuverlässigkeit, Leistung	Teilweise erfüllt, Z-KI 3 undefinierbare Geräusche
• Bewertete Restnutzungsdauer	Für 2 Jahre sichergestellt, Z-KI 4
• Erwartetes Nutzungsende	Jahr 2038

Die Abschlussklappe des VXM wurde 2016 erneuert, nachdem die 2013 installierte Klappe erhebliche Korrosionsprobleme aufwies. Die nun installierte Klappe ist in nichtrostenden Edelstahl ausgeführt.

#### 4.1.2.3 Hilfseinrichtungen: Hydraulik

Die Ölhydraulikanlage für die Schaufelverstellung des Ventilators VXM in LGU ist seit dem Jahr 2013 in Betrieb und wird laufend unterhalten und revidiert.

## 4.2 Prognose

### 4.2.1 Ventilatoren Portalzentralen SISTO

Die Installation und Inbetriebnahme der Portalventilatoren wurde im Jahre 2004/05 abgeschlossen. Die Ventilatoren haben eine Lebensdauer von circa 30 Jahren [1] und sind alle 10 Jahre instand zu setzen [4]. Die letzte Instandsetzung beider Maschinen erfolgte 2015.

Die zweite Röhre des Gotthard-Strassentunnels wird ab ca. 2021 ab den Portalen aufgefahren. Die Portalzentralen des SISTO werden zu diesem Zeitpunkt abgebrochen und stehen dann nicht mehr zur redundanten SISTO-Lüftung zur Verfügung.

Auf Basis der heutigen Instandsetzungsplanung können die Ventilatoren bis zu ihrer Demontage in 2020/2021 Betrieb gehalten werden [4].

#### 4.2.2 Ventilatoren LGU SISTO

Die Installation und Inbetriebnahme des Ventilators VXM in LGU wurde im Jahre 2013 abgeschlossen. Der Ventilator hat eine Lebensdauer von circa 30 Jahren [1] und ist alle 5-7 Jahre zu revidieren [4]. Im Rahmen der 2019 vorgesehenen Ventilatorerneuerung bzw. Optimierung findet auch eine Instandsetzung des Gesamtsystems statt.

Ab 2020/2021 mit Beginn der Bauarbeiten der zweiten Röhre stehen die redundanten SISTO-Lüfter an den Portalen nicht mehr zur Verfügung. Um die Redundanz der SISTO-Lüftung auch während der Bauarbeiten des 2TG aufrecht zu erhalten, muss gemäss dem AP+ des 2TG in LGU ein zweiter Ventilator VXM installiert werden [19].

#### 4.2.3 Hilfseinrichtungen: Hydraulik

Die Installation und die Inbetriebnahme der Hydraulik des Ventilators VXM in LGU erfolgt im Jahr 2013. Wie für den Ventilator kann mit einer Nutzungsdauer von 30 Jahren gerechnet werden.

#### 4.2.4 Zusammenfassung des Zustands und der Restnutzungsdauer

BSA Anlagenteil	Hersteller	IBS Jahr	Nutzungsdauer Jahre gemäss [1]	Ende Nutzungsdauer gemäss [1]	Info Hersteller/Lieferant /AfBN	Prognostiziertes Nutzungsende	Zustand gemäss AfBN
Ventilatoren SISTO, Portal	TLT	2004	30	2034		2020/ 2021	2
Ventilator SISTO, LGU	Howden/ Zitron	2013/ 2019	30	2049	Ventilatorerneuerung 2019	2049	4 vor Ersatz/Optimierung
Hydraulik SISTO, LGU	Howden	2013	30	2043		2038	

Tab. 4.2: SISTO-Lüftung – Zustand und Nutzungsdauer

### 4.3 Massnahmen & Kosten

Aufgrund der Beurteilung ist die Montage eines zweiten, redundanten SISTO-Lüfters in LGU erforderlich, welcher ab 2020/2021 mit Aufnahme der Bauarbeiten des 2TG zur Verfügung stehen muss.

Die bestehenden SISTO-Lüfter VXS und VXM sind 2020/2021 rückzubauen.

Massnahmenbeschreibung	Zeitraum	Anzahl	Einzelpreis exkl. MwSt. [CHF]	Gesamtpreis exkl. MwSt. [CHF]
Lieferung und Montage eines zweiten VXM in LGU zur Redundanzschaffung während der Bauphase 2TG	bis 2020	1	900 000	900 000
Demontage VXS und VXM	2020/2021	2	100 000	200 000
<b>Gesamtkosten exkl. MwSt [CHF]</b>				<b>1 100 000</b>

Tab. 4.3: Massnahmen und Kosten für den Erhalt der SISTO-Lüftung

In dieser Aufstellung nicht enthalten sind die laufenden Instandsetzungen an den SISTO-Ventilatoren, da diese durch die globale Entschädigung des AfBN abgedeckt werden und somit keine Kostenrelevanz für die Projektgenerierung haben [18].

## 4.4 Risikobeurteilung

Nachfolgend werden die technischen Risiken beurteilt.

Die Risikobewertung erfolgt mittels eines Risiko-Indexes, welcher sich als Produkt aus der Eintrittswahrscheinlichkeit und dem Schadenausmass bei Störung ergibt:

- Bewertungen der Eintrittswahrscheinlichkeit:

1 = Niedrig  
2 = Mittel  
3 = Hoch

- Bewertungen des Schadenausmasses:

1 = Niedrig  
2 = Mittel  
3 = Hoch

Risikofaktor	Wahrscheinlichkeit			Bemerkungen	Massnahmen	Zuständigkeiten
	Eintritt	Schaden	Produkt (Index)			
Der heutige VXM versagt z.B. aufgrund der Motorprobleme	1	2	2	Der VXM wird 2019 aufgrund von Motorproblemen im Rahmen einer Ersatzvornahme erneuert bzw. optimiert. Eine eventuelle Erneuerung kann bis zu circa 12 Monate beanspruchen.	Während der Unverfügbarkeit wird der SISTO über die Portalventilatoren belüftet. Der VXM ist umgehend zumindest provisorisch wiederherzustellen.	AfBN
Während der Bauphase 2TG wird der SISTO ausschliesslich über LGU belüftet. Zum Zeitpunkt der Anbindung des 2TG an den bestehenden Lüftungsschacht steht die SISTO-Lüftung kurzfristig nicht zur Verfügung	3	1	3	Während der Schachtanbindung 2TG ist der 1TG zu sperren oder es sind ausreichende, kompensierende Massnahmen vorzusehen.	Die Schachtanbindungsarbeiten sind so kurz wie möglich zu gestalten und idealerweise während ohnehin erforderlichen Sperrnächten durchzuführen.	ASTRA

Tabelle 2: Risiken SISTO-Lüftung

## 5 Lüftungssensorik

### 5.1 Beschrieb und Beurteilung

#### 5.1.1 Beschrieb

Die Lüftungssensorik wurde in den Jahren 2006/07 erneuert, um den Anforderungen der Lüftungssteuerung und neuen Funktionen gerecht zu werden. Sie wurde als Subsystem der Lüftungssteuerung konzipiert und umfasst 19 Messprofile im Tunnel mit den Messwerten von Kohlenmonoxid CO, der Sichttrübung ST, der Windmessung WM, des atmosphärischen Drucks P und der Temperatur TE. Weitere Messsonden befinden sich in den Lüftungskaminen sowie in den Aussenbauwerken. Sie dienen zum Erfassen der klimatischen Randbedingungen, welche direkt einen Einfluss auf die Tunnellüftung haben. Gemessen werden auch die Druckbedingungen zwischen dem Fahrraum und den Schutzräumen sowie die absoluten Umgebungsdrücke an den Portalen. Die Druckverhältnisse im Sicherheitsstollen werden zur Steuerung der SISTO – Ventilation benötigt.

#### 5.1.2 Beurteilung

Die Anlagen wurden im Jahre 2007 in Betrieb genommen und im Jahre 2009 als Subsystem in die Lüftungssteuerung integriert.

##### 5.1.2.1 Strömungsmessgeräte: Staudruckrohre

Die Beurteilung durch das AfBN im Jahr 2017 lautete wie folgt [10]:

- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| • Mechanischer Zustand         | keine Angabe                       |
| • Ersatzteilverfügbarkeit      | Für 5 Jahre sichergestellt, Z-KI 2 |
| • Supportverfügbarkeit         | Für 5 Jahre sichergestellt, Z-KI 2 |
| • Zuverlässigkeit, Genauigkeit | Erfüllt, Z-KI 1                    |
| • Bewertete Restnutzungsdauer  | Für 5 Jahre sichergestellt, Z-KI 2 |
| • Erwartetes Nutzungsende      | 2023 gemäss Verfügbarkeit          |

##### 5.1.2.2 Strömungsmessgeräte: Temperatur- und Druckmessungen

Die Beurteilung durch das AfBN im Jahr 2017 lautete wie folgt [10]:

- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| • Mechanischer Zustand        | Gut, Z-KI 2                                |
| • Ersatzteilverfügbarkeit     | Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3         |
| • Supportverfügbarkeit        | Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3         |
| • Zuverlässigkeit,            | Alarmierend, Z-KI 5                        |
|                               | viele Störungen, Reparatur dauert 2 Monate |
| • Bewertete Restnutzungsdauer | Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3         |
| • Erwartetes Nutzungsende     | 2021 gemäss Verfügbarkeit                  |

##### 5.1.2.3 Sichttrübungsmessgeräte

Die Beurteilung durch das AfBN im Jahr 2017 lautete wie folgt [10]:

• Mechanischer Zustand	Schadhaft, Z-KI 3
	Dosen Grobfilter beschädigt
• Ersatzteilverfügbarkeit	Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3
• Supportverfügbarkeit	Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3
• Zuverlässigkeit,	Erfüllt, Z-KI 1
• Bewertete Restnutzungsdauer	Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3
• Erwartetes Nutzungsende	2021 gemäss Verfügbarkeit

#### 5.1.2.4 CO-Messgeräte

Die Beurteilung durch das AfBN im Jahr 2017 lautete wie folgt [10]:

• Mechanischer Zustand	keine Angabe
• Ersatzteilverfügbarkeit	Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3
• Supportverfügbarkeit	Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3
• Zuverlässigkeit,	Alarmierend, Z-KI 5
	viele Störungen, Reparatur dauert 2 Monate, Teile nicht mehr erhältlich
• Bewertete Restnutzungsdauer	Für 3 Jahre sichergestellt, Z-KI 3
• Erwartetes Nutzungsende	2021 gemäss Verfügbarkeit

## 5.2 Prognose

Die letzte Gesamterneuerung der Lüftungssensorik wurde im Jahre 2007 durchgeführt. Bei derartigen Anlagenteilen kann in der Regel mit einer Lebensdauer von rund 15 Jahren gerechnet werden [1].

Auf Basis der zuvor angeführten Zustandsbeurteilung des AfBN hat dieser Zeithorizont in etwa auch im Gotthard-Strassentunnel seine Gültigkeit. Eine Gesamterneuerung der Lüftungssensorik wird deshalb in ca. 3 Jahren ab 2021 erforderlich.



BSA Anlagenteil	Hersteller	IBS Jahr	Nutzungsdauer Jahre gemäss [1]	Ende Nutzungsdauer gemäss [1]	Info Hersteller/ Lieferant /AfBN	Prognostizierte Erneuerung	Zustand gemäss AfBN
Strömungsmessgeräte	Schiltknecht	2007	15	2022	Hersteller 13.12.2017 [11]: Ersatzteile und Support ca. 5 Jahre und darüber hinaus gewährleistet	2021 (TE+P)	5
Sichttrübungsmessgeräte	Sigrist	2007	15	2022		2021	3
CO-Messgeräte	Sick-Maihak	2007	15	2022		2021	5
Portalbarometer	Vaisala	2007	15	2022			Keine Angabe
Differenzdruck SISTO	Jumo	2007	15	2022			Keine Angabe

Tab. 5.1: Lüftungssensorik – Zustand und Nutzungsdauer

### 5.3 Massnahmen & Kosten

Die zu erneuernden messtechnischen Komponenten und die damit verbundenen Kosten sind nachfolgend zusammengestellt. Diese Zusammenstellung beinhaltet nicht die Steuerung und Visualisierung der Lüftungssensorik, da die Lüftungssteuerung nicht Gegenstand des vorliegenden Berichtes ist und separat behandelt wird.

Beschreibung	Zeitraum	Anzahl	Einzelpreis exkl. MwSt. [CHF]	Gesamtpreis exkl. MwSt. [CHF]
Strömungsmessgeräte (Messquerschnitt)	bis 2021	19	30'000	570'000
Sichttrübungsmessung	bis 2021	19	25'000	475'000
CO-Messung	bis 2021	19	20'000	380'000
Portalbarometer	bis 2021	2	10'000	20'000
Druckmessung SISTO	bis 2021	6	2'000	12'000
<b>Gesamtkosten exkl. MwSt [CHF]</b>				<b>1'457'000</b>

Tab. 5.2: Massnahmen &amp; Kosten bzgl. der messtechnischen Komponenten der Lüftungssensorik

### 5.4 Risikobeurteilung

Nachfolgend werden die technischen Risiken beurteilt.

Die Risikobewertung erfolgt mittels eines Risiko-Indexes, welcher sich als Produkt aus der Eintrittswahrscheinlichkeit und dem Schadenausmass bei Störung ergibt:

- Bewertungen der Eintrittswahrscheinlichkeit:

1 = Niedrig  
2 = Mittel  
3 = Hoch

- Bewertungen des Schadenausmasses:

1 = Niedrig

2 = Mittel  
3 = Hoch

<b>Risikofaktor</b>	<b>Wahrscheinlichkeit</b>			<b>Bemerkungen</b>	<b>Massnahmen</b>	<b>Zuständigkeiten</b>
	<b>Eintritt</b>	<b>Schaden</b>	<b>Produkt (Index)</b>			
Strömungsmessgeräte fallen infolge eines Ereignisses oder von Defekten aus	2	1	2	Die Strömungsgeschwindigkeit wird mittels einer Volumenstrombilanz über den ganzen Tunnel bestimmt. Der Ausfall einzelner Messgeräte ist unkritisch.	Ausgefallene Messgeräte werden inhibiert, Messgeräte werden ersetzt.	AfBN
ST-Messgeräte fallen infolge eines Ereignisses oder von Defekten aus	2	1	2	Ersatzwertbestimmungen bzw. Lüftungsreaktionen sind in der Lüftungssteuerung hinterlegt.	Ausgefallene Messgeräte werden inhibiert, Messgeräte werden ersetzt.	AfBN
CO-Messgeräte fallen infolge eines Ereignisses oder von Defekten aus	2	1	2	Ersatzwertbestimmungen bzw. Lüftungsreaktionen sind in der Lüftungssteuerung hinterlegt.	Ausgefallene Messgeräte werden inhibiert, Messgeräte werden ersetzt.	AfBN
Ein Portalbarometer fällt infolge eines Defektes aus	1	1	1	Die Messwerte sind rein informativ	Ausgefallene Messgeräte werden inhibiert, Messgeräte werden ersetzt.	AfBN
Eine SISTO-Druckmessung fällt infolge eines Defektes aus	1	2	2	Es bestehen drei Messstellen, jedoch ohne Redundanz. Fällt ein Messgerät aus, ist der Überdruck nicht mehr automatisch gewährleistet.	Unmittelbarer, provisorischer Ersatz, Messgerät ersetzen.	AfBN

Tabelle 3: Risiken Lüftungssensorik

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Als Ergebnis der vorliegenden Beurteilung ergeben sich folgende, erforderliche Erhaltungsmassnahmen für die drei bewerteten Bereiche, welche sich insgesamt auf knapp 3.6 Millionen Schweizer Franken belaufen.

### 6.1 Tunnellüftung

Massnahmenbeschreibung	Zeitraum	Anzahl	Einzelpreis exkl. MwSt. [CHF]	Gesamtpreis exkl. MwSt. [CHF]
Zulüfter - Gesamtrevision Hydraulik + Schmieröl (Pumpen, Sensorik, Schläuche etc.)	bis 2025	11	20'000	220'000
Ablüfter - Gesamtrevision Hydraulik + Schmieröl (Pumpen, Sensorik, Schläuche etc.)	bis 2025	12	19'000	228'000
Sanierung Ventilatorklappen, eventuell bei Ablüftern erforderlich, wenn die Undichtigkeiten zu gross werden (Sandstrahlen, Beschichten, Einstellen)	bis 2025	2	30'000	60'000
Abluftklappen: Gesamtrevision von 30% der Klappen	2020 bis 2025, 12 Stk pro Jahr	60	8'000	480'000
<b>Gesamtkosten exkl. MwSt [CHF]</b>				<b>988'000</b>

### 6.2 SISTO-Lüftung

Massnahmenbeschreibung	Zeitraum	Anzahl	Einzelpreis exkl. MwSt. [CHF]	Gesamtpreis exkl. MwSt. [CHF]
Lieferung und Montage eines zweiten VXM in LGU zur Redundanzschaffung während der Bauphase 2TG	bis 2020	1	900 000	900 000
Demontage VXS und VXN	2020/2021	2	100 000	200 000
<b>Gesamtkosten exkl. MwSt [CHF]</b>				<b>1 100 000</b>

### 6.3 Lüftungssensorik

Beschreibung	Zeitraum	Anzahl	Einzelpreis exkl. MwSt. [CHF]	Gesamtpreis exkl. MwSt. [CHF]
Strömungsmessgeräte (Messquerschnitt)	bis 2021	19	30'000	570'000
Sichttrübungsmessung	bis 2021	19	25'000	475'000
CO-Messung	bis 2021	19	20'000	380'000
Portalbarometer	bis 2021	2	10'000	20'000
Druckmessung SISTO	bis 2021	6	2'000	12'000
<b>Gesamtkosten exkl. MwSt [CHF]</b>				<b>1'457'000</b>

## 7 REFERENZEN

- [1] Richtlinie ASTRA, Lüftung von Strassentunneln, Ausgabe 2008 – V2.03
- [2] Dokumentation ASTRA, Methodologie der Bewertung für die Zustandserfassung BSA, Erhaltungsplanung BSA, Ausgabe 2016 V1.00
- [3] Ernst Basler + Partner, Gotthard Strassentunnel, Programm der Ventilatoren-Instandsetzungen und Nebenrevisionen 1991 bis 2020, Stand 20. Januar 2006
- [4] AfBN, Gotthard Strassentunnel, Programm der Ventilatoren-Instandsetzungen und Nebenrevisionen 2006 bis 2023 (provisorisch), Stand 06.12.2017
- [5] INGE 25, EK Gotthard, Fachbereich BSA Gotthard-Strassentunnel, Situationsanalyse BSA TP GST, Dokumenten-Nr. 080082-0-1-400, 14.09.2009
- [6] AfBN, Schlussdokumentation KBU, Instandsetzung Stahlbauteile Schallschutzkulissee und Abschlussklappen LAI, Einzelmassnahme KBU E2010/2011, GE 11 – AfBN Werkhof 6454 Flüelen, 2011
- [7] AfBN, Schlussdokumentation KBU, Instandsetzung Stahlbauteile Schallschutzkulissee LGO, Einzelmassnahme KBU E2013, GE 11 – AfBN Werkhof 6454 Flüelen, 2013
- [8] Edy Toscano Engineering & Consulting, Erhaltungsplanung GE XI, Objekt-Nr. 56.509.3, Gotthardstrassentunnel, Bericht BSA, 2. Hauptinspektion 2015, 11.11.2015
- [9] Edy Toscano Engineering & Consulting, E-Mail von Daniele Christen (Toscano) an Uwe Drost (Lombardi) bzgl. Dokumentationsstand der Hauptinspektion 2015 vom 21.05.2018
- [10] AfBN, Zustandserfassung und Inventar 2017, Tabelle « ZE BSA GST Auswertung LUE.xlsx », Letzter Stand 13.03.2018
- [11] Schiltknecht Messtechnik AG, Support und Ersatzteilverfügbarkeit BSA-Anlagen Gotthard-Strassentunnel, E-Mail von Dr. Immo Reinhold (Schiltknecht) an Herrn Konrad Müller (AfBN) vom 13.12.2017
- [12] AUMA Riester GmbH & Co. KG, WG: LKL Antriebe Gotthardtunnel, E-Mail von Sven Türschmann (AUMA) an Herrn Marino Walker (AfBN) vom 15.01.2018
- [13] Sirocco, Wartungsbericht, Funktionskontrolle Teil 1 & Teil Gotthard Strassentunnel 2017, Ref. Kunde GST / KB27264, Order No.: 0170410, 23.11.2017
- [14] Sirocco, Gotthard Straßentunnel, E-Mail von Georg Pruckmayer (Sirocco) an Uwe Drost (Lombardi) bzgl. Abluftklappenzustand vom 28.05.2018
- [15] AfBN, Zustand Schalldämpfer GST, 2017
- [16] AfBN, Zustand Abschlussklappen bei den Ventilatoren GST, 2017
- [17] AfBN, Excelmappe - AL\_ZL\_SISTO Ablösung mit Stunden und Minuten.xlsx, inkl. Gesamtbetriebsstunden und Instandsetzungsjahren, Stand 1.5.2018
- [18] ASTRA Zofingen, E-Mail von Franz Hofer (ASTRA) an Uwe Drost (Lombardi) bzgl. der nicht zu berücksichtigten Revisionskosten der Ventilatoren vom 23.05.2018
- [19] ASTRA, Dossier AP+, Lüftungsbericht 2TG, Dokumentennummer 120043-2-11-400, Version 1.0, 29.03.2018

## **8      Anlage A – Detailliertes Lüftungsschema**

