



Auftraggeber

**SBB AG, Infrastruktur Energie**

Projekt

**Kraftwerk Wassen  
Maschinengruppe 1 – Umbau 2024**

Dokument

**Vorprojekt 2019**

Dokumentnummer

**016.31.5.00.0001**

Version / Erst.  
Datum

**F01 / 26.07.2019**

### Impressum

Auftraggeber	Auftragnehmer
SBB Infrastruktur	SBB Infrastruktur
Energie, Anlagenmanagement	Energie, Projekte & Engineering
Industriestrasse 1	Industriestrasse 1
3052 Zollikofen	3052 Zollikofen

### Dokumenteninformation

Projekt	Kraftwerk Wassen Maschinengruppe 1 – Umbau 2024
Dokument	Vorprojekt 2019
Projektnummer	016.31.5.00.0001
Dokumentenpfad	MG1 VP 2019.Docx

### Erstausgabe

	Datum	Kürzel	Visum
erstellt	05.10.2018	ZE / WK	
geprüft	26.01.2019	WK / ZE	
freigegeben	26.07.2019	TF	Auftragnehmer
geprüft	Datum		SBB
freigegeben	Datum		SBB

### Revisionsliste

Version	Seite(n)	Datum	Erstellt von (Kürzel/Visum)	Geprüft von (Kürzel/Visum)
		Datum		
		Datum		
		Datum		
		Datum		

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Bestehendes Kraftwerk.....</b>	<b>7</b>
3.1	Kraftwerksanlage.....	7
3.2	Heutiger Betrieb .....	13
3.3	Nachbarprojekte .....	14
<b>4</b>	<b>Beschreibung der Umbaumaßnahmen .....</b>	<b>16</b>
4.1	Elektromechanische Anlagen .....	16
4.1.1	Überblick.....	16
4.1.2	Francis-Turbine.....	16
4.1.3	Turbinenregler .....	19
4.1.4	Kugelschieber .....	19
4.1.5	Ersatz Druckregler .....	19
4.1.6	Bahnstromgenerator inkl. Erregung .....	19
4.1.7	Ölversorgungsanlage.....	22
4.1.8	Kühlwasseranlage.....	22
4.1.9	Druckluftanlage.....	23
4.2	Elektrotechnische Anlagen .....	23
4.2.1	Generatableitung .....	23
4.2.2	Maschinentransformator .....	23
4.2.3	Umbau Unterwerk und Netzanschluss .....	24
4.2.4	Eigenbedarfsanlage / Mittelspannungsanlage.....	26
4.2.5	Niederspannungs- und Gleichstromanlagen .....	26
4.2.6	Notstromversorgung .....	27
4.2.7	Schutz, Synchronisierung, Zählung.....	27
4.2.8	Leitsystem .....	28
4.3	Krananlagen / Hebezeuge.....	28
4.3.1	Maschinensaalkran .....	28
4.3.2	Andere .....	28
4.4	Haustechnische Anlagen .....	29
4.4.1	Heizung, Lüftung, Klima, Sanitär.....	29
4.4.2	Elektroinstallationen, Kommunikation, Überwachung, Beleuchtung .....	29
4.4.3	Baulicher Brandschutz .....	29
4.4.4	Brandlöschsysteme.....	29
4.4.5	Entwässerungsanlagen inkl. Ölabscheider.....	30
4.4.6	Erdungs- und Blitzschutzanlagen.....	30
4.5	Bauliche Massnahmen .....	30
4.5.1	Umbau Maschinenblock MG1 .....	30
4.5.2	Anpassung Transformatorenboden.....	31
4.5.3	Zusätzliche Brandschutzmassnahmen.....	32
4.5.4	Bauinstallation- und Lagerplätze .....	32
4.6	Altlasten und Schadstoffe .....	32
<b>5</b>	<b>Pendente Konzepte .....</b>	<b>33</b>

<b>6</b>	<b>Identifizierte Systeme.....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Terminplan und Produktionsausfall.....</b>	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>Kosten.....</b>	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>Wirtschaftlichkeit .....</b>	<b>36</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>37</b>
	<b>Anhang A - Masterterminplan .....</b>	<b>38</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Übersicht Reusskaskade.....	8
Abbildung 2: Beteiligte Firmen, Rotormontage ursprüngliche MG2.....	8
Abbildung 3: Maschinensaal mit MG1 im Vordergrund und dahinter MG2, Kran.....	9
Abbildung 4: Bauseitige Veränderungen beim Einbau der MG2 im Jahr 1992 .....	10
Abbildung 5: MG1 und bauliche Einhausung MG2 dahinter, UG-Zutritt auf Seite MG1 rechts .....	10
Abbildung 6: Bauliche Situation bei MG2 auf Generatorhöhe mit Querwand MG1/MG2 .....	10
Abbildung 7: Längsschnitt Maschinenhaus.....	11
Abbildung 8: Grundriss Maschinenhaus Kote 808.35.....	12
Abbildung 9: Verlauf der Volllaststunden der Maschinengruppen KW Wassen .....	13
Abbildung 10: Betrieb KW Wassen-Dauerkurve 2016-2018.....	14
Abbildung 11: Massbild Schnitt MG2 als Illustration .....	21
Abbildung 12: Massbild Grundriss MG2 als Illustration .....	22
Abbildung 13: Generelles Schema Freiluftschaltanlage mit KW Wassen .....	25
Abbildung 14: Leitungsführung Eigenbedarfseinspeisung.....	26
Abbildung 15: Prinzipschema Schutz, Synchronisierung, Messung MG2.....	27
Abbildung 16: Transportwagen für Ein- und Ausbau Turbinenlaufräder.....	28
Abbildung 17: Bestehende Inertgas-Generatorbrandlöschanlage.....	29

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Am Vorprojekt beteiligte Personen.....	6
Tabelle 2: Maschinendaten .....	9
Tabelle 3: Koten und Bauabmessungen der Maschinengruppenblöcke .....	13
Tabelle 4: Geplante Instandhaltungsarbeiten KW Wassen ohne Projektumbau 2024.....	14
Tabelle 5: Geplante Instandhaltungsarbeiten KW Wassen mit Projektumbau 2024 .....	15
Tabelle 6: Hydraulische Bedingungen für Grobauslegung neue Francis-Turbine .....	17
Tabelle 7: Umgebungsbedingungen .....	17
Tabelle 8: Design Parameter für neue Francis-Turbine.....	18
Tabelle 9: Design Parameter für neuen Generator.....	20
Tabelle 10: Daten der Maschinentransformatoren.....	24
Tabelle 11: Vorläufige Systemliste.....	34
Tabelle 12: Kostenschätzung.....	36

## 1 Einleitung

Die Studie 2018, [1] über den möglichen Weiterbetrieb der 50-Hz Maschinengruppe 1 im Wasserkraftwerk Wassen (KWWA) hat sowohl aus technischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht als Bestvariante einen Komplettersatz der bestehenden durch eine Bahnstrom-Maschinengruppe ergeben. Am 15. März 2019 hat das Führungsteam Energie der SBB das Umbauprojekt mit geschätzten Gesamtkosten von CHF 18.9 Mio. und die umgehende Erarbeitung des Vorprojektes freigegeben.

Die Anlagenkomponenten der Primärtechnik sind für die gewählte Umbauvariante bereits in der Studie 2018, [1] auf Niveau Vorprojekt erarbeitet. Die Ziele für das Vorprojekt wurden daher wie folgt festgelegt:

- (i) Schärfung der Anforderungen an die neue Maschinengruppe
- (ii) Einbezug von bereits geplanten Instandhaltungs- und von pendenten Ertüchtigungsmassnahmen
- (iii) Variantenstudium für die Erweiterung des Unterwerkes
- (iv) Abgrenzung und Vertiefung des Projektumfanges
- (v) Schärfung des Leistungsumfanges im Bauprojekt

Das KW Wassen bildet mit den Kraftwerken in Göschenen und Amsteg die Reusskaskade, welche insgesamt 40 % des Bahnstroms für die SBB produziert. Die jährliche Produktion des KWWA beträgt durchschnittlich 290 GWh. Das Kraftwerk ist damit ein wichtiger Pfeiler für die Bahnstromversorgung auf der Nord-Südachse.

Seit 1949 nutzt das KW Wassen mit einer heute installierten Leistung von 65 MVA das Wasser der Gotthard- und Meienreuss, des Rohrbachs sowie das durch die Kraftwerk Göschenen AG turbinierter Wasser für die Produktion von erneuerbarer Energie. Seit dem 1. Januar 2015 sind 90 % der Aktien der Kraftwerk Wassen AG im Besitz der SBB. Der Kanton Uri ist Besitzer der restlichen 10 %.

Ziel des geplanten Umbaus ist es, den wirtschaftlichen Betrieb der Maschinengruppe 1 (MG1) und damit auch den Betrieb der bestehenden Bahnstrom-Maschinengruppe 2 (MG2) mit möglichst hoher Verfügbarkeit bis zum Ende der wasserrechtlichen Konzession im Jahre 2043 sicherzustellen. Mit dem Umbau werden Investitionen getätigt, welche im Falle einer Konzessionserneuerung über das derzeitige Konzessionsende hinaus zum Tragen kommen.

Das vorliegende Vorprojekt wurde durch und/oder in Zusammenarbeit mit folgenden Personen erarbeitet:

Name	Organisation	Themen / Aspekte
Erwin Zraggen	SBB Energie, Projekte & Engineering	Elektromechanische & Elektrotechnische Anlagen
Kurt Wermelinger	SBB Energie, Projekte & Engineering	Bauliche Anlagen Projektleitung
Alfred Nager Bernhard Danioth Kari Epp	Betrieb KW Wassen	Anlageninformationen
Filippo Tomasini Jérémy Quivet	SBB Energie, Operatives Anlagenmanagement	Anlagenmanagement

Tabelle 1: Am Vorprojekt beteiligte Personen

## 2 Grundlagen

Vorprojekt basiert im Wesentlichen auf den folgenden Dokumenten:

- [1] SBB AG, Infrastruktur Energie: Kraftwerk Wassen, Maschinengruppe 1, Studie 2018; 016.21.5.00.0001, F01 / 22.01.2019.
- [2] SBB AG, Infrastruktur Energie: Kraftwerk Wassen – Anlagenanforderungsprofil, Projekt Maschinengruppe 1- Umbau 2024; Version F01, 15. Mai 2019.
- [3] Projekta AG: Kraftwerk Wassen AG, Massnahmenvorschläge für Brandschutzkonzept, Betriebsgebäude; Bericht-Nr. 2246B06, 23. Dezember 2015.
- [4] Hydro Exploitation: Zustands- und Risikoanalyse KW Wassen; Dokumentnr. SBB-RA-RMS-140324-1; 24.03.2014.
- [5] AF Consult Switzerland AG: UW Wassen / Freiluftschaltanlage, Variantenstudie; Version 1.1, 19.07.19.

Weiter wurden verschiedene Unterlagen aus den Anlagedokumentationen der Kraftwerke Wassen und Amsteg sowie heute gültige Vorschriften und Normen konsultiert. Falls als dienlich erachtet, sind entsprechende Referenzen im Berichtstext aufgeführt.

## 3 Bestehendes Kraftwerk

### 3.1 Kraftwerksanlage

Das KW Wassen nutzt das Gefälle zwischen dem Ausgleichsbecken Göschenen, Stauziel 1083.75 m ü.M. und dem Ausgleichsbecken Pfaffensprung, Stauziel 806.75 m ü.M. mittels zweier Maschinengruppen zur Energieproduktion. Die Ausbauwassermenge des Kraftwerks Wassen ist mit  $Q_{a,WA} = 26 \text{ m}^3/\text{s}$  kleiner als beim Oberlieger KW Göschenen  $Q_{a,GÖ} = 42 \text{ m}^3/\text{s}$  (Lauf- und Speicherstufe) und auch als beim Unterlieger KW Amsteg  $Q_{a,AM} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$  und stellt somit innerhalb der Reusskaskade den hydraulischen Engpass dar. Dies führt u.a. auch im optimierten Betrieb zu Überläufen beim Ausgleichsbecken Göschenen und entsprechend, vor allem im Winter, zu Schwall-Sunk-Phänomenen im Reussabschnitt von Göschenen bis zum Ausgleichsbecken Pfaffensprung. Die Abbildung 1 zeigt die hydraulische Übersicht der Kraftwerkskaskade an der oberen Reuss.

Das Kraftwerk Wassen wurde in den Jahren 1946 bis 1948 erbaut. Von den beiden ursprünglich identischen 50Hz-Maschinen wurde die Maschinengruppe 2 im Jahre 1992 durch eine 16.7Hz-Maschinengruppe ersetzt. Der Einbau eines Bahnstromgenerators erforderte eine Reduktion der Maschinendrehzahl von  $750 \text{ min}^{-1}$  auf  $501 \text{ min}^{-1}$  und damit auch den Einbau einer neuen Francis-Turbine sowie entsprechende bauliche Anpassungen im Maschinenhaus. Eine Tafel weist noch heute auf die ursprünglich installierten Maschinen hin, siehe Abbildung 2.

## Die Reusskaskade.

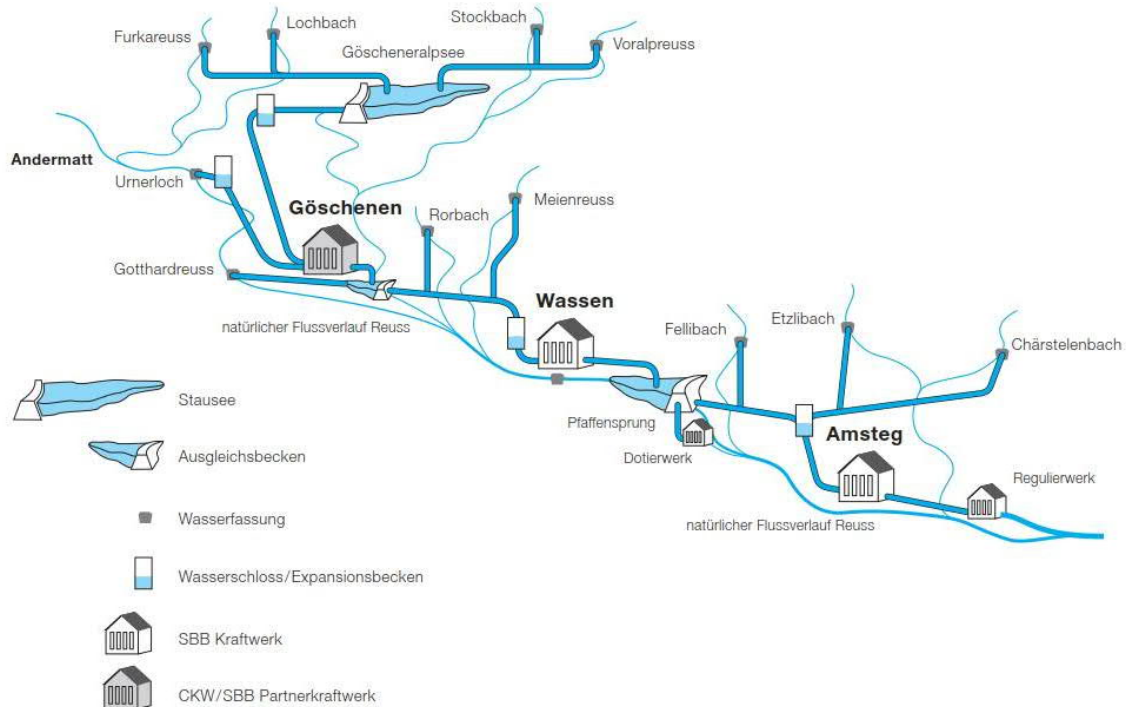


Abbildung 1: Schematische Übersicht Reusskaskade

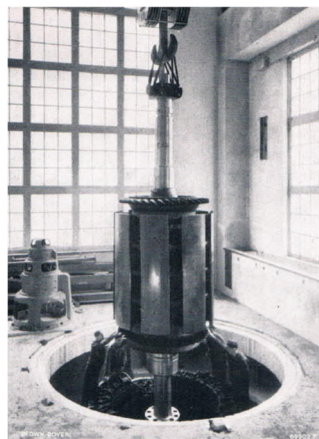


Abbildung 2: Beteiligte Firmen, Rotormontage ursprüngliche MG2 bei Grubenform wie noch bei MG1 und rechte Wand noch mit Fensterbank

Die wesentlichen Anlagendaten der beiden heute in Betrieb stehenden Maschinengruppen sind in Tabelle 2 aufgeführt.



Maschinengruppe		MG1 (50 Hz), 1948	MG2 (16.7 Hz), 1992
Aufstellungshöhe ca.	m ü.M.	800	800
Frequenzbereich	Hz	50	16 - 17 <sup>1/3</sup>
Nennscheinleistung Generator	MVA	30	35
Nennleistungsfaktor cos $\varphi$	-	0.8	0.85
Schwarzstartfähig	-	Nein	Nein
Drehrichtung	-	Rechts v. NS gesehen (im Uhrzeigersinn)	Rechts von NS gesehen (im Uhrzeigersinn)
Nenndrehzahl / Durchgangsdrehzahl	min <sup>-1</sup>	750 / 1380	501 / 850
Massenträgheitsmoment J	tm <sup>2</sup>	22.5 (Generator)	68.2 tm <sup>2</sup> (Angabe L'Schild)
Trägheitskonstante H = J $\omega^2$ / 2 S ca.	Ws/VA	2.3	2.7
Produktionsbetrieb seit		1948 (71 Jahren)	1993 (26 Jahren)
Betriebsstunden bisher / durchschnittlich pro Jahr per 30.09.2018	h	426'000 / 6'000	196'500 / 7'500
Start/Stopps pro Jahr	-	ca. 500	

Tabelle 2: Maschinendaten

Beim bestehenden Maschinensaalkran DYTAN mit einer Kapazität 1 x 90 / 12 t, wurde 1992 das Fahrwerkwerk und die Winde umgebaut. Der Kran ermöglicht den einteiligen, ca. 7,25 m langen Generatorrotor der MG1 bei gegenwärtiger Maschinensaalbodenkote ein- resp. auszubauen. Der Generatorrotor der MG2 ist mit demontierbaren Wellenenden ausgeführt.

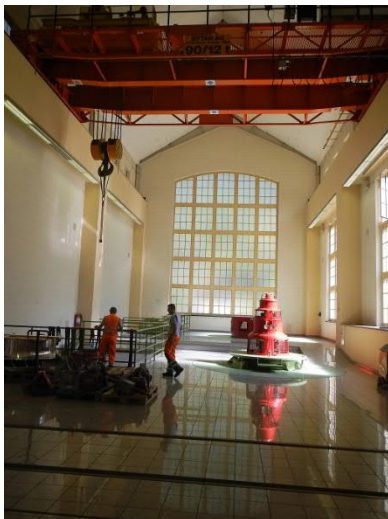


Abbildung 3: Maschinensaal mit MG1 im Vordergrund und dahinter MG2, Kran

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die baulichen Anpassungen, welche für den Einbau der in der Konstruktionsausführung grösseren Maschinengruppe 2 erforderlich waren.

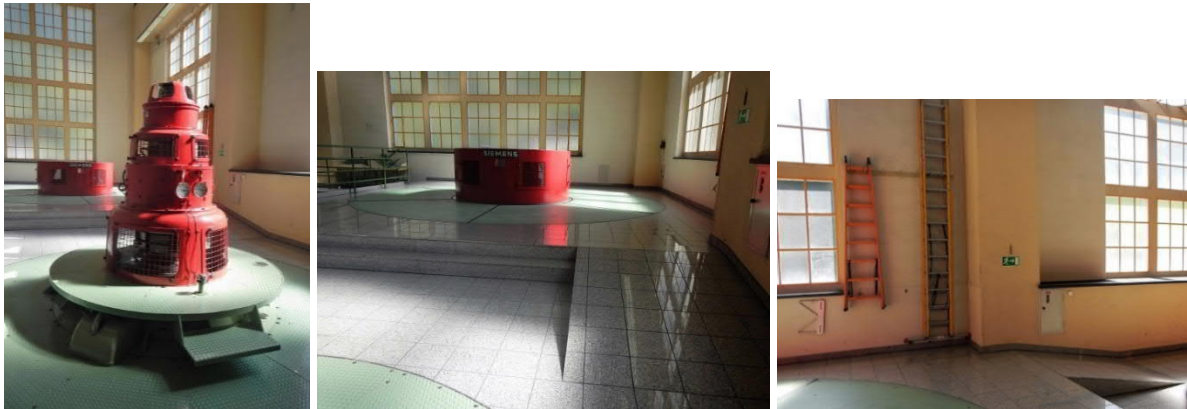


Abbildung 4: Bauseitige Veränderungen beim Einbau der MG2 im Jahr 1992  
 Maschinensaalboden um ca. 36 cm höher, Fensterbank im Bereich MG2 entfernt, Rampe zu MG2

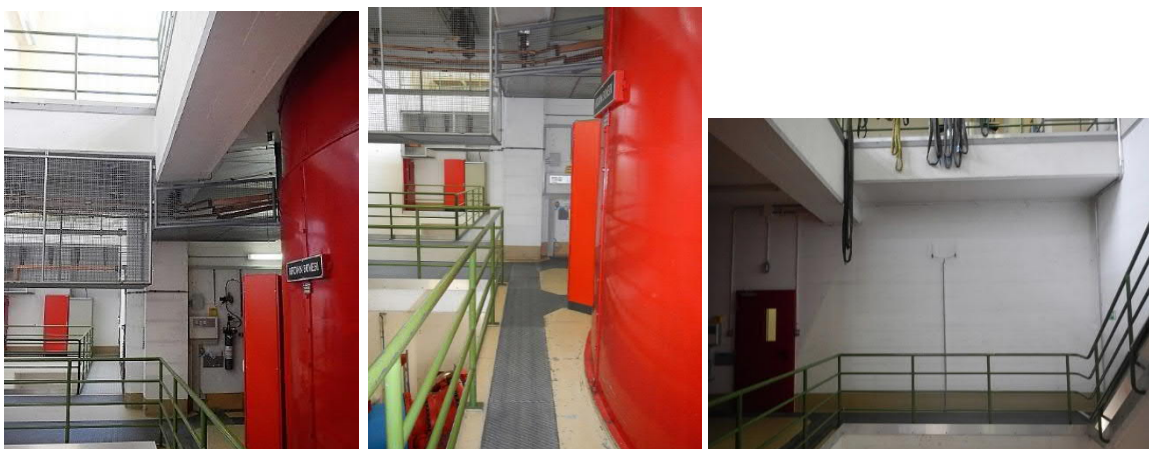


Abbildung 5: MG1 und bauliche Einhausung MG2 dahinter, UG-Zutritt auf Seite MG1 rechts



Abbildung 6: Bauliche Situation bei MG2 auf Generatorhöhe mit Querwand MG1/MG2

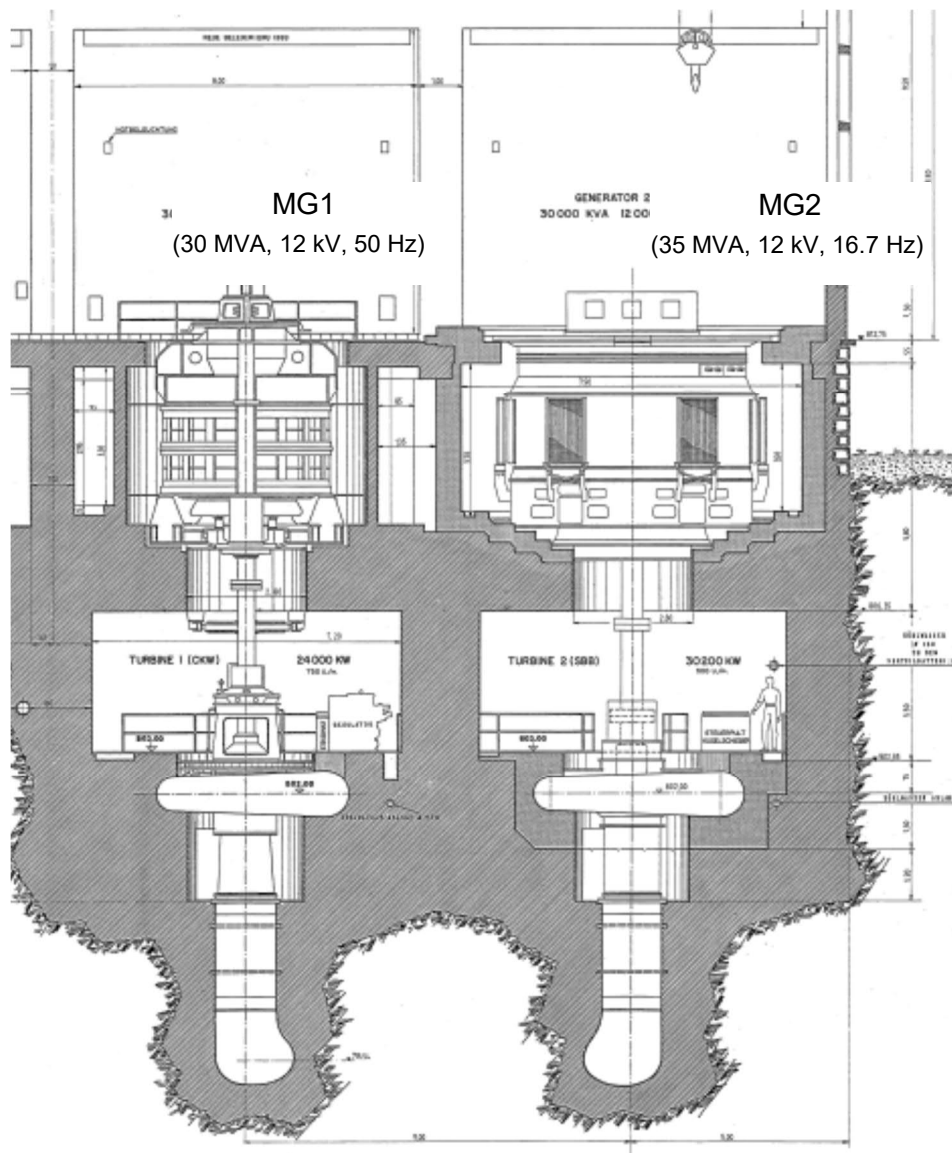


Abbildung 7: Längsschnitt Maschinenhaus  
 Plan Nr. 40180316958 (EWI, 30.11.1993)



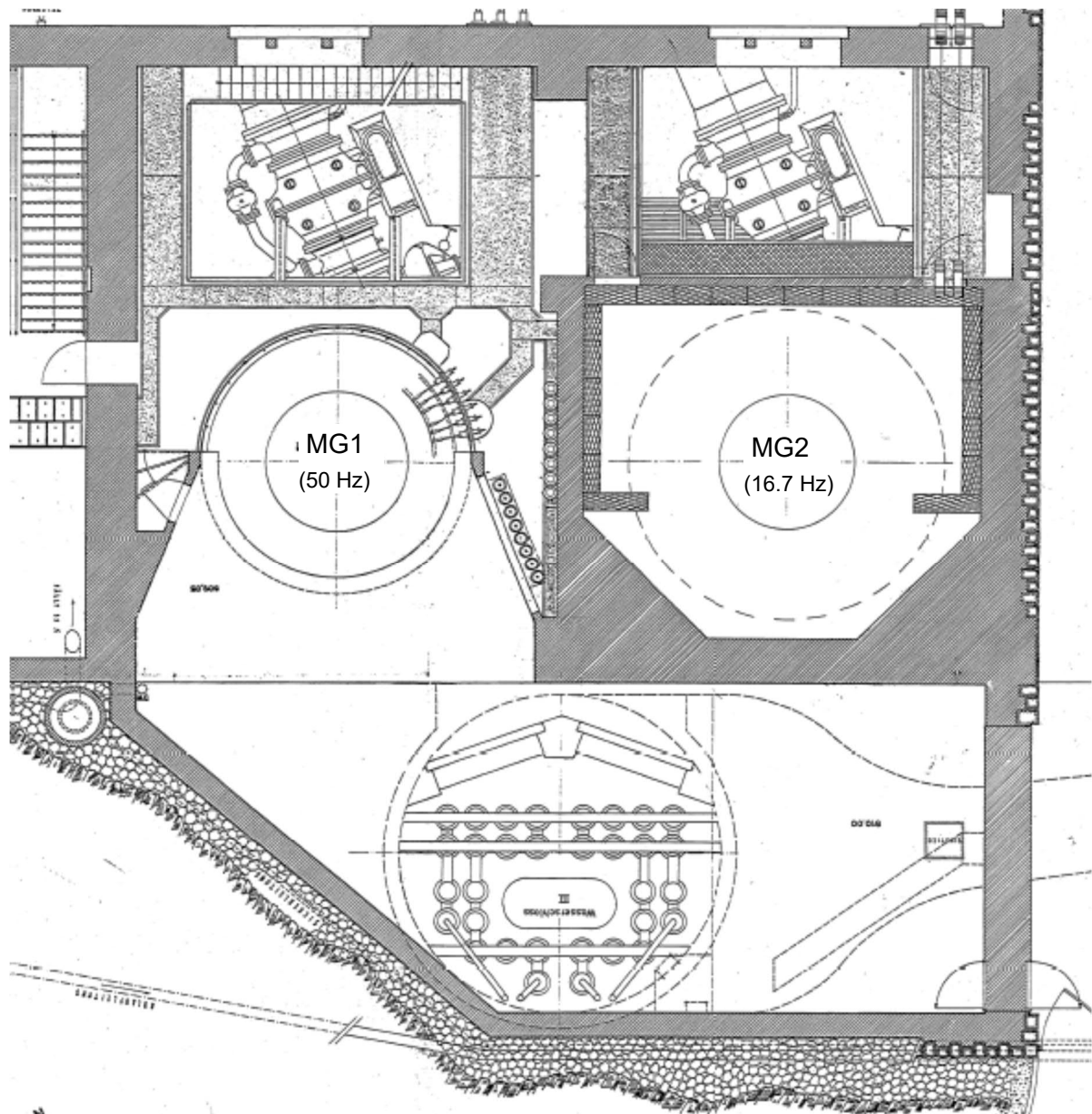


Abbildung 8: Grundriss Maschinensaal Kote 808.35  
 mit Generatorraum Plan Nr. 163013 (EWI, 30.06.1950, revidiert 20.09.1993), links MG1, rechts  
 MG2, unten Wasserschloss III mit Wärmerückgewinnungs-Wärmetauscher für MG1 und MG2

Der Achsabstand zwischen MG1 und MG2 beträgt 9.0 m. Baulich weisen beide Maschinen-  
 gruppenblöcke gleiche Aussenabmessungen auf und aus den Plänen ist keine Dilatation zwi-  
 schen den beiden Blöcken ersichtlich. Die wichtigsten Koten und Baumasse sind in Tabelle 3  
 zusammengestellt.

Maschinengruppe	Einheit	MG1 50 Hz, 1948	MG2 16.7 Hz, 1992
Kote Maschinensaalboden	m ü.M.	812.75	813.11
Kote Generatorgrubenboden	m ü.M.	809.05	808.70
Kote Turbinenboden	m ü.M.	803.00	803.00
Kote Turbinenmitte	m ü.M.	802.00	802.00
Kranhakenunterkanthöhe ab Maschinensaalboden	m	mind. 7.2	mind. 6.8

Maschinengruppe	Einheit	MG1 50 Hz, 1948	MG2 16.7 Hz, 1992
Generatorgrube auf Höhe Generatormitte	-	U-Form tlw. ø 5.3 m	Polygonform Weite bis zu 7.9 m
Generatorgrubendurchmesser auf Höhe MS-Boden	m	4.7	6.0
Generatorgrubentiefe	m	3.7	4.41

Tabelle 3: Koten und Bauabmessungen der Maschinengruppenblöcke

### 3.2 Heutiger Betrieb

Wie bereits oben erwähnt, ist das Kraftwerk Wassen das mittlere Kraftwerk in der Reusskaskade. Das zwischen 1946 und 1948 erbaute Werk verfügte ursprünglich über zwei gleiche Maschinengruppen mit 50 Hz Generatoren (750 1/min), welche entsprechende Energie für beide Partner, CKW und SBB produzierten. Ende der 1980er Jahre beschloss die SBB, ihren Energieanteil mit einer Bahnstrommaschine zu produzieren. Die neue Bahnstrommaschine produziert ab dem Jahr 1992 die entsprechende 16.7Hz-Energie. Während der Partnerschaft mit der CKW wurden die beiden Maschinengruppen gleichmässig mit je etwa 5000 Vollaststunden pro Jahr betrieben.

Mit Auslaufen der Subkonzession am 31.12.2014 übernahm die SBB den 40% Anteil an der KW Wassen AG von der CKW. Seither wird die Maschine 2 prioritär eingesetzt und erreicht nun rund 7000 Vollaststunden im Jahr. Das Energieverhältnis 16.7Hz zu 50Hz Energie änderte sich von früher 55:45 auf 70:30. Der Mehrwert der 16.7Hz Energie überkompensiert eine mögliche energetische Optimierung.

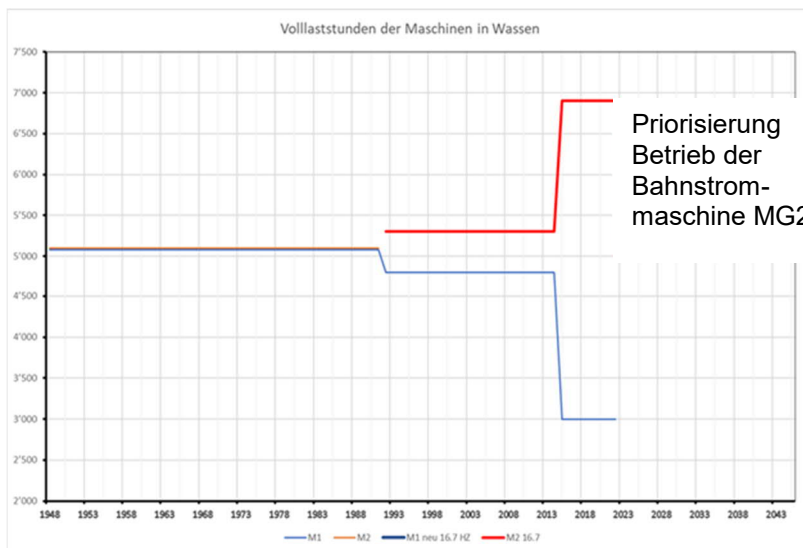


Abbildung 9: Verlauf der Vollaststunden der Maschinengruppen KW Wassen

Der Kraftwerksbetrieb in der Reusskaskade wird heute durch den OKR (Optimierender Kaskadenregler Reuss) optimiert. Falls für einen stabilen Netzbetrieb erforderlich, wird der OKR durch den Netzregler SBB übersteuert. Die Abbildung 10 zeigt die Dauerkurve des gefahrenen Betriebs aus den Jahren 2016 bis 2018.

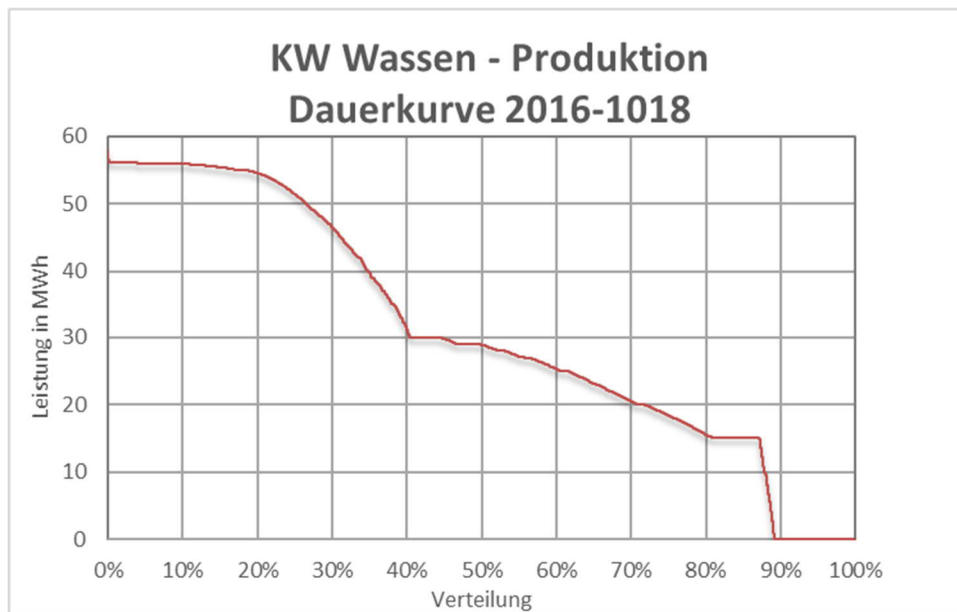


Abbildung 10: Betrieb KW Wassen-Dauerkurve 2016-2018

Weiter optimiert der OAR (Optimierter Abflussregler) den Abfluss in der Reuss unterhalb des KW Amsteg und stellt insbesondere sicher, dass die vereinbarten ökologischen Bedingungen eingehalten sind. Für die Sicherstellung eines kontinuierlichen Minimalabflusses während den Wintermonaten stellen der minimal mögliche Teillastbetrieb der Francis-Turbinen im KW Wassen im Zusammenspiel mit den relativ kleinen Nutzvolumen der beiden Becken Göschenen und Pfaffensprung ungünstige Einschränkungen dar. So muss zeitweise eine zu hohe Produktion gefahren werden und es treten stark schwankenden Wasserspiegeländerungen in den beiden erwähnten Becken auf.

### 3.3 Nachbarprojekte

Die bisherige Instandhaltungsplanung, das heisst ohne Berücksichtigung des Umbauprojektes 2024, sieht die folgenden Arbeiten und Investitionen vor:

Jahr	Arbeiten	Dauer
2019-2021	Revision Wasserfassung Gotthardreuss	
2021	Beschaffung Einlaufrechner Ausgleichsbecken Göschenen	
2021	Wicklungsdiagnose (5-Jahres-Prüfung) MG1	
2022	5-Jahreskontrolle Triebwasserstollen	10-12 Wochen
2022	Revision Unterwasserstollen KW Göschenen	
2022	Revision Turbine MG2	
2022	Prüfung Schutzrelais (5-Jahres-Prüfung) MG1	
2023	Revision Turbine MG1	
2025	Erneuerung Leitechnik	
2027	5-Jahreskontrolle Triebwasserstollen	6-8 Wochen
2030	Ersatz Maschinentransformator MG1	
2032	– 5-Jahreskontrolle Triebwasserstollen – Seeentleerung Göschenalpsee	10-12 Wochen
2037	5-Jahreskontrolle Triebwasserstollen	10-12 Wochen
2042	5-Jahreskontrolle Triebwasserstollen	6-8 Wochen

Tabelle 4: Geplante Instandhaltungsarbeiten KW Wassen ohne Projektumbau 2024

Mit der Realisierung des Umbauprojektes 2024 ist vorgesehen, die Instandhaltungsarbeiten wie folgt zu optimieren:

Jahr	Arbeiten	Dauer
2019-2021	Revision Wasserfassung Gotthardreuss	
2021	Beschaffung Einlaufrechner Ausgleichsbecken Göschenen	
2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 5-Jahreskontrolle Triebwasserstollen</li> <li>– Ersatz Druckregler MG1 und MG2</li> <li>– Ev. Ertüchtigung Kühlwassersystem</li> <li>– Ev. Teil der Brandschutzmassnahmen Transformatoren</li> </ul>	10-12 Wochen
2022	Revision Unterwasserstollen KW Göschenen	
2022	Revision Turbine MG2	
2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umbau MG1</li> <li>– Ersatz Maschinentransformator MG1</li> <li>– Erneuerung Leitechnik</li> </ul>	
2027	5-Jahreskontrolle Triebwasserstollen	6-8 Wochen
2030	Ersatz Maschinentransformator best. SBB-Trafo	
2032	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 5-Jahreskontrolle Triebwasserstollen</li> <li>– Seeentleerung Göschenalpsee</li> </ul>	10-12 Wochen
2037	5-Jahreskontrolle Triebwasserstollen	10-12 Wochen
2042	5-Jahreskontrolle Triebwasserstollen	6-8 Wochen

Tabelle 5: Geplante Instandhaltungsarbeiten KW Wassen mit Projektumbau 2024

Im Bauprojekt ist die oben aufgeführte, revidierte Planung zu prüfen und weiter zu optimieren.

## 4 Beschreibung der Umbaumassnahmen

### 4.1 Elektromechanische Anlagen

#### 4.1.1 Überblick

Anfangs der 1990er Jahren wurde die MG2 durch eine 16.7Hz-Maschinengruppe ersetzt. Die Machbarkeit für den geplanten Ersatz der MG1 durch eine baugleiche 16.7 Hz Maschinengruppe ist daher grundsätzlich gegeben. Mit dem Komplettersatz wird die gesamte neue Maschinengruppe eine Lebensdauer aufweisen, welche über das derzeitige Konzessionsende hinausreicht.

Die neue Bahnstrommaschine setzt sich aus den folgenden Maschinenkomponenten zusammen:

- komplette Turbine mit Turbinenwelle und Führungslager
- kompletter Generator 16.7 Hz mit Generatorwelle(n), Führungs- und Traglager
- neues Kühlsystem in Kombination mit bestehenden Wärmerückgewinnungssystem
- neuen Hilfsbetrieben und Instrumentierung
- neuer Erregungseinrichtung inkl. rotierendem, bürstenlosem Erreger
- netzseitigen Anpassungen/Ersatz-Komponenten auf 16.7 Hz

#### 4.1.2 Francis-Turbine

Die für eine Bahnstrommaschinengruppe notwendige Reduktion der Drehzahl auf  $501 \text{ min}^{-1}$  erfordert den Einbau einer neuen, entsprechenden Turbine. Aufgrund der bestehenden Anlagenkonfiguration bleibt die Francis-Turbine als optimale Ausführung gegeben.

Die Design-Basis für die neue Francis-Turbine wird wie folgt vorgegeben:

- das bestehende Triebwassersystem wird unverändert beibehalten
- die Lage der vertikalen Maschinenachse bleibt unverändert
- der Kugelschieber und dessen Achse bleiben bestehen, damit ist die Turbineneinbaukote mit 802.00 m ü. M. und der tangentielle Abstand 1.85 m von der Kugelschieberachse zur Maschinenachse vorgegeben
- der relativ tief einbetonierte Saugrohrkrümmer, das Wasserschloss III und der Unterwassertollen werden unverändert weiterverwendet
- nächstliegende Synchrondrehzahlen für die 16.7 Hz Bahnstromproduktion  $501 \text{ min}^{-1}$  und  $1002 \text{ min}^{-1}$ , wobei die Drehzahl  $1002 \text{ min}^{-1}$  ausscheidet, da die Turbine wegen Kavitationsverhalten mindestens 16 m tiefer eingebaut werden müsste und dies aus bautechnischen Gegebenheiten sowie Kostengründen kaum realisierbar wäre. Die Drehzahl  $501 \text{ min}^{-1}$  ist damit vorgegeben
- neu aufgebaute Turbinengrube mit grösseren Abmessungen der Turbine, ausgeführt möglichst analog zu Turbinengrube MG2
- Weiterverwendung des bestehenden hydraulischen Turbinenreglers in Kombination mit neuen Leitapparat-Servomotor(en), sofern mit vertretbarem Aufwand möglich
- unverändertes Füll- und Entwässerungssystem
- hydraulische Bedingungen gemäss Tabelle 6
- Umgebungsbedingungen gemäss Tabelle 7



Koten, Fallhöhen, Druckverluste	Einheit	Wert
<b>Oberwasserniveau, Ausgleichsbecken Göschenen</b>		
Nutzvolumen (1083.75 – 1076.60)	m <sup>3</sup>	64'000
Beckeninhalt (1083.75 – 1059.0)	m <sup>3</sup>	107'000
Maximale Kote	m ü. M.	1083.75
Minimale Kote	m ü. M.	1067.00
<b>Unterwasserniveau, Ausgleichsbecken Pfaffensprung</b>		
Nutzvolumen	m <sup>3</sup>	170'000
Maximale Kote mit Überstau	m ü. M.	808.75
Maximale Kote, Normalstau	m ü. M.	806.75
Minimale Kote	m ü. M.	802.75
Überfallkote Unterwasserstollen ins Ausgleichsbecken	m ü. M.	801.30
Tiefste Absenkung durch KW Amsteg	m ü. M.	794.75
<b>Bruttofallhöhen für normalen Betrieb</b>		
Maximale Bruttofallhöhe	m	281.00
Minimale Bruttofallhöhe	m	260.25
<b>Triebwasserweg</b>		
Ausbauwassermenge	m <sup>3</sup> /s	26.0
Druckverlustkonstante C (bestimmt auf Basis vorhandener Daten und Wirkungsgradmessung Jahr 1992)	-	0.0694
Approximative Druckverlustberechnungsformel	-	$H_v = C \cdot Q^2$
<b>Nettofallhöhen für normalen Betrieb</b>		
Maximale Nettofallhöhe bei Q= 12.5 m <sup>3</sup> /s	m	270.0
Minimale Nettofallhöhe bei Q= 25.0 m <sup>3</sup> /s	m	217.0
Nennnettofallhöhe bei Q= 11.4 m <sup>3</sup> /s (ca. Barizentrum See)	m	265.0

Tabelle 6: Hydraulische Bedingungen für Grobauslegung neue Francis-Turbine

Temperaturen, Luftfeuchtigkeit, Gravitation	Einheit	Wert
Temperaturbereich Triebwasser	°C	4 – 10
Bereich Umgebungstemperatur	°C	10 – 40
Bereich relative Luftfeuchtigkeit	%	30 – 90
Dichte Wasser bei 8 °C	kg/m <sup>3</sup>	999.87
Erdbeschleunigung (Breitengrad 46.7083°, Höhe 802 m ü.M.)	m/s <sup>2</sup>	9.80536

Tabelle 7: Umgebungsbedingungen

Unter Berücksichtigung der obigen Vorgaben ergeben sich aus der überschlägigen Turbinenauslegung die folgenden Daten, Tabelle 8:

Design Parameter Francis-Turbine	Einheit	Wert
Anordnung	-	vertikal
Drehrichtung (NS: nichtantriebsseitig)	-	Rechts v. NS gesehen (Uhrzeiger- sinn)
Nenndrehzahl	min <sup>-1</sup>	501
Durchgangsdrehzahl ≤	min <sup>-1</sup>	850
Turbineneinbaukote	m ü. M.	802
Max. Durchfluss ca. (limitiert durch Kavitation, Zopfbildung)	m <sup>3</sup> /s	13.0
Nenndurchfluss	m <sup>3</sup> /s	11.5
Min. Durchfluss ca. (limitiert durch Zopfbildung, Vibrationen)	m <sup>3</sup> /s	4.0
Max. Leistungsabgabe an der Turbinenwelle ca. (bei Q= 12.5 m <sup>3</sup> /s und H <sub>n</sub> = 270 m)	MW	31
Nennleistungsabgabe an der Turbinenwelle ca. (bei Q <sub>r</sub> = 11.5 m <sup>3</sup> /s und H <sub>r</sub> = 265 m)	MW	28
Min. Leistungsabgabe an der Turbinenwelle ca. (bei Q <sub>min</sub> = 4.0 m <sup>3</sup> /s und H <sub>r</sub> = 265 m)	MW	8
Schwarzstartfähigkeit (bei Vorhandensein der Eigenbedarfsversorgung)	-	ja
<b>Abmessungen</b>		
Eintrittsdurchmesser Spiralgehäuse ca. von Kugelschieber jedoch mit 1.1 m vorgegeben, dadurch Erhöhung der Fliessgeschwindigkeit um ca. 40 %	m	1.3
Grösste Spiralgehäuseabmessung ca. Tangentialer Abstand 1.85 m von Kugelschieberachse zur Maschinen- achse ist vorgegeben, dadurch wird die grösste Spiralgehäuseabmes- sung auf unter 5 m limitiert, höhere Fliessgeschwindigkeiten	m	5.1
Laufreddurchmesser ca.	m	2.1
Turbinenwellendurchmesser ca.	m	0.46
Eintrittsdurchmesser Saugrohrkonus ca.	m	1.3
<b>Diverses</b>		
Laufradgewicht ca.	t	5
Axialschub bei max. Nettofallhöhe	t	44

Tabelle 8: Design Parameter für neue Francis-Turbine

Eine neue Turbine mit Nenndurchfluss 11.5 m<sup>3</sup>/s, Nennnettofallhöhe 265.0 m und Nenndrehzahl 501 min<sup>-1</sup> stösst mit ihren Abmessungen hinsichtlich der erwähnten Einschränkungen an die Grenze des Machbaren. Der maximale Turbinendurchfluss ist mit ca. 12.5 bis 13.0 m<sup>3</sup>/s aufgrund der Kavitationseinschränkung limitiert. Damit ist mit heute realisierbaren, hydraulischen Wirkungsgraden bei Nettofallhöhe 270.0 m eine maximale Turbinenleistungsabgabe von ca. 31 MW erreichbar, welche als Nennwirkleistung für den Generator zur Verfügung steht. Bei Nenndurchfluss 11.5 m<sup>3</sup>/s beträgt die maximale Turbinenleistung ca. 28.5 MW.

Der Vergleich der wichtigsten Abmessungen mit der MG2 ergibt eine gute Deckung. Daraus ist zu schliessen, dass die MG2 mit maximaler Grösse bereits damals im Kraftwerk installiert wurde.

Der Einbau einer grösseren Turbine wird wegen der vorgegebenen Einbaukote und der limitierenden Abmessungen der beizubehaltenden Ober- und Unterwasserkomponenten als kaum realisierbar angesehen.

Der minimal mögliche Turbinendurchfluss ist für die Optimierung der Dotierwasserabgabe beim KW Amsteg in den Wintermonaten ein wesentlicher Parameter. Mit welchen Massnahmen ein Turbinendurchfluss um  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  machbar ist, ist im Bauprojekt zu klären. Dabei sind Möglichkeiten bei der maschinellen Ausrüstung, aber auch andere z.B. bauliche Massnahmen in einem Konzeptpapier zu untersuchen.

Die Auswirkungen durch den Betrieb der neuen MG1 auf das gesamte Triebwassersystem vom Becken Göschenen bis Becken Pfaffensprung sind Bauprojekt zu überprüfen. Insbesondere sind die Zustände bei den üblichen kritischen Fällen der hydraulischen Transienten mit einem Berechnungstool wie z.B. SIMSEN auszuweisen und allfällig notwendige Massnahmen für einen sichereren Kraftwerksbetrieb zu bezeichnen. Die Kalibrierung des Berechnungsmodells soll dabei mit der bestehenden Anlagenkonfiguration erfolgen.

#### 4.1.3 Turbinenregler

Der hydraulische Turbinenregler ist in einem guten Zustand. Im Bauprojekt ist die Weiterverwendung des hydraulischen Turbinenreglers zu prüfen. Ein neuer hydraulischer Turbinenregler ist mit der Turbine zusammen zu beschaffen, falls aus technischen Gründen und/oder evtl. zu hohen Anpassungskosten der bestehende hydraulische Turbinenregler nicht mehr weiterverwendet werden kann.

Der digitale Turbinenregler ist zusammen mit der Leittechnik zu ersetzen.

#### 4.1.4 Kugelschieber

Die Kugelschieber der MG1 und MG2 stammen aus der Kraftwerksbauzeit 1946-1948 und erreichen in ca. 10 Jahren ihr theoretisches Lebensende. Sie wurden im Jahr 2011 generalrevidiert.

Im Bauprojekt ist ein Untersuchungsprogramm für eine umfassende Beurteilung des aktuellen Zustandes der beiden Kugelschieber festzulegen. Es ist geplant, während der Entleerung des Triebwassersystems im Jahr 2022 die Zustandsbeurteilung durchzuführen soll. Diese soll die Grundlagen für den Entscheid zum Weiterbetrieb der bestehenden Kugelschieber oder für die Beschaffung von zwei neuen Kugelschieber liefern.

#### 4.1.5 Ersatz Druckregler

Die bestehenden mechanischen Druckregler zwischen Einlauf-Turbinenspirale und den bestehenden Kugelschieber sind durch neue zu ersetzen. Es ist geplant, den Ersatz während der Inspektions- Instandhaltungsarbeiten des Triebwassersystems im Jahr 2022 auszuführen.

#### 4.1.6 Bahnstromgenerator inkl. Erregung

Das Vorhaben berücksichtigt eine gleiche Generatorleistung wie bei der MG2 mit 35 MVA, einem Leistungsfaktor von 0.85 und mit direkt am Stator angeordneten Wärmetauschern.

Die Basis für den neuen 16.7 Hz Generator wird wie folgt vorgegeben:

- neue Generatorgrube, ausgeführt analog der Generatorgrube MG2, gegenüber heutiger MG1 mit grösserer Tiefe und grösserem Durchmesser, Kabelkanäle neben heutiger Generatorgrube verlegt
- neue einzubetonierende Stator- und Lagersternverankerungen, zur Aufnahme der pulsierenden Momente und Kräfte der doppelten Netzfrequenz
- Ventilationssystem wie MG2 mit separat abgestützten Wärmetauschern am Stator wie aktuell üblich
- Synchrondrehzahl  $501 \text{ min}^{-1}$  und Durchgangsdrehzahl  $\leq 850 \text{ min}^{-1}$  wie MG2
- prinzipiell gleiche Bauart wie MG2 resp. Tragstern NS mit kombiniertem Trag- und Führungslager auf Fundament tangential federnd, sowie axial und radial abgestützt
- Längen und Durchmesser ähnlich derjenigen von MG2, jedoch wirkungsgradbedingt möglichst mit höherem Schlankheitsgrad, soweit Grubentiefe ausreichend
- ein- oder mehrteiliger Wellenstrang
- zweiteiliger Stator
- nichtantriebsseitiger Tragstern mit 6 Armen
- Schwerlastteile inkl. Hebemittel auf 90 t limitiert (Rotormittelteil mit Polen, Statorhälften)
- Anpassung/Ersatz der netzseitigen Komponenten/System, d.h. ab Statorklemmen bis und mit Energietransportleitung

Die Daten des neuen Generators sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

Variante	Einheit	MG1 16.7 Hz	MG2 16.7 Hz z.Vgl.
Scheinleistung	MVA	35	35
Leistungsfaktor	-	0.85	0.85
Wirkleistung	MW	29.7	29.75
Synchrondrehzahl / Pole	$\text{min}^{-1}$ / -	501 / 4	501 / 4
Generatorwirkungsgrad (Schätzung $\pm 0.1\%$ )	%	97.5	97.2
Durchgangsdrehzahl $\leq$	$\text{min}^{-1}$	850	850
Schlankheitsgrad (Eisenlänge / Rotor $\varnothing$ )	-	0.77	0.60
Rotor- $\approx$ Statorbohrungsdurchmesser	m	2.6	2.8
Pollänge $\approx$ Eisenlänge	m	2.0	1.675
Max. Umfangsgeschwindigkeit bei Durchgangsdrehzahl	m/s	116	125
Statorgehäuse: Aussendurchmesser * Wert muss auf 5.4 m gleich wie MG2 angepasst werden	m	5.8*	5.4
erforderliche Grubenweite Höhe MS-Boden inkl. + 0.8 für Kühlereinbau	m	6.0	6.0
erforderliche Grubenweite Höhe Gen.-Mitte inkl. Kühler und Durchgang ** Wert muss auf 7.4 m gleich wie MG2 angepasst werden	m	7.7**	7.4
erforderliche Grubenhöhe ab Statorauflage bis Maschinensaalboden	m	4.4	4.4
Gewicht Statorhälfte ca.	t	70	68
Gewicht Rotormittelteil mit Polen ca.	t	85	85

Tabelle 9: Design Parameter für neuen Generator

Die Anordnung der neuen Bahnstrommaschinengruppe ist möglichst identisch wie die für die MG2 auszuführen. Die Massbilder des Generators MG2 im Schnitt und im Grundriss sind zur Illustration mit Abbildung 11 respektive Abbildung 12 eingefügt. Im Vergleich der geplanten MG1 mit der bestehenden MG2 können im Rahmen des Vorprojektes die folgenden Aussagen gemacht werden:

- gleiche Innenmassen und Koten der Generatorgrube
- gleiche Maschinensaalbodenkote, d.h. Absatz mit Rampe von unverändertem Montageplatz zum Boden der beiden MG, gleiche Abdeckung mit gleichem Kragendurchmesser, für vergleichbare Tragsternverankerung
- zwei Zugänge zur Generatorgruben auf Oberwasserseite
- Grubenwände mind. 20 cm
- vergleichbarer Fundamentblock für Statorverankerung
- vergleichbar herausgeführte Ableitungen / Mittelpunkt
- Kabelkanäle bodenseitig innerhalb der Grube
- einzelne Generator-Hilfsbetriebe innerhalb der Grube installiert
- Laufsteg als demontierbare Stahlkonstruktion auf Oberwasserseite ausserhalb des Generatorblockes für eine ausreichende Schachtlichtweite für den Turbinenlaufrad- und Kugelschieberausbau
- Entgegen MG2 entsprechender Zugang zum UG, vom Vorraum zum Maschinenraum z.B. durch angeschrägte Grubenform

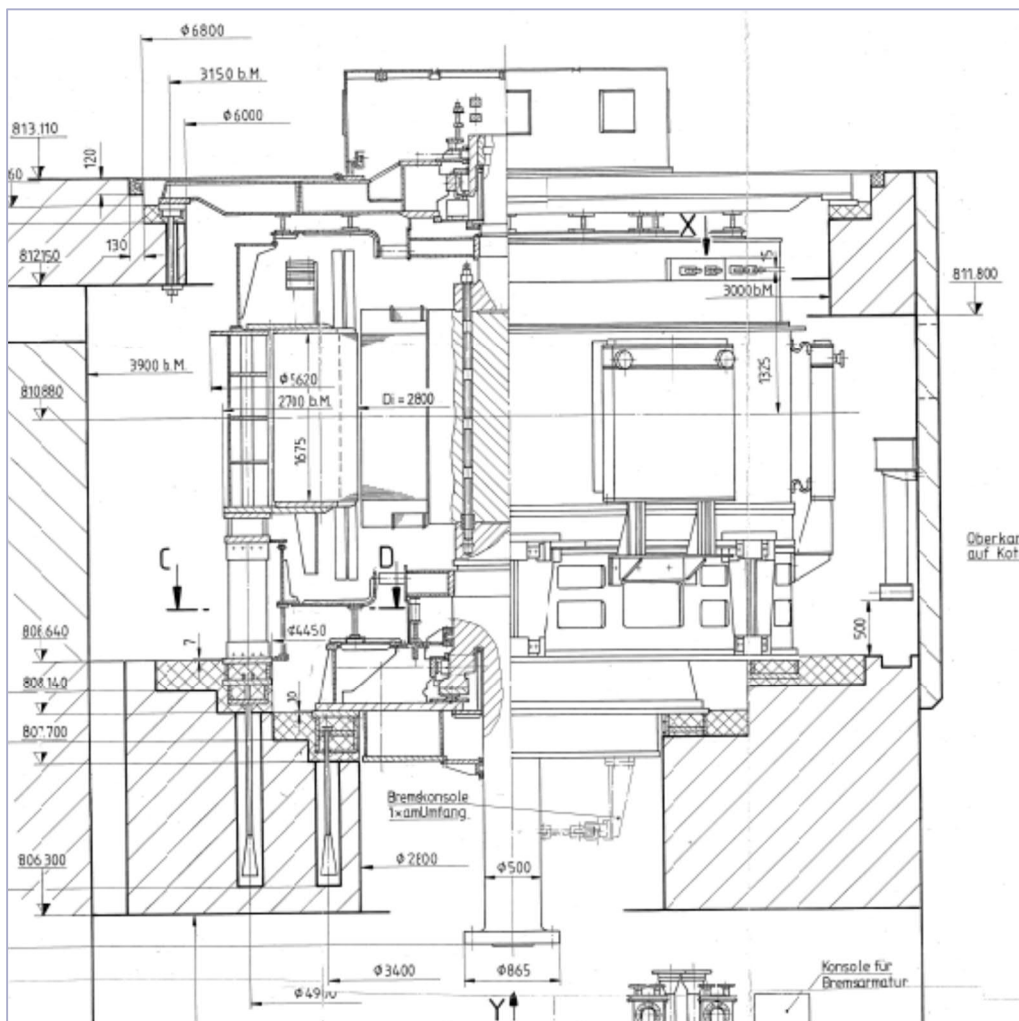


Abbildung 11: Massbild Schnitt MG2 als Illustration

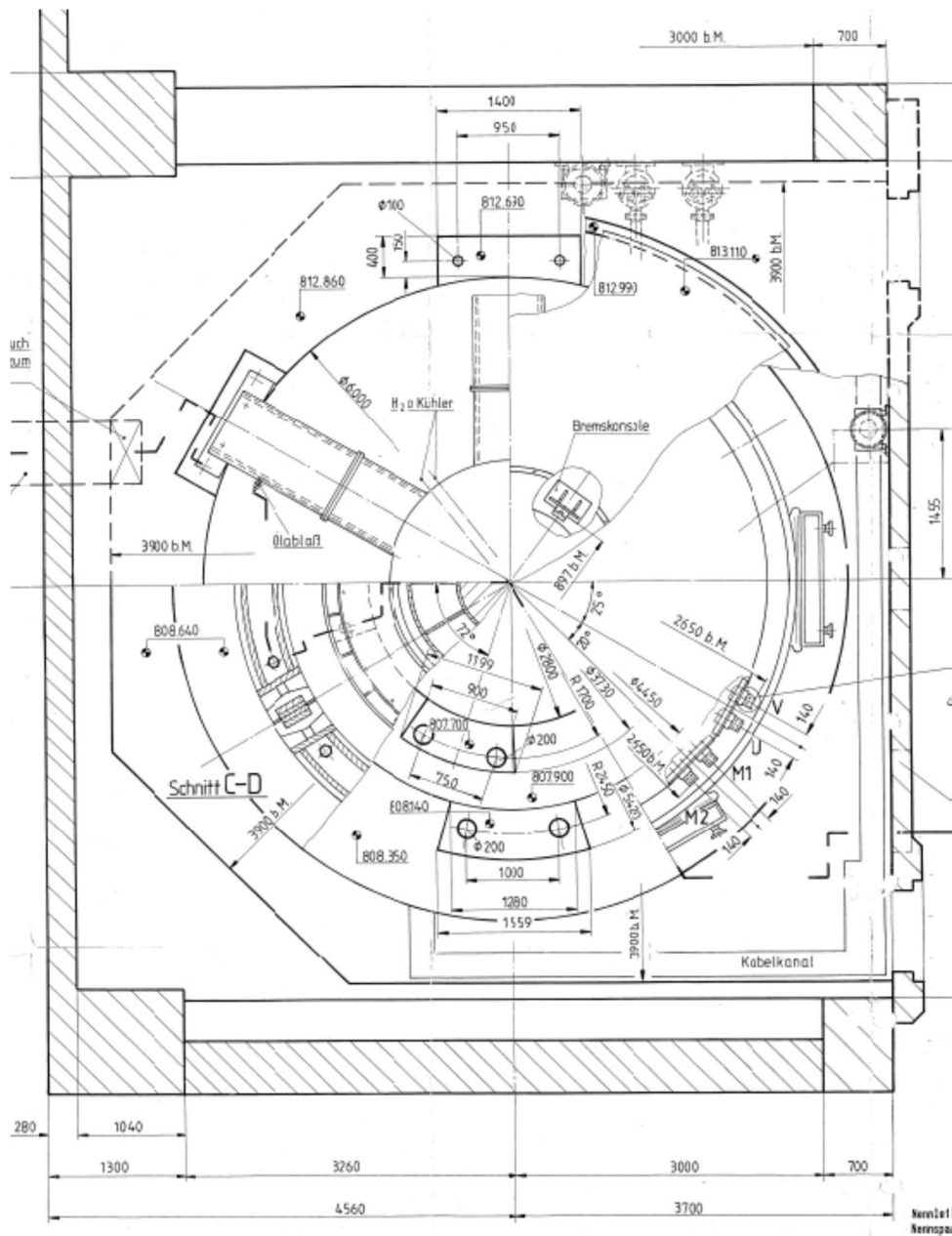


Abbildung 12: Massbild Grundriss MG2 als Illustration

#### 4.1.7 Ölversorgungsanlage

Der neue Bahnstrommaschinensatz soll bevorzugt mit selbstpumpenden Lagern ausgeführt werden. Falls Ölpumpen zum Einsatz kommen, sind diese redundant mit einer wartungsarmen, kompakten Lagerölanlage zum neuen Maschinensatz mitzuliefern. Das Entweichen von Ölnebel aus den Lagern in die Umgebung ist mit Ölnebelabsaugvorrichtung zu verhindern.

#### 4.1.8 Kühlwasseranlage

Für die Generator-, Lageröl- und Turbinenölkühlung ist ein geschlossenes Kühlwassersystem analog der MG2 zu realisieren. Die Verlustwärmeauskopplung erfolgt über das bestehende Kühlwassersystem mit Wärmetauschern installiert im Unterwasserschloss III. Im Winter wird mit einer bestehenden Wärmepumpenanlage Verlustwärme rückgewonnen und als Heizwärme den umliegenden Wohnbauten zugeführt.

Der Zustand der bestehenden Anlage und die künftigen Anforderungen für die neuen MG1 sind im Bauprojekt zu klären und entsprechende Massnahmen sind festzulegen. Dabei sind u.a. die Befestigungen sowie die Kühlkapazität der bestehenden Unterwasserkühler zu prüfen. Eine Ertüchtigung der Anlage unter Berücksichtigung der zukünftigen Anforderungen ist soweit wie möglich bei der nächsten Triebwassersystementleerung im Jahr 2022 zu realisieren.

#### 4.1.9 Druckluftanlage

Die bestehende 15 bar Druckluftanlage mit diversen Druckreduzierungen, zwei Kompressoren und Druckluftbehältern für die Steuerung von pneumatischen Ventile wie z.B. zu den Rückspülfilter, Festhaltebremse MG2, Maschinensaalfensterbetätigung sowie für die Druckluftbereitstellung in der Werkstatt u.a. zum Betrieb pneumatischer Werkzeuge, soll weiterhin in Betrieb bleiben und nur so weit für die Einbindung der neuen MG1 angepasst werden.

Mit der Anforderung an die neue MG1 möglichst in einem grossen Betriebsbereich mit tiefen Teillasten fahren zu können, ist im Bauprojekt die Notwendigkeit einer forcierten Saugrohrbelüftung mit Druckluft als mögliche Lösung abzuklären, siehe auch entsprechende Ausführungen unter Ziffer 4.1.2. Ein solches Druckluftsystem wäre eigenständig und nicht mit der bestehenden Druckluftanlage zu kombinieren, da die Kapazität der vorhandenen Druckluftanlage für eine kontinuierliche Saugrohrbelüftung kaum ausreichen würde. Die benötigte Luftmenge für eine forcierte Saugrohrbelüftung ist umfassend abzuklären. Ausreichender Installationsplatz für die Anlage, vor allem für die Druckluftbehälter, muss verfügbar sein bzw. gefunden werden.

Falls eine andere Lösung machbar und wirtschaftlicher ist, ist von einer forcierten Saugrohrbelüftung mit Druckluft abzusehen.

## 4.2 Elektrotechnische Anlagen

### 4.2.1 Generatorableitung

Die Lage der Generatorableitungs- und der Mittelpunktanschlüsse sollen möglichst gleich ausgeführt werden wie bei MG2.

Die neue 12 kV Generatorschaltanlage mit Erregertransformator, Messwandlern und Schutzgeräte sind in ähnlicher Konstellation wie bei MG2 zu planen und im Schaltanlagenraum unter dem Transformatorendeck zu realisieren. Bei Bearbeitung der Generatorableitung im Bauprojekt ist zu klären, ob die heutige Verkreuzung der Ableitungen eliminiert werden kann (zugehöriger Maschinentransformator steht nicht über der jeweiligen Generatorschaltanlage).

### 4.2.2 Maschinentransformator

Der bestehende Transformator der MG2 aus dem Jahre 1993 bleibt weiterhin in Betrieb. Es ist ein zweiter 16.7Hz-Transformator vorzusehen. Tabelle 10 zeigt die Hauptdaten des bestehenden und des im Rahmen des Umbauprojektes zu beschaffende Transformator.

Maschinentransformator	Einheit	für neue MG1 (2024)	für best. MG2 (1992)
Nennleistung	kVA	35'000	35'000
Frequenz	Hz	16.7	16%
Typ	-	ONAN / ONAF	ONAN / ONAF
Nennspannungen OS	V	132'000	132'000
US	V	12'000	12'000
Nennströme OS	A	224..265..292	224..265..292
US	A	2917	2917
Anzahl Stufenschalter In Abweichung zu Entscheid SBB Energie über die Stufenschalter bei Maschinentransformatoren, welcher 15 Stufen fordert, wird zwecks vereinfachte Betriebsführung für den neuen Trafo dieselbe Anzahl Stufen wie für den bestehenden Trafo festgelegt.	-	19 +12 / -6 x 2 kV	19 +12 / -6 x 2 kV

Tabelle 10: Daten der Maschinentransformatoren

#### 4.2.3 Umbau Unterwerk und Netzanschluss

Die Energieableitung für die neue MG1 wird mit einer Erweiterung des Unterwerkes im Rahmen des Umbauprojektes sichergestellt. Die nicht mehr benötigten Installationen für 50Hz-Energieableitung können zurückgebaut werden. Dies schafft den für die UW-Erweiterung benötigten Platz. Der Rückbau der CKW-Freileitungen und auch der anderen Installationen ist ab Bauprojekt mit der CKW zu klären.

Das heutige UW Wassen der SBB ist gemäss SBB-EN 36-910 ein aB-Werk mit 132kV-Einfach-SS ohne Redundanz auf der 15kV-Seite und erfüllt damit grundsätzlich das im Regelwerk definierte Ausbauziel. Das UW ist über die UL GK-WA und UL QA-AM an das 132kV Übertragungsleitungsnetz angeschlossen.



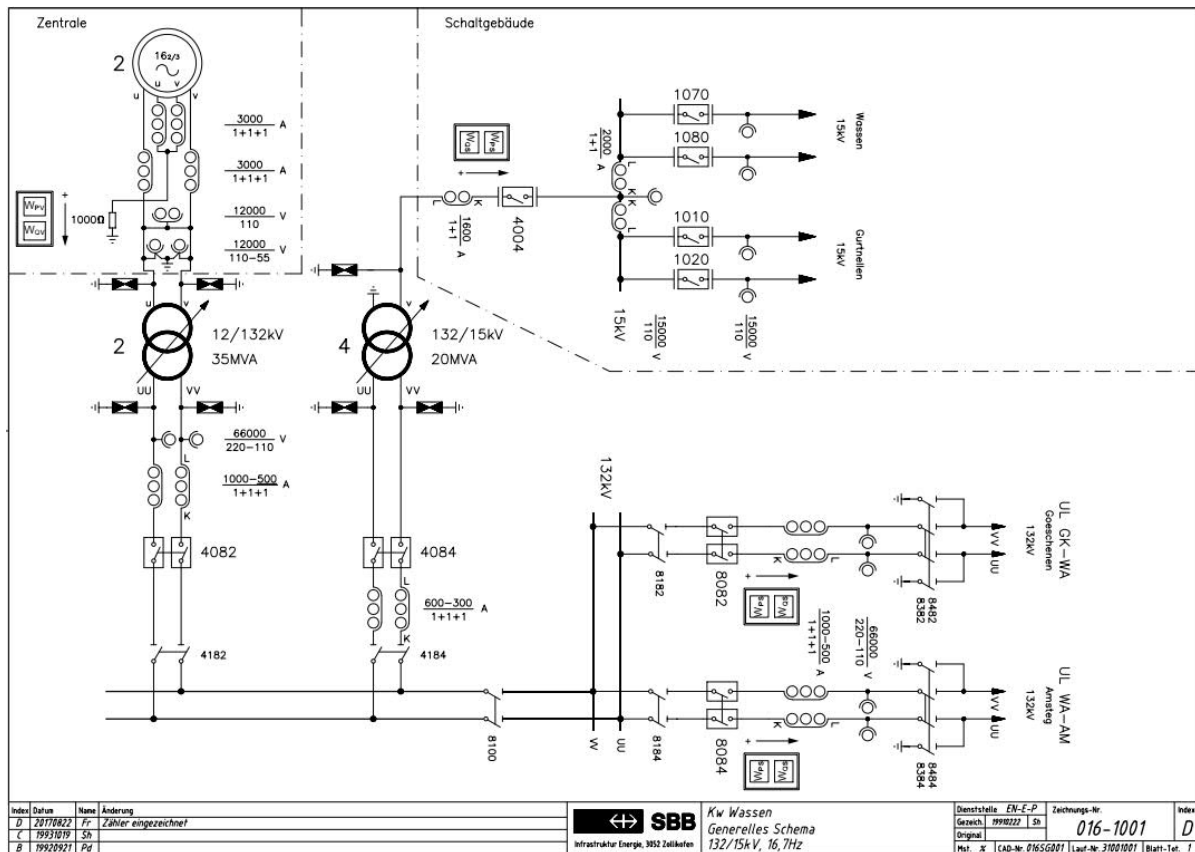


Abbildung 13: Generelles Schema Freiluftschaltanlage mit KW Wassen

Für die Erweiterung des Unterwerkes wurde im Rahmen des vorliegenden Vorprojektes ein Variantenstudium, [5] durch die AF-Consult Switzerland erarbeitet. Untersucht wurden folgende Varianten respektive darauf basierende Untervarianten:

- Varianten 0: Erweiterung der bestehenden FSA mit einem zusätzlichen Feld
- Varianten 1: Umsetzung des UW-Standards (EN-36-910) der SBB mit einer Einfachsammeleisen und mit einem zusätzlichen Anschlussfeld
- Varianten 2: Ausbau der Schaltanlage gemäss dem UW-Standard der SBB (EN-36-910) mit Doppelsammelschiene und zusätzlichem Anschlussfeld

Die Variantenbeurteilung erfolgte aufgrund der folgenden Hauptkriterien:

- kurze Ausfallzeit der Produktion und somit möglichst kurze Umbaudauer
- Sicherstellung der Energieableitung
- Wirtschaftlichkeit resp. SBB Standards

Die wesentlichen Resultate der Studie sind:

- Nach Rückbau der nicht mehr notwendigen 50Hz-Anlagen ist für alle untersuchten Varianten ausreichend Platz vorhanden.
- Generell ist die bestehende 16.7Hz Anlage um die 30 Jahre alt und wird bis zum Umbau das Alter von etwa 35 Jahren aufweisen. Bei der Lebensdauer von Primärkomponenten wird generell von 40 Jahren ausgegangen. Es stellt sich daher die Frage, ob die Komponenten der Primärtechnik mit dem Erweiterungsprojekt zu ersetzen sind.
- Bei einem Komplettersatz der Primär- und Sekundärkomponenten sind relativ lange Abschaltzeiten des Unterwerkes von 5 bis über 17 Monate erforderlich. Bei der Variante mit einer neuen GIS neben der bestehenden FSA beträgt die Abschaltzeit 2.5 Monate.

- Bei den beiden Varianten 0 mit einer einfachen Verlängerung der bestehenden Sammelschiene sind die Leitungsfelder auf einer Seite der Längstrennung und die Geno-/Trafo-felder auf der anderen Seite, was grundsätzlich nicht dem SBB-Standard entspricht.

Das Anlagenmanagement der SBB hat keine Hinweise, welche auf die Notwendigkeit eines schnellen Ersatzes der Primärtechnischen Anlagen hindeuten. Auch erachtet die SBB die Varianten 0 im vorliegenden Fall als gangbare Lösungen. Die Erweiterung des Unterwerkes wird als separates Teilprojekt respektive Nebenprojekt zum Projekt «MG1-Umbau 2024» durch die SBB realisiert. Die technische Schnittstelle zwischen den beiden Projekten ist der jeweilige Anschluss der Leiterseile auf der OS-Seite der Maschinentransformatoren.

Die bestehende Netzanbindung vom UW Wassen bis zum Übertragungsnetz sowie das Übertragungsnetz selbst weisen gemäss Systemdesign SBB eine ausreichende Kapazität für den Anschluss der neuen MG1 auf.

#### 4.2.4 Eigenbedarfsanlage / Mittelspannungsanlage

Der Kraftwerkseigenbedarf wird mittels zwei unabhängigen Netzanschlüssen des Elektrizitätswerkes Altdorf (EWA) sichergestellt. Je eine Einspeisung erfolgt über die 15 kV Leitungen Göschenen und Gurtellen. Die Abbildung 14 zeigt schematisch die Leitungsführung mit der Trafostation des EWA. Die redundante Eigenbedarfseinspeisung 15 kV und die Zählung stammen aus dem Jahre 2010. Sie steht im Schaltanlagenraum und ist in gutem Zustand.

Die beiden Eigenbedarfstransformatoren 15/0.4 kV, 630 kVA, stehen neben der Eigenbedarfseinspeisung. Die Transformatoren, deren Zustand als gut bezeichnet werden kann, stammen aus den Jahren 1990 und 2010. Die bestehenden Eigenbedarfstransformatoren sollen weiterhin betrieben werden.



Abbildung 14: Leitungsführung Eigenbedarfseinspeisung

#### 4.2.5 Niederspannungs- und Gleichstromanlagen

Im Kraftwerk sind diverse Hilfsspannungssystem vorhanden. 400/230 VAC für 3- und 1-Phasenverbraucher, 110 VDC für Notbeleuchtung und verschiedene Steuerungsfunktionen,

Seite 27/38

#### 4.2.8 Leitsystem

##### a) Kraftwerk / Maschinenhaus

Im Rahmen des Umbauprojektes 2024 ist die komplette Kraftwerksleittechnik zu erneuern. Dazu gehören voraussichtlich auch der digitale Turbinenregler und der Spannungsregler der MG2.

##### b) Anbindung ZLS

Die TC-Anbindung des KW Wassen an die ZLS der SBB wurde bei der Übernahme des Kraftwerkes im Jahre 2015 realisiert. Grundsätzlich besteht kein Handlungsbedarf. Im Bauprojekt ist jedoch zu prüfen, ob eine Ertüchtigung des Werk-Gateways angezeigt ist.

### 4.3 Krananlagen / Hebezeuge

#### 4.3.1 Maschinensaalkran

Wie bereits im Kapitel 3.1 erwähnt, wurde der bestehende Maschinensaalkran DYTAN im Jahr 1992 von einer 70 t Traglast auf eine Kapazität von 1 x 90 / 12 t umgebaut. Die Traglast von 90 t wird derzeit für den Ein- und Ausbau der neuen MG1 als ausreichend erachtet. Eine Überprüfung des Maschinensaalkrans bezüglich der heute gültigen Bestimmungen, wie der Maschinenrichtlinie, Kranverordnung etc. ist durchzuführen. Aufgrund der Prüfungsergebnisse entscheidet das Anlagenmanagement über eine Ertüchtigung oder einen Ersatz des Krans.

Eine erste Überprüfung durch EOP-IHE von SBB Energie weist derzeit auf einen Kranersatz hin. Eine Entscheidung über das weitere Vorgehen soll noch 2019 gefällt werden. Der Ersatz oder eine Ertüchtigung des Krans wird als separates Projekt durch die SBB geführt.

#### 4.3.2 Andere

Die Beibehaltung oder ein Ersatz des bestehenden Transportwagens für den Einbau und Ausbau der Turbinenlaufräder beider Maschinengruppen ist im Bauprojekt hinsichtlich der engen Platzverhältnisse und der vorhanden bzw. erforderlichen Lichtmasse zum Hochheben auf den Maschinensaalboden hin zu überprüfen.

Der Transportwagen erfüllt vermutlich die heutigen Sicherheitsanforderungen nicht, sodass allfällige Anpassungen mit sicherheitstechnischen Nachrüstungen einhergehen. Den sicheren Einsatz des Transportwagens ist zu klären.



Abbildung 16: Transportwagen für Ein- und Ausbau Turbinenlaufräder

## 4.4 Haustechnische Anlagen

### 4.4.1 Heizung, Lüftung, Klima, Sanitär

Die bestehenden Anlagen erfüllen grundsätzlich die Anforderungen für den Kraftwerksbetrieb. Es ist sicher zu stellen, dass nach dem Umbau die derzeitige Klimaqualität in den einzelnen Räumen des Maschinenhauses erhalten bleibt sowie die Entrauchung der Räume im Brandfall sichergestellt ist.

Gemäss der Radonkarte des Bundesamtes für Gesundheit liegt die Überschreitungswahrscheinlichkeit für den Referenzwert der Radonkonzentration von  $300 \text{ Bq/m}^3$  für die Gebäude des KW Wassen bei grösser als 20%. Im Bauprojekt ist zu prüfen, ob sich insbesondere in den tiefliegenden Räumen eine zu hohe Radonkonzentration (Grenzwert ist  $1000 \text{ Bq/m}^3$ ) bilden kann und entsprechende Massnahmen erforderlich sind.

### 4.4.2 Elektroinstallationen, Kommunikation, Überwachung, Beleuchtung

Allfällige Massnahmen umfassen die durch das Umbauprojekt notwendigen Anpassungen an diesen Anlagen.

### 4.4.3 Baulicher Brandschutz

Die derzeit bestehenden Brandabschnitte im Maschinenhaus sind soweit möglich beizubehalten. Grundsätzlich sind nur Anpassungen an Brandabschnitten vorgesehen, die aufgrund des Umbaus erforderlich sind.

Auf dem Transformatorenboden sind für die Transformatoren einzelne Brandabschnitte zu schaffen, um ein Ausbreiten eines Transformatorenbrandes zu verhindern und insbesondere das Maschinenhaus zu schützen. Siehe auch nachfolgend im Kapitel 4.5.2.

### 4.4.4 Brandlöschsysteme

Die vorhandene Inertgas-Generatorbrandlöschanlage ist in einem guten Zustand und soll weiterverwendet werden, siehe auch Abbildung 17. Aufgrund des Umbauprojekts ist die Generatorlöschanlage platzbedingt an einem anderen Standort aufzubauen. In der Bauprojektphase ist für die Löschanlage ein geeigneter Standort zu finden. Der neue Bahnstromgenerator und dessen Installationsraum werden etwas grössere Dimensionen aufweisen, was die Überprüfung der vorhandenen Löschgaskapazität erforderlich macht. Gegebenenfalls muss in der Ausführung die bestehende Generatorlöschanlage auf die benötigte Löschgaskapazität erweitert werden.

Die Generatorbrandlöschanlage ist in die neue Leittechnik und in die übergeordnete Kraftwerksbrandüberwachungs-/Alarmanlage einzubinden.



Abbildung 17: Bestehende Inertgas-Generatorbrandlöschanlage

#### 4.4.5 Entwässerungsanlagen inkl. Ölabscheider

Das Maschinenhaus weist kein vollumfängliches Entwässerungskonzept auf, welches jegliche möglichen Öl-Havarien berücksichtigt. Die Entwässerung im Turbinenraum der MG2 wird über einen Ölabscheider geführt. Weiter stehen die mit Öl isolierten Transformatoren auf Auffangschalen oder -wannen. Auslaufendes Öl wird in der Wanne oder in einem Tanksystem aufgefangen.

Für den Einbau der neuen MG1 und der Aufstellung des neuen Bahnstromtransformators sind die gesamten Entwässerungsanlagen im Gebäude und für den Transformatorenboden zu überprüfen. Die notwendigen Massnahmen zur Einhaltung der heute gültigen Gewässerschutzvorschriften sind unter Berücksichtigung der branchenüblichen Regeln zu planen. Ein Entscheid inwieweit eine gesamtheitliche Ertüchtigung der Entwässerungsanlagen im Maschinenhaus zu realisieren ist, soll auf Basis eines im Bauprojekt erstellten Konzeptpapiers erfolgen.

Das Unterwerk Wassen weist ein eigenes Entwässerungssystem mit Öl-Auffangschalen und Öl-Abscheider auf. Mit der Erweiterung des Unterwerks wird auch die Entwässerungsanlagen so entsprechend erweitert.

#### 4.4.6 Erdungs- und Blitzschutzanlagen

Das bestehende Erdungssystem ist soweit möglich aus der vorhandenen Kraftwerksdokumentation zu erfassen. Basierend darauf ist ein ganzheitliches Erdungskonzept mit Integration der neuen MG1 zu erarbeiten. Falls Verbesserungen und/oder Erweiterungen des bestehenden Erdungssystems resultieren, sind die entsprechende Massnahmen im Rahmen eines Konzeptpapiers auszuarbeiten.

### 4.5 Bauliche Massnahmen

#### 4.5.1 Umbau Maschinenblock MG1

Die Komponenten der neuen MG 1 weisen ähnliche Abmessungen auf wie die entsprechenden Komponenten der MG2. Auch der Platzbedarf für Ein- und Ausbau sowie für Betrieb und Instandhaltung der MG ist grundsätzlich identisch. Die baulichen Anforderungen und die notwendigen Umbauten werden somit für das Vorprojekt von der bereits umgebauten MG2 abgeleitet. Es wird derzeit auch davon ausgegangen, dass das selbe Lagerungskonzept für die neue MG2 zur Anwendung kommt.

Aufgrund der grösseren Turbinen-Einlaufspirale und der erforderlichen Einhausung des neuen Generators ist die Betonstruktur des heutigen Maschinenblockes zur Seite des Transformatorbodens hin zu erweitern. Es kann davon ausgegangen werden, dass der neue Maschinenblock MG1 identisch wie der heutige Maschinenblock MG2 ausgebildet werden kann, siehe Abbildung 7 und Abbildung 8 sowie Abbildung 11 und Abbildung 12. Wie aus der Abbildung 8 ersichtlich ist, sind die Zugänge und damit auch die Anpassung des Fluchtwegkonzeptes auf dem Generatorboden (und auch zum Turbinenraum) im Bauprojekt zu prüfen und entsprechende Konzepte zu erarbeiten. Weiter ist der Ein- / Ausbau der Turbinenlaufräder und der beiden Kugelschieber mit dem Maschinensaalkran auch zukünftig sicher zu stellen.

Falls, wie angestrebt, das bestehende Saugrohr beibehalten wird, sind auf dieser Ebene keine Baumassnahmen erforderlich. Für den Maschinensaal wird davon ausgegangen, dass der Boden im Bereich der neuen MG1 auf dieselbe Kote wie bei MG2 angehoben werden kann, ohne

dass der Ein- und Ausbau der neuen Maschinengruppe beeinträchtigt wird. Eine für den Betrieb günstige Ausbildung der Stufe auf das tiefere Niveau des Montageplatzes ist im Bauprojekt zu erarbeiten.

Die Bauarbeiten am Maschinenblock MG1 umfassen im Wesentlichen:

- a) Rückbau der Betonstrukturen soweit für den Einbau der neuen MG erforderlich.  
Der Betonabbau hat schonend zu erfolgen und zur MG2 ist auf allem Ebenen eine temporäre Staubwand einzuziehen, damit keine Schäden an bestehenden Installationen während dem Umbau entstehen.
- b) Aufbau der neuen Betonstruktur in Etappen für den Einbau der Spirale und für die Hauptmontage der Maschinenkomponenten.
- c) Zweitbetonarbeiten.
- d) Innenausbauarbeiten wie Belagsarbeiten, Malerarbeiten etc. und allenfalls notwendige Schlosserarbeiten.

#### 4.5.2 Anpassung Transformatorenboden

Die notwendigen Baumassnahmen sind von den folgenden Punkten abhängig:

##### a) Anordnung der Transformatoren-Standorte

Der neue Bahnstrom-Maschinentransformator weist grössere Abmessungen und ein höheres Gewicht als der heutige 50Hz Maschinentransformator auf. Im Bauprojekt ist zu prüfen, ob der heutige Standort für den neuen Transformator geeignet ist. Weiter soll der Standort des Reserve-Transformators aufgehoben und ein neuer Standort bestimmt werden.

##### b) Massnahmen für den Gewässerschutz

Die Eignung der bestehenden Entwässerungseinrichtungen, wie z.B. die Auffangschalen, Ableitungen, Ölabscheider etc. sind im Bauprojekt im Hinblick auf die Gewässerschutzvorschriften und den branchenüblichen Richtlinien zu überprüfen und die notwendigen Massnahmen sind zu planen.

##### c) Brandschutzmassnahmen

Ein Transformatorbrand stellt zurzeit das grösste Risiko für das KW Wassen dar. Mit dem Umbauprojekt sind Brandschutzmassnahmen zu planen und zu realisieren, welche die Auswirkungen eines Trafo-Brandes minimieren. Insbesondere sind für den Fahrstrom- und die beiden Maschinentransformatoren individuelle Brandabschnitte zu schaffen, welche ein Übergreifen des Feuers auf andere Transformatoren und das Maschinenhaus verhindern. Die im Bauprojekt zu definierenden Massnahmen umfassen u.a. Brandschutzwände bei den einzelnen Transformatoren, Brandschutz für die Maschinenhaus-Fassade etc. Die Installation einer wie in [3] vorgeschlagenen Sprühflutanlage für die Aussentrafos wird zurzeit als nicht zielführend erachtet. Diese Massnahme soll jedoch im Bauprojekt abschliessend diskutiert werden.

##### d) Instandhaltungsmassnahmen

Für die Realisierung der oben aufgeführten Punkte sind die notwendigen baustatischen Nachweise zu führen. Weiter ist für das gesamte Zentralengebäude ein Erdbebennachweis nach den SIA-Normen zu führen. Falls Massnahmen erforderlich sind, wird im Bauprojekt entschieden, welche der Massnahmen im Rahmen des Umbauprojektes zu realisieren sind.

Der Transformatorboden ist zum darunterliegenden Schaltanlagenraum hin teilweise undicht. Im Bauprojekt sind mögliche Sanierungsmassnahmen zu erarbeiten.

Für die oben aufgeführten Punkte sind im Bauprojekt Konzeptpapier zu erarbeiten, welche verschiedene mögliche Lösungen aufzeigen und die notwendigen Entscheidungsinformationen ausweisen.

#### 4.5.3 Zusätzliche Brandschutzmassnahmen

Für die neuen Maschinenkomponenten sind die notwendigen Brandschutzeinrichtungen, z.B. Gaslöschanlage für den Generator, zu realisieren. Für die aussen aufgestellten Transformatoren sind Brandschutzmassnahmen wie oben unter Ziffer 4.5.2 aufgeführt auszuführen. Weitere Brandschutzmassnahmen können aufgrund des angepassten Fluchtwegkonzeptes erforderlich sein.

Weitere in [3] aufgeführte Massnahmen sind bereits oder werden ausserhalb des Umbauprojektes realisiert.

#### 4.5.4 Bauinstallation- und Lagerplätze

Für an der Realisierung beteiligten Unternehmungen können auf den im Besitz der KW Wassen AG und der KW Amsteg AG befindlichen Parzellen Nr. 289, 319 und 309 temporäre Installations- und Lagerplätze sowie Parkplätze für Fahrzeuge eingerichtet werden. Auf Parzelle 309 befindet sich eine Baracke, welche von den Kraftwerken als Lagerraum genutzt wird.

Die Zufahrt zur Zentrale Wassen erfolgt über die Kantonstrasse. Der Vorplatz zwischen Kantonstrasse und Maschinenhaus ist klein und sollte nicht als Lagerplatz benutzt werden. Die Trafostation des EWA neben dem Maschinenhaus ist ein möglicher Anschlusspunkt für die Baustromversorgung.

Die Anforderungen bezüglich Installations- und Lagerplätzen der wahrscheinlich gleichzeitig in Ausführung stehenden Erweiterung des Unterwerkes sind zu berücksichtigen.

### 4.6 Altlasten und Schadstoffe

Eine systematische Überprüfung auf das Vorhandensein von Altlasten und Schadstoffen wurde bislang das Kraftwerk nicht durchgeführt. Aus Einzeluntersuchungen sind folgende Altlasten und Schadstoffe bekannt:

- Beim Unterwerk ist ein ehemaliger Kohleplatz vorhanden.
  - Die Polwicklungen des bestehenden Rotors MG1 weisen Asbest auf.
  - Kabelpitschen aus asbesthaltigem Eternit sind vorhanden.
  - Der Lüftungskanal zwischen Erregerraum und Innenraumschaltanlage weist Asbest auf.
- Die Sanierung erfolgt ausserhalb des Umbauprojektes.

Die durch das Umbauprojekt tangierten Anlagenkomponenten sind im Bauprojekt auf Hinweise bezüglich Vorhandensein von Schadstoffen zu prüfen. Falls Hinweise vorliegen, sind vertiefte Abklärungen einzuleiten und die notwendigen Sanierungskonzepte sind festzulegen.



## 5 Pendente Konzepte

Entscheidungen über noch offene Konzepte werden im Bauprojekt aufgrund von Konzeptpapieren gefällt. Konzeptpapiere sind kurze spezifisch das Thema oder das Systeme betreffende Variantenstudien, welche die für einen Entscheid relevanten Aspekte und Beurteilungskriterien ausweisen.

Im Rahmen des Vorprojektes konnten die folgenden pendenten Konzeptpapiere identifiziert werden, welche durch den beauftragten Planer zu erarbeiten sind:

- Maschinelle und/oder bauliche Massnahmen für einen sicheren, tiefen Teillastbetrieb der Maschinengruppen,  $Q_{Tu} \leq 4 \text{ m}^3/\text{s}$
- Entwässerung Maschinenhaus inklusive Transformatorenboden
- Umbaukonzept Maschinenblock MG1 inkl. Zugangskonzept
- Brandschutz- und Fluchtwegkonzept: Anpassung von vorhandenen Konzepte aufgrund des Umbauprojektes und zusätzlichen Massnahmen auf dem Transformatorenboden
- Ertüchtigung Batteriesysteme (eventuell)
- Erdung Maschinenhaus
- Sanierung Altlasten (eventuell)
- Entsorgung von Materialien und Komponenten aus Rückbauten

Die Aufzählung ist vorläufig und im Rahmen des Bauprojektes zu konkretisieren.

## 6 Identifizierte Systeme

Das Umbauprojekt ist bei Erarbeitung des Bauprojektes in Teilsysteme, im Fachgebiet Bau Objekte, gemäss den Vorgaben der SBB Energie zu gliedern. Für jedes Teilsystem ist eine kurze Systemdefinition als Grundlage für die Beschaffung, in der Regel durch den beauftragten Planer zu erstellen. Die Systemdefinitionen beschreiben in ihrer Gesamtheit das Projekt umfassend und gelten als Nutzungsvereinbarung zwischen der SBB Energie und den beauftragten Planern. Aufgrund des vorliegenden Vorprojektes können die folgenden Systeme / Objekte für das Umbauprojekt identifiziert werden.

Nr.	Objekt / System	Umfang
<b>1-2</b>	<b>Bauliche Anlagen</b>	
17.1	Maschinenblock MG1	Rückbauten, Betonarbeiten, Innenausbau
17.2	Anpassung Transformatorboden inkl. Brandschutzmassnahmen	Anpassung Auffangwannen, Brandschutzwände
23	Erweiterung Unterwerk	Rückbauten, bauliche Anpassungsarbeiten und Erweiterungsanlagen inkl. Zaun und Umgebung
29	Bauplatzinstallationen	Installations- und Lagerplätze für Baumeister und Lieferanten
<b>4</b>	<b>Elektromechanische Anlagen</b>	
41	Francis-Turbine inkl. Turbinenregler	Einlaufspirale, Leitapparat mit Antrieb, Laufrad, Saugrohrkonus, Welle(n), Lager, Turbinenregler

Nr.	Objekt / System	Umfang
43	Ersatz Druckregler	1:1 Ersatz
44	Generator 16.7 Hz, inkl. Hilfsbetriebe	Stator, Rotor, Welle(n), Lager, Erregung, generatorbezogenes Kühlwassersystem in Generatorgrube
46	Ertüchtigung Kühlwasseranlage	<i>falls erforderlich</i>
47	Druckluftanlage Saugrohrbelüftung	<i>falls erforderlich</i>
<b>5</b>	<b>Elektrotechnische Anlagen</b>	
51	Generatorschaltanlage und Generatorableitungen	Elektrische Verbindung vom Generator zum Transformator, Wandler, Mittelpunkt ev. Aufhebung Verkreuzung
52	16.7Hz Maschinentransformator	Transformator, Stufenschalter, Durchführungen, Kühlung, Überwachung- u. Schutzeinrichtungen, Aufstellung
53.1	HS-Anlagen Erweiterung Unterwerk	Primärtechnik inkl. Ersatz Leiterseile zu den Maschinentransformatoren und Leistungsschalter
54.2	Erweiterung / Ertüchtigung MS-Anlagen Unterwerk	<i>falls erforderlich</i>
55.2	Erweiterung / Ertüchtigung NS- und Gleichstromanlagen Unterwerk	<i>falls erforderlich</i>
57.1	Ertüchtigung Schutz, Synchronisierung MG1	Elektrischer und mechanischer Maschinenschutz, Synchronisierung, Spannungsregler
57.2	Erweiterung / Ertüchtigung Schutz Unterwerk	
58.1	Ersatz Kraftwerk-Leitsystem	Komplettersatz
58.2	Erweiterung Leittechnik Unterwerkwerk	
<b>6</b>	<b>Kran- und Transportanlagen</b>	
61	Ertüchtigung / Ersatz Maschinensaalkran	
62	Transportwagen	<i>falls erforderlich</i>
<b>7</b>	<b>Haustechnische Anlagen</b>	
73	Elektroinstallationen, Kommunikation, Überwachung	Anpassungen aufgrund Umbauprojekt
77	Brandlöschesysteme	Anpassungen aufgrund Umbauprojekt
78	Ertüchtigung Drainage- und Entwässerungsanlagen	<i>falls erforderlich</i>
79.1	Ertüchtigung Erdungs- und Blitzschutzanlagen Maschinenzentrale	Gemäss Vorschriften
79.2	Ertüchtigung und Erweiterung Erdungsanlage Unterwerk	Gemäss Vorschriften

Tabelle 11: Vorläufige Systemliste

Die Systemliste ist vorläufig und wird mit der Erstellung des Bauprojektes konkretisiert und vervollständigt.

Die Teilsysteme werden in Werkverträge zusammengefasst und über diese beschafft respektive realisiert. Ein Werkvertragslos weist in der Regel mehrere Systeme auf, welche unter Berücksichtigung von kausalen Zusammenhängen, wie «komplette Maschine», Schnittstellenoptimierung, Anbietermärkten etc. zusammen ausgeschrieben werden. Der in Anhang A angefügte Masterterminplan zeigt die derzeit als wesentlich erachteten Vertraglose. Die Vertraglose werden im Bauprojekt definitiv festgelegt.

## **7 Terminplan und Produktionsausfall**

Der im Anhang A angefügte Masterterminplan zeigt die geplante Projektrealisierung mit Inbetriebnahme der neuen Maschinengruppe im Frühjahr 2024. Der Terminplan zeigt dabei den derzeit geplanten Ablauf und Zeitbedarf für (i) die Projektphasen, (ii) die Beschaffungen und Lieferungen und (iii) die Bau- & Montagearbeiten.

Die Realisierung der folgenden Arbeiten ist bereits bei der nächsten Entleerung des Triebwassersystems für Inspektions- und Instandhaltungsmassnahmen anfangs 2022 vorgesehen:

- Ersatz Druckregler
- Ertüchtigung Kühlwassersystem
- Zustandsbeurteilung Kugelschieber
- Ev. erste Brandschutzmassnahmen

Eine Optimierung der Ablaufplanung erfolgt im Rahmen des Bauprojektes. Die Minimierung der Anzahl von Abschaltungen und des damit einhergehenden Produktionsausfalls ist dabei ein wesentliches Kriterium. Weiter sind die Auswirkungen des Umbauprojektes auf den Betrieb der gesamten Kraftwerkskaskade und insbesondere auf den Betrieb des KW Amsteg bei der weiteren Terminplanung zu berücksichtigen. Die Studie 2018, [1] enthält weitere Informationen zu diesem Thema.

## **8 Kosten**

Die Investitionskosten für den Maschinenersatz sind grundsätzlich aus der Studie 2018, [1] übernommen und in Tabelle 12 ergänzt mit den Kosten der zusätzlich in das Projekt aufgenommenen Ertüchtigungsmassnahmen. Die Genauigkeit der Kostenschätzung beträgt  $\pm 20\%$ .

Die Kostenschätzung berücksichtigt die Massnahmen, deren Realisierung mit dem Umbauprojekt als derzeit gesichert gelten. D.h. Kosten für Massnahmen, welche im vorliegenden Bericht zum Vorprojekt erwähnt, jedoch über deren Realisierung im Bauprojekt entschieden wird, sind nicht oder nur teilweise berücksichtigt. Derartige Massnahmen sind u.a.:

- Ersatz der beiden Kugelschieber
- Weiterführende Massnahmen für tiefen Teillastbetrieb der Maschinengruppen wie Druckluftanlage, bauliche Massnahmen etc.
- Umfangreiche Ertüchtigungsmassnahmen für den Gewässerschutz
- Umfangreiche bauliche Verstärkungsmassnahme aufgrund des neuen Bahnstromtransformators und/oder zur Erhöhung der Erdbebbensicherheit
- Neuer Maschinensaalkran
- Umfangreiche Altlastensanierung
- Erneuerung des bestehenden 16.7 Hz Unterwerkes

	<b>Kostenschätzung LCC</b> Genauigkeit ±20%	<b>Ersatz MG1</b>	<b>Ertüchtigungs- massnahmen</b>
<b>1</b>	<b>Allgemeine Kosten (25%)</b>	<b>3.63</b>	<b>0.43</b>
	Bewilligungen, Projektierung, Finanzierung etc.		
<b>2</b>	<b>Bauliche Anlagen</b>	<b>0.90</b>	<b>0.50</b>
2.1	Maschinenhaus		
2.1.1	Umbaumassnahmen	0.80	0.00
2.2.2	Brandschutzmassnahmen	0.00	0.50
2.2	Anpassungsarbeiten Freiluftschaltanlage	0.10	0.00
<b>3</b>	<b>Stahlwasserbau</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
3.1	n.a.	0.00	0.00
<b>4</b>	<b>Elektromechanische Ausrüstung</b>	<b>10.65</b>	<b>0.20</b>
4.1	Generatoren	6.20	0.00
4.2	Turbine	3.70	0.00
4.3	Kugelschieber	0.05	0.00
4.4	Ersatz Druckregler	0.20	0.20
4.5	Hydraulikaggregat	0.00	0.00
4.6	Kühlwassersystem	0.40	0.00
4.11	Brandschutz (Inergen)	0.10	0.00
<b>5</b>	<b>Elektrotechnische Ausrüstung</b>	<b>2.95</b>	<b>0.65</b>
5.1	Maschinentransformator	1.90	0.00
5.2	Statische Umrichter (inkl. Trafos)	0.00	0.00
5.3	Schaltanlagen 50 Hz	0.00	0.00
5.4	Schaltanlagen 16.7 Hz, inkl. allf. Rückbau 50 Hz	0.00	0.00
5.5	Freiluftschaltanlage 132kV	0.40	0.00
5.6	Freileitungen 50Hz	0.00	0.00
5.7	Freileitungen 16.7 Hz	0.20	0.00
5.8	Kraftwerk-Leittechnik	0.45	0.65
<b>6</b>	<b>Kran- und Transportanlagen</b>	<b>0.00</b>	<b>0.35</b>
6.1	Ertüchtigung Maschinensaalkran	0.00	0.35
<b>7</b>	<b>Haustechnische Anlagen</b>	<b>0.00</b>	<b>0.20</b>
7.1	Ertüchtigung Erdungssystem	0.00	0.20
	<b>Zwischentotal [Mio. CHF]</b>	<b>18.13</b>	<b>2.33</b>
	<b>Gesamtkosten [Mio. CHF]</b>		<b>20.45</b>

Tabelle 12: Kostenschätzung

## 9 Wirtschaftlichkeit

Die generelle Wirtschaftlichkeit des Umbauprojektes ist in der Studie 2018, [1] nachgewiesen.

Bei der Erarbeitung von pendenten Konzepten sind Investitionskosten und Betriebskosten als Bewertungskriterien auszuweisen. Für die Life-cycle-costs sind branchenübliche Lebensdauer der Komponenten anzunehmen.

## **Anhang**

### **A     Masterterminplan**

## Anhang A - Masterterminplan

