

# Teilprojekt 4 - KW Bisisthal, Konzessionsprojekt

Konzessionserneuerung Muotakraftwerke



Juni 2021



# Impressum

## Auftraggeber

ebs Energie AG  
Riedstrasse 17  
6431 Schwyz

## Auftragnehmer

AFRY Schweiz AG  
Täferstrasse 26  
5405 Baden/Dättwil

## Dokumentinformation

Projekt	Teilprojekt 4 - KW Bisisthal, Konzessionsprojekt
Dokument	Konzessionserneuerung Muotakraftwerke
Projektnummer	2578
Dokumentnummer	71-2578-48-101
Geschäftsbereich	Wasserkraft
Dokument-Pfad	X:\3-BU\CH\prj\BU_Hydro\25780000_525-001_Aus-_und_Neubauprojekte_Muotakraftwerke\09 - Berichte\00_Gesamtprojekt\12_Ergänzungsbericht UVP_Auflösung\02_Anzupassende Berichte\KP_TP_4_48_Bisisthal\KP_TP_4_Bisisthal_71-2578-48-101_final_2021-06-30.docx

## Erstausgabe

	Datum	Kürzel	Visum
erstellt	06.01.2017	A. Stucki	
geprüft	09.01.2016	J. Bürgler/R. Hediger L. Oetjen/R. Bayer S. Schläppi	
freigegeben	31.03.2017	A. Stucki	

## Revisionsliste

Nr.	Seite(n)	Datum	Änderungsvermerk	Erstellt von / Geprüft von (Kürzel/Visum)
1	diverse	30.06.2021	- Projektanpassungen aufgrund der Stellungnahmen aus der materiellen Prüfung sowie der im Juli 2020 in Kraft getretenen Änderung des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte (WRG) - Namensänderung AF-Consult Switzerland AG zu AFRY Schweiz AG	GFA / SCLU

## Verteiler

ebs Energie AG:	René Hediger, Jonas Bürgler
Kraftwerke Oberhasli AG:	Steffen Schweizer, Sandro Schläppi
B+S AG:	René Bayer, Lucia Oetjen
AFRY Schweiz AG:	Lukas Schneider



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Projektübersicht.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Projektgebiet.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Ausgangslage .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3</b>	<b>Zusammenfassung des Projektvorhabens .....</b>	<b>2</b>
1.3.1	Hydraulische Verhältnisse.....	2
1.3.2	Verbleibende Anlageteile .....	2
1.3.3	Umbauten im Rahmen der Konzessionserneuerung.....	2
<b>2</b>	<b>Technische Daten .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Bestehende Anlagen und Bauten .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>Ausgleichsbecken Sahliboden.....</b>	<b>5</b>
3.1.1	Überblick.....	5
3.1.2	Auslaufbauwerk.....	6
3.1.3	Stauwehr Sahliboden .....	6
<b>3.2</b>	<b>Fassungen und Bachwasserzuleitung Höchweid.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3</b>	<b>Triebwassersystem .....</b>	<b>8</b>
3.3.1	Einleitung .....	8
3.3.2	Zuleitung.....	10
3.3.3	Druckstollen .....	10
3.3.4	Wasserschloss und Apparatekammer .....	11
3.3.5	Fassung Gigenbach.....	12
3.3.6	Druckleitung 1 + 2 und Verteilleitungen .....	12
<b>3.4</b>	<b>Maschinenhaus Bisisthal .....</b>	<b>13</b>
<b>3.5</b>	<b>Unterwasser-Kanal.....</b>	<b>14</b>
<b>3.6</b>	<b>Pumpstation Sahli .....</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Ausbau der baulichen Anlagen .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>Ausgleichsbecken Sahliboden.....</b>	<b>16</b>
4.1.1	Seewasserfassung .....	16
4.1.2	Fischwanderung und Fischschutz .....	17
4.1.3	Geschiebedurchgängigkeit .....	17
4.1.4	Umgang mit Schwemmholz.....	17
<b>4.2</b>	<b>Triebwassersystem .....</b>	<b>18</b>
4.2.1	Energiehöhenverluste .....	18
4.2.2	Hydraulisches Abschlusskonzept.....	19
4.2.3	Wasserschloss.....	20
4.2.4	Apparatekammer und Rohrstollen.....	21
4.2.5	Druckleitung .....	22
4.2.5.1	Allgemeines .....	22
4.2.5.2	Korrosionsschutz .....	23
4.2.5.3	Aushubvolumen und Bettungsmaterial .....	23
4.2.5.4	Rodungen.....	24
4.2.6	Rohrstollen .....	24
<b>4.3</b>	<b>Maschinenhaus Bisisthal .....</b>	<b>25</b>



4.3.1	Bauliche Massnahmen .....	25
4.3.2	Elektromechanik.....	26
4.3.3	Elektrotechnik.....	27
4.3.4	Energieableitung .....	27
4.3.5	Unterwasser-Kanal .....	28
4.3.6	Schwall und Sunk.....	28
<b>5</b>	<b>Bauinstallationen .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1</b>	<b>Bauinstallationsplätze .....</b>	<b>29</b>
<b>5.2</b>	<b>Baustellenerschliessung .....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Ablagerungsflächen und -volumen .....</b>	<b>30</b>
<b>6.1</b>	<b>Ablagerungsflächen.....</b>	<b>30</b>
<b>6.2</b>	<b>Aushub- und Ausbruchvolumen.....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Bauvorgang und Bauprogramm .....</b>	<b>32</b>
<b>7.1</b>	<b>Allgemeines.....</b>	<b>32</b>
<b>7.2</b>	<b>Bauzeitregelung .....</b>	<b>32</b>
<b>7.3</b>	<b>Bauabschnitte .....</b>	<b>32</b>
<b>7.4</b>	<b>Bauablauf .....</b>	<b>32</b>
7.4.1	Seewasserfassung .....	32
7.4.2	Wasserschloss und Apparatekammer .....	33
7.4.3	Druckleitung .....	33
7.4.4	Rohrstollen .....	34
7.4.5	Maschinenhaus Bisisthal und Unterwasser-Kanal .....	34
<b>7.5</b>	<b>Bauprogramm.....</b>	<b>35</b>

© Das geistige Eigentum verbleibt bei AFRY Schweiz AG.





# 1 Projektübersicht

## 1.1 Projektgebiet

Das Projektgebiet des Ausbauprojekts Kraftwerk (KW) Bisisthal liegt im Bisisthal rund 9 km süd-östlich vom Dorf Muotathal. Die relevanten Komponenten des Projekts und der überwiegende Teil des Projektgebietes liegen im Kantons Schwyz. Die Höhe des Projektgebietes bewegt sich zwischen maximal ca. 1130 m ü.M. und minimal ca. 780 m ü.M. Das Projektgebiet wird von der Muota durchflossen.

Die einzige Verkehrsverbindung zum Projektgebiet stellt die Zufahrtsstrasse vom Dorf Muotathal dar. Die Zufahrtsstrasse ist einspurig und weist diverse Ausweichmöglichkeiten auf. Die Länge der Zufahrtstrasse beträgt bis zum bestehenden Ausgleichsbecken (AGB) Sahliboden rund 10 km und ist asphaltiert.

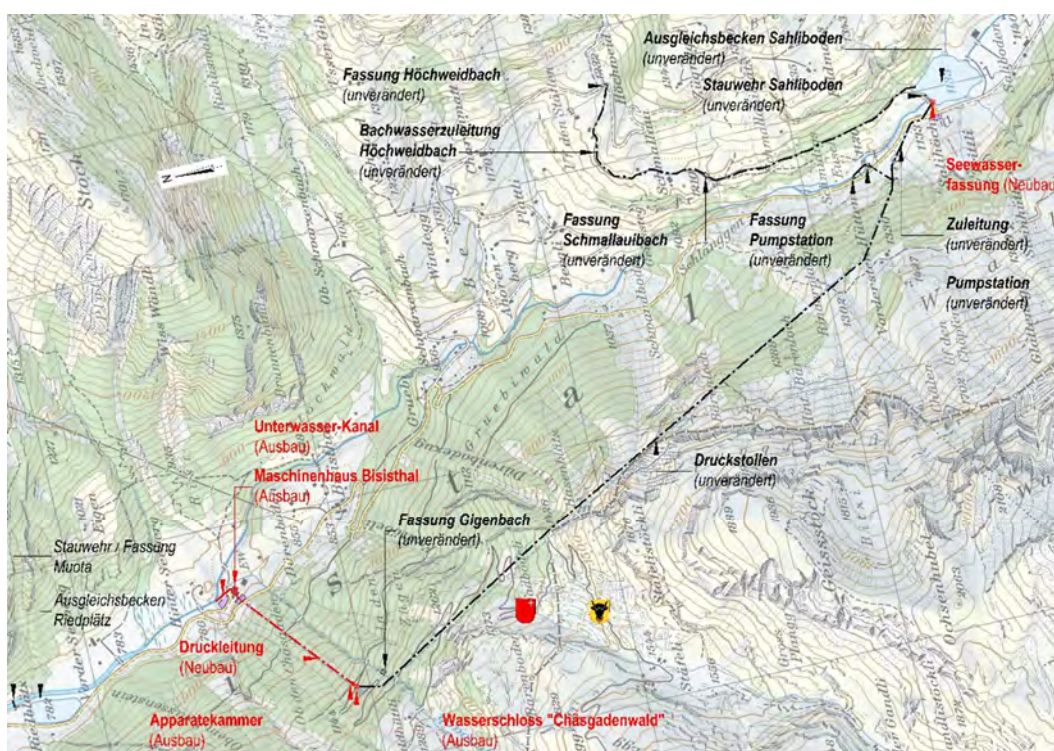


Abbildung 1-1 Projektübersicht Ausbau KW Bisisthal.

## 1.2 Ausgangslage

Die erste Maschinengruppe des KW Bisisthal wurde im Jahr 1956 und die zweite Maschinengruppe im Jahr 1962 in Betrieb genommen. Die bestehende Konzession wird im Jahre 2030 ablaufen. Deshalb stellt ebs Energie AG (ebs) nun das Gesuch, die Konzession um 80 Jahre zu verlängern.

Gleichzeitig wird um eine Baubewilligung für grössere Umbau- und Erneuerungsarbeiten am KW Bisisthal ersucht. Beweggrund hierfür sind vor allem die von der ebs bei der Fassung Sahli festgestellten rund 59 Überlauf-Tage pro Jahr. Aufgrund von eigenen Überlegungen und Betriebsszenarien hat die ebs entschieden, für die Neukonzessionierung die bisherige Ausbauwassermenge zu erhöhen. Hierdurch kann das vorhandene Wasserdargebot besser genutzt werden.



## 1.3 Zusammenfassung des Projektvorhabens

### 1.3.1 Hydraulische Verhältnisse

Das Projekt sieht im Rahmen der Konzessionserneuerung eine Vergrösserung der Ausbauwassermenge von  $Q_a = 5.0 \text{ m}^3/\text{s}$  auf  **$Q_a = 7.50 \text{ m}^3/\text{s}$**  und der installierten Leistung der Kraftwerksanlage vor. Die Staukote im Oberwasser resp. im Ausgleichsbecken (AGB) Sahlboden bleibt unverändert auf 1135.10 m ü.M.

### 1.3.2 Verbleibende Anlageteile

An den nachstehenden Anlageteilen des KW Bisisthal sind im Rahmen der Konzessionserneuerung keine Umbauten geplant:

- Stauwehr Sahlboden;
- Ausgleichsbecken Sahlboden;
- Fassungen Höchweidbach und Schmallaubach inkl. Bachwasserzuleitung;
- Zuleitung (zum Druckstollen);
- Pumpstation inkl. Fassung;
- Druckstollen;
- Fassung Gigenbach.

### 1.3.3 Umbauten im Rahmen der Konzessionserneuerung

Im Rahmen der Konzessionserneuerung sind an den folgenden Anlageteilen Umbauten geplant (siehe Abbildung 1-1):

- Seewasserfassung im AGB Sahlboden;
- Wasserschloss und Apparatekammer;
- Druckleitung;
- Rohrstollen;
- Maschinenhaus;
- Unterwasser-Kanal.

#### **Seewasserfassung**

Abbruch des bestehenden Fassungsbauwerks und Neubau der Fassung.

#### **Wasserschloss**

Aufgrund der veränderten hydraulischen Verhältnisse (neue Ausbauwassermenge) sind die Kammern des bestehenden Wasserschlosses anzupassen.

#### **Apparatekammer**

Die Apparatekammer ist aufgrund der grösseren Druckleitung resp. Drosselklappe auszubauen.

#### **Druckleitung**

Die bestehende Druckleitung ist rückzubauen und durch eine neue, grössere Druckleitung zu ersetzen. Die Druckleitung wird erdverlegt ausgeführt.



### **Rohrstollen**

Der Rohrstollen ist aufgrund der grösseren Druckleitung zu vergrössern.

### **Maschinenhaus**

Im bestehenden Maschinenhaus Bisisthal sind die Maschinengruppen des KW Bisisthal untergebracht. Die Platzverhältnisse im bestehenden Maschinenhaus sind für die Installation der neuen, grösseren Maschinengruppen des KW Bisisthal ausreichend. Die Nutzlast sowie die Kranhakenhöhe des bestehenden Maschinensaalkrans sind für die Anhebung des neuen Generators unzureichend. Deshalb muss der vorhandene Maschinensaalkran ersetzt und höher angeordnet werden.

### **Unterwasser-Kanal**

Für die Rückführung des turbinierten Wassers von den neuen Maschinengruppen in die Muota ist der bestehende Unterwasser-Kanal rückzubauen und durch einen neuen, grösseren Kanal zu ersetzen.



## 2 Technische Daten

Komponente	Grösse	Einheit	best.	Projekt	Δ
<b>AGB</b> <b>Sahliboden</b>	Nutzvolumen	[m <sup>3</sup> ]	50'000	50'000	-
	Max. Stauspiegel	[m ü.M.]	1135.10	1135.10	-
	Dammkronenkote	[m ü.M.]	1137.00	1137.00	-
	Auslaufkote	[m ü.M.]	1132.00	1132.00	-
	Grundablasskote	[m ü.M.]	1131.15	1131.15	-
<b>Zuleitung</b> (Betonkanal)	Ausbauwassermenge	[m <sup>3</sup> /s]	5.00	7.50	2.50
	Durchflussfläche	[m <sup>2</sup> ]	var.	-	-
	Länge	[m]	31	0	-31
<b>Zuleitung</b> (Rohrleitung)	Ausbauwassermenge	[m <sup>3</sup> /s]	5.00	7.50	2.50
	Durchmesser	[m]	1.5	2.0	0.5
	Länge	[m]	290	321	31
<b>Druckstollen</b>	Ausbauwassermenge	[m <sup>3</sup> /s]	5.00	7.50	2.50
	Durchflussfläche <sup>1)</sup>	[m <sup>2</sup> ]	3.48	3.48	-
	Durchflussfläche <sup>2)</sup>	[m <sup>2</sup> ]	4.06	4.06	-
	Länge (total)	[m]	2'842	2'842	-
<b>Druckleitung</b>	Ausbauwassermenge	[m <sup>3</sup> /s]	5.00	7.50	2.50
	Anzahl Druckleitungen	[-]	2	1	-1
	Statischer Druck	[mWS]	347	347	-
	Dyn. Druck (10 %)	[mWS]	382	382	-
	Durchmesser	[m]	ca. 0.9	1.80	0.9
	Länge	[m]	2 x 680	1 x 680	-680
<b>Maschinen-</b> <b>haus (Ausbau)</b>	Abmessungen	[m]	30.5 x	30.5 x	-
	(L x B x H)		19.5 x	19.5 x	
			9.7	9.7	
	Maschinentyp	[-]	Pelton	Pelton	-
	Anzahl Turbinen	[-]	4	2	-2
	Maschinenachsenkote	[m ü.M.]	788.0	787.4	-0.6
	Bruttofallhöhe, max.	[m]	347	347.6	0.6
	Installierte Leistung	[MW]	15.5	23.3	7.8
<b>Unterwasser-</b> <b>Kanal (Neubau)</b>	Ausbauwassermenge	[m <sup>3</sup> /s]	-	10.0	-
	Breite	[m]	2.0	4.0	2.0
	Höhe	[m]	1.3	1.3	-
	Länge	[m]	71.4	71.4	-

<sup>1)</sup> Betonauskleidung

<sup>2)</sup> Gunitauskleidung





## 3 Bestehende Anlagen und Bauten

### 3.1 Ausgleichsbecken Sahlboden

#### 3.1.1 Überblick

Das Ausgleichsbecken (AGB) Sahlboden staut im Sahlboden die Muota. Das AGB besteht im Wesentlichen aus einem Abschlussdamm, einem Auslaufbauwerk und einem Überlaufbauwerk resp. Stauwehr. Das Stauwehr verfügt über je zwei Stauklappen und Grundablässe. Das Auslaufbauwerk besteht aus der Niederwasserregulier-Öffnung und der Seewasserfassung. Die relevanten Daten des AGB Sahlboden sind in Tabelle 3-1 aufgeführt.

Die Hauptzuflüsse des AGB Sahlboden sind die Muota, der Unterwasser-Kanal der Kraftwerke Ruosalp und Glattalp sowie die Zuleitung Hächweidbach (vgl. Abschnitt 3.2).

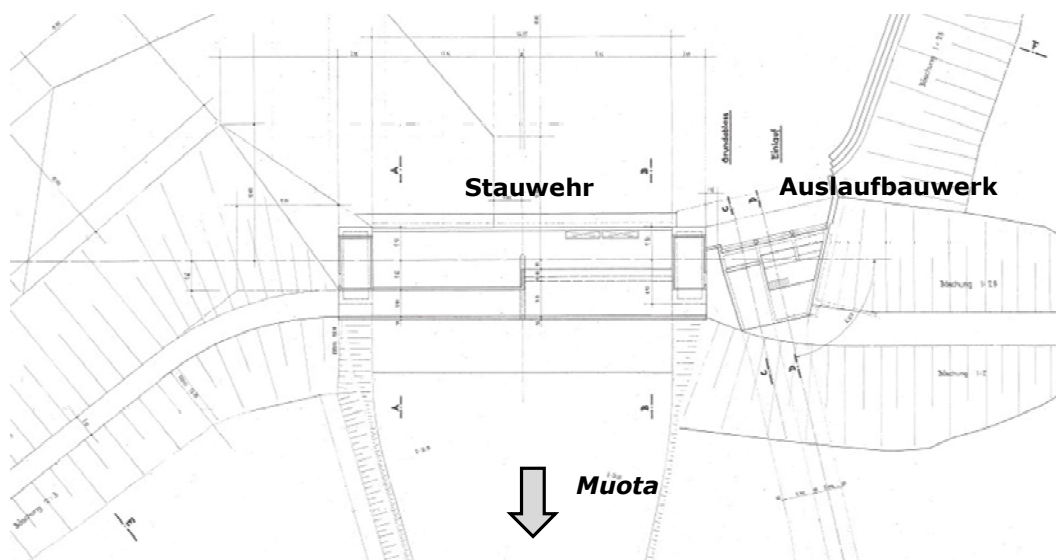


Abbildung 3-1 Situation des bestehenden Überlaufbauwerks und Auslaufbauwerks.

Tabelle 3-1 Kenndaten des AGB Sahlboden.

Grösse	Einheit	Wert
Max. Betriebswasserspiegel	[m ü.M.]	1135.10
Min. Betriebswasserspiegel	[m ü.M.]	1133.30
Dammkronenkote	[m ü.M.]	1137.00
Kote Überlauf Stauklappen	[m ü.M.]	1135.20
Nutzvolumen	[m <sup>3</sup> ]	50'000
Einlaufkote Grundablass	[m ü.M.]	1130.00
Einlaufkote Niederwasserregulierung	[m ü.M.]	1130.50
Einlaufkote Seewasserfassung	[m ü.M.]	1131.50



### 3.1.2 Auslaufbauwerk

Das Auslaufbauwerk befindet sich am Ufer des AGB Sahliboden neben dem Stauwehr. Neben der Einlauföffnung der Niederwasserregulierung ist auch die Seewasserfassung im Auslaufbauwerk untergebracht. Mit der Seewasserfassung wird Wasser aus dem AGB Sahliboden gefasst und in das Triebwassersystem des KW Bisisthal eingeleitet. Die Auslauföffnung der Niederwasserregulierung weist einen Rechteckquerschnitt mit einer Höhe von ca. 1.3 m und einer Breite von ca. 3.0 m ( $A \approx 3.9 \text{ m}^2$ ) auf.

Die neben der Niederwasserregulierung angeordnete Seewasserfassung weist zwei Einlauföffnungen mit einer Höhe von jeweils ca. 1.0 m und einer Breite von je ca. 3.0 m ( $A_{\text{tot}} \approx 6.0 \text{ m}^2$ ). Mit der heutigen Ausbauwassermenge von  $Q_a = 5.0 \text{ m}^3/\text{s}$  beträgt die Eintrittsgeschwindigkeit  $v_e \approx 0.8 \text{ m/s}$ . Die Seewasserfassung ist mit einem Einlaufrechen ausgerüstet, welcher Stäbe mit einer Dicke von 6 mm und einem lichten Stababstand von 20 mm aufweist. Der Einlaufbereich ist gegenüber dem Seegrund erhöht angeordnet, was den Einzug von Feststoffen reduziert – insbesondere wenn bei einer Absenkung/Entleerung des AGB Sahliboden feststoffreiches Wasser mit der Niederwasserregulierung abgeleitet wird. Das mit der Seewasserfassung gefasste Wasser wird in den Betonkanal (Zuleitung) eingeleitet.



Abbildung 3-2 Ansicht des Auslaufbauwerks und Stauwehrs (Blick in Fließrichtung).

### 3.1.3 Stauwehr Sahliboden

Mit dem Stauwehr wird die Muota im AGB Sahliboden aufgestaut. Das Stauwehr weist zwischen den Ufermauern eine Breite von rund 26.5 m auf und wird durch einen Wehrpfeiler in zwei rund 13 m breite Wehröffnungen unterteilt. Die Wehröffnungen werden von einer befahrbaren Wehrbrücke überspannt und können mit Stauklappen reguliert resp. verschlossen werden.

Das überfallende Wasser des Stauwehrs fällt in ein betoniertes Tosbecken ohne Gegenschwelle. Im Anschluss an das Tosbecken ist die Muota mit Blocksteinen ausgelegt (Kolkenschutz).



Abbildung 3-3 Ansicht des Stauwehrs und Tosbeckens.

## 3.2 Fassungen und Bachwasserzuleitung Hchweid

Die Bachwasserzuleitung Hchweidbach weist insgesamt sechs Fassungen auf mit denen unter anderem das Wasser des Hchweidbachs und des Schmallaubachs gefasst und in das AGB Sahliboden gleitet wird. Die Zuleitung ist erdverlegt und besteht aus Rhren DN 600 und DN 400. Die Bachwasserzuleitung überwindet über ihre Leitungslänge von etwa 1'570 m einen Höhenunterschied von etwa 85 m. Die Fassungen und die Leitung werden im Rahmen der Neukonzessionierung nicht verändert.

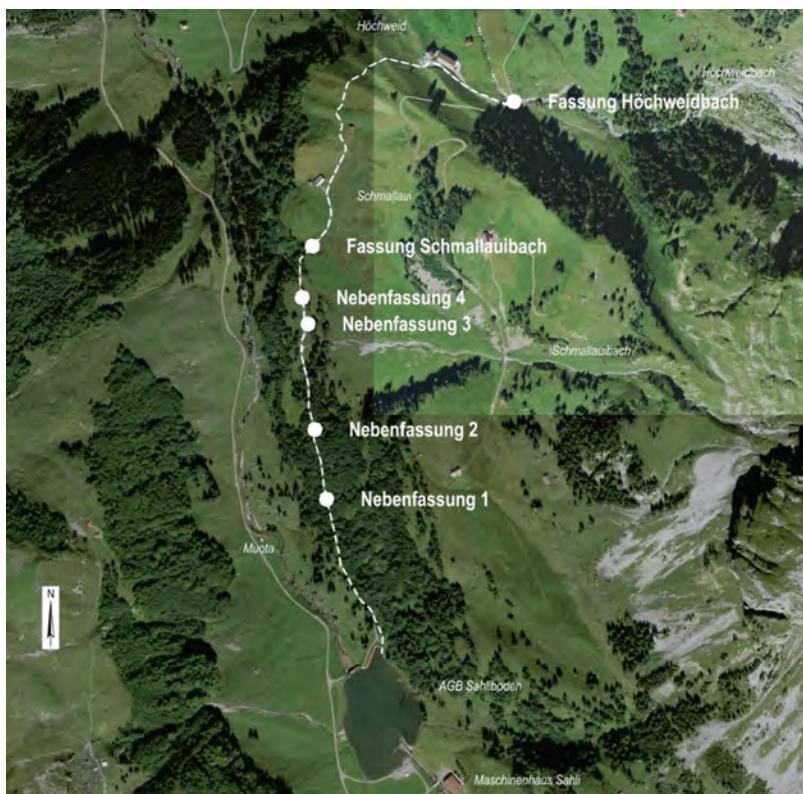


Abbildung 3-4 Übersicht Bachwasserzuleitung Hchweidbach.



## 3.3 Triebwassersystem

### 3.3.1 Einleitung

Das Triebwassersystem des KW Bisisthal führt das Wasser aus dem AGB Sahliboden zum Maschinenhaus Bisisthal. Das Triebwassersystem besteht aus den folgenden Elementen:

- Zuleitung (Betonkanal und Rohrleitung);
- Druckstollen;
- Wasserschloss mit Apparatkammer und Drosselklappe ca. DN 900;
- Druckleitung 1 + 2 (freiliegend, erdverlegt und in Rohrstollen);
- Verteilleitung.

Das Längenprofil des Triebwassersystems ist in Abbildung 3-5 ersichtlich. Die Länge (L), die Querschnittsgrösse (DN), die Durchflussfläche (A), der benetzte Umfang (P), der hydraulische Durchmesser ( $D_{hy}$ ) und die äquivalente Sandrauigkeit ( $k_s$ ) der Triebwasserweg-Abschnitte sind in Tabelle 3-2 aufgeführt.

Tabelle 3-2 Hauptdaten des bestehenden Triebwassersystems.

<b>Bezeichnung</b>	<b>L [m]</b>	<b>DN [mm]</b>	<b>A [m<sup>2</sup>]</b>	<b>P [m]</b>	<b><math>D_{hy}</math> [m]</b>	<b><math>k_s</math> [mm]</b>
Seewasserfassung	-	-	6.00	16.00	1.50	-
Betonkanal <sup>1)</sup>	31	-	4.00	8.20	1.95	1.1
Rohrleitung <sup>1)</sup>	290	1'500	1.77	4.71	1.50	1.1
Druckstollen <sup>2)</sup>	661	-	3.48	6.60	2.11	1.1
Druckstollen <sup>3)</sup>	1'255	-	4.06	7.15	2.27	30
Druckstollen <sup>4)</sup>	926	-	4.06	7.15	2.27	40
Druckstollen, Gesamtl.	2'842	-	-	-	-	-
Druckleitung 1	22	900	0.64	2.83	0.90	0.6
Druckleitung 1	452	875	0.60	2.75	0.88	0.6
Druckleitung 1	187	825	0.54	2.59	0.83	0.6
Verteilleitung 1	20	600	0.28	1.88	0.60	0.6
Druckleitung 1, Gesamtl.	681	-	-	-	-	-
Druckleitung 2	15	900	0.64	2.83	0.90	0.6
Druckleitung 2	444	875	0.60	2.75	0.88	0.6
Druckleitung 2	204	825	0.54	2.59	0.83	0.6
Verteilleitung 2	20	600	0.28	1.88	0.60	0.6
Druckleitung 2, Gesamtl.	683	-	-	-	-	-

<sup>1)</sup> Zuleitung

<sup>2)</sup> Betonauskleidung

<sup>3)</sup> Spritzbetonauskleidung

<sup>4)</sup> Gunitauskleidung



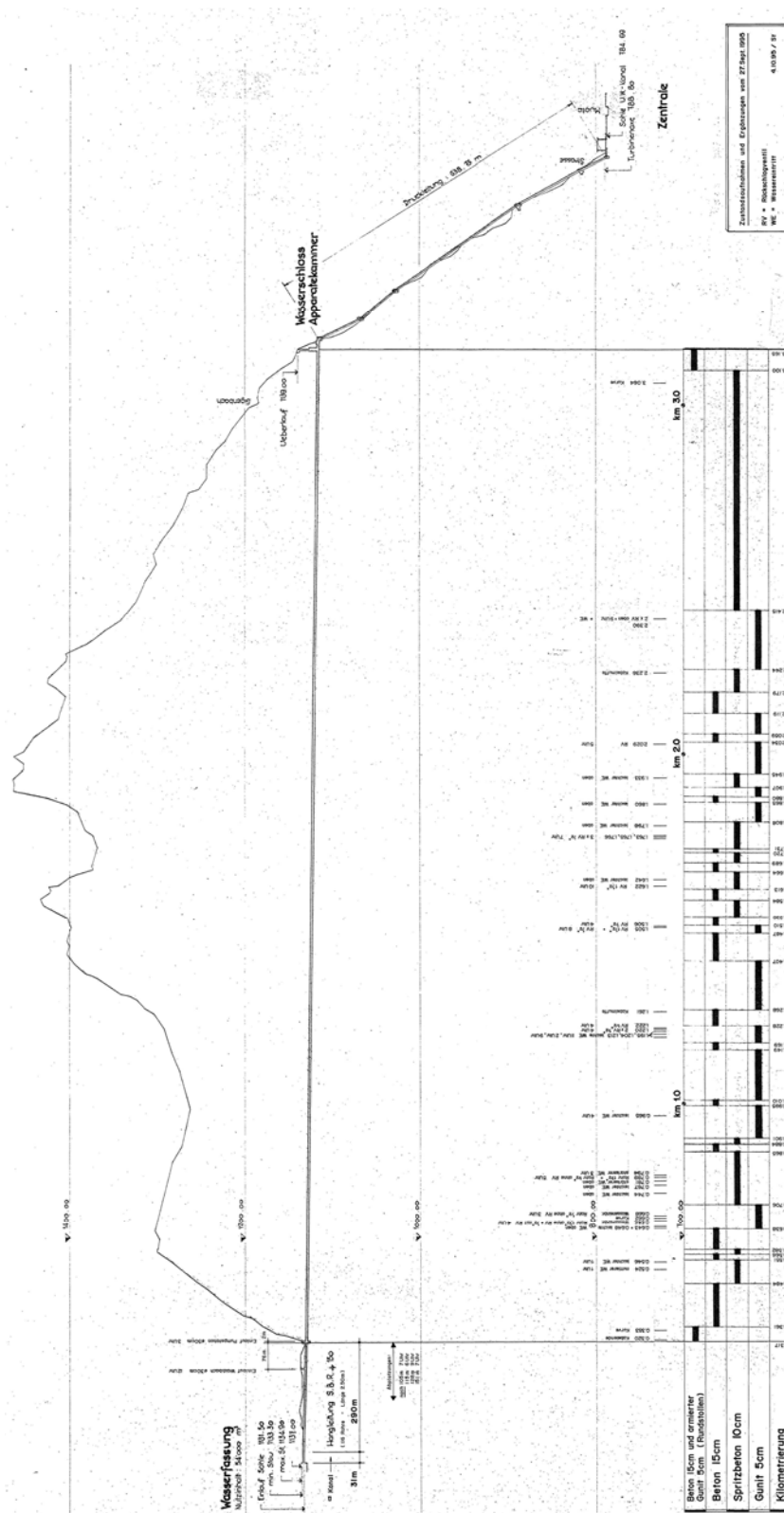


Abbildung 3-5 Längenprofil des bestehenden Triebwassersystems (Ausschnitt Plan Nr. 400-2).



### 3.3.2 Zuleitung

Heute wird das gefasste Wasser mit einem Betonkanal und einer Rohrleitung aus Schleuderbetonrohren von der Seewasserfassung zum Druckstollen transportiert. Aufgrund der topographischen Verhältnisse wurde der Zulaufkanal im Tagbau erstellt. Im Querschnitt weist der Betonkanal ein Rechteckprofil mit einer lichten Höhe von ca. 2.6 m und einer lichten Breite von schätzungsweise 2.5 m auf (vgl. Abbildung 3-6). Die Rohrleitung hat einen Innendurchmesser von 1.5 m. Zusammen weisen die beiden Leitungen eine Länge von rund 321 m auf.



Abbildung 3-6 Übergang vom Betonkanal in die Rohrleitung (links) und Innenansicht der Rohrleitung (rechts).

### 3.3.3 Druckstollen

Der Druckstollen leitet das Wasser über ca. 2.8 km bis zum Wasserschloss „Chäsgradenwald“. Die Auskleidung des Druckstollens besteht vorwiegend aus Gunit und Spritzbeton (vgl. Längenprofil resp. Abbildung 3-5). Aufgrund der unterschiedlichen Druckstollen-Auskleidung variiert das Stollenprofil. Das Längsgefälle beträgt rund 0.5 %. Einige wenige Strecken sind mit einer Ortbetonauskleidung versehen. Es wird vermutet, dass die geologisch schlechteren Bereiche mit Ortbeton ausgekleidet wurden.



Abbildung 3-7 Typische Oberflächenbeschaffenheit eines mit Gunit ausgekleideten Druckstollenabschnitts (links) und Übergang zwischen einem mit Gunit und einem mit Beton ausgekleideten Druckstollenabschnitt.





### 3.3.4 Wasserschloss und Apparatekammer

Das Wasserschloss „Chäsgradenwald“ ist nahezu vollständig unterirdisch angeordnet und befindet sich am Ende des Druckstollens vor dem Übergang zu den Druckleitungen. Das Wasserschloss besitzt eine untere und eine obere Schwallkammer, die mit einem senkrechten und schrägen Steigschacht miteinander verbunden sind. Die obere Schwallkammer ist mit einem Überlauf und einer Belüftungsöffnung versehen. Gemäss den Planunterlagen liegt der Überlauf auf etwa 1151.3 m ü.M. Die Sohle des Wasserschlosses liegt auf 1112.4 m ü.M. und weist eine lokale Vertiefung mit Kragsschwelle auf. Mit der Sohlenvertiefung kann einerseits das Triebwassersystem entleert und andererseits können sohlennah transportierte Feststoffe zurück gehalten werden. Abbildung 3-8 zeigt einen Schnitt durch das bestehende Wasserschloss und die Apparatekammer. In der oberen Schwallkammer wird das mit der Fassung Gigenbach (siehe Abschnitt 3.3.5) gefasste Wasser eingeleitet.

Aus dem Wasserschloss führen zwei Druckleitungen das Wasser zum Maschinenhaus Bisisthal. Die beiden Druckleitungen verlaufen anfänglich in der Apparatekammer, in der heute zwei Drosselklappen mit einem Durchmesser von 875 mm installiert sind. Die Drosselklappen sind über ein Staupendel gesteuert und dienen als Rohrbruchsicherung. Ebenfalls ist pro Druckleitung ein Be- und Entlüftungsventil DN 200 vorhanden.

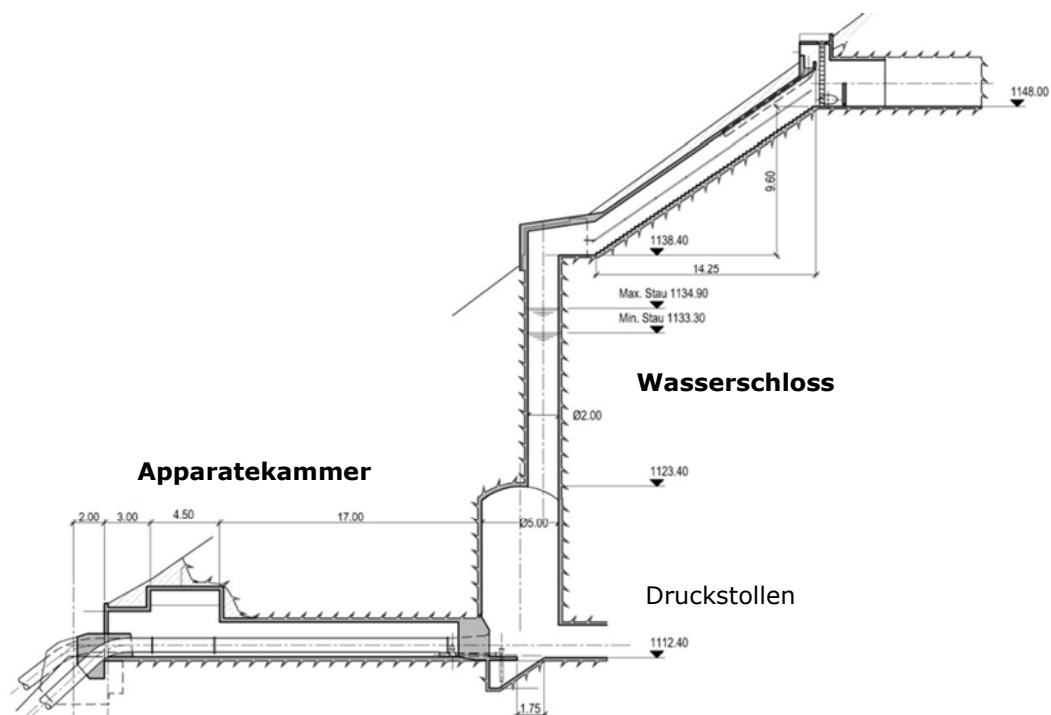


Abbildung 3-8 Schnitt durch das bestehende Wasserschloss „Weidli“ und die Apparatekammer.

Das Wasserschloss ist über eine Waldstrasse erschlossen. Ebenfalls besteht ein Zugangstollen zur Apparatekammer. Die obere Wasserschlosskammer kann nur über eine Steigleiter im Wasserschloss erreicht werden.



### 3.3.5 Fassung Gigenbach

Die Fassung Gigenbach fasst das Wasser des Gigenbachs in unmittelbarer Nähe zum Wasserschloss „Chäsgradenwald“. Das gefasste Wasser wird in einem Kanal in die obere Schwallkammer des Wasserschlosses resp. in das Triebwassersystem eingeleitet. Das Fassungsbauwerk wird im Rahmen der Neukonzessionierung nicht verändert.



Abbildung 3-9 Bilder der Fassung Gigenbach.

### 3.3.6 Druckleitung 1 + 2 und Verteilungen

Der Durchfluss wird nach dem Wasserschloss mit zwei geschweisste Stahl-Druckleitungen (Druckleitung 1 und Druckleitung 2) DN 900 zum Maschinenhaus Bisisthal geführt. Die Druckleitung 1 verläuft frei an der Geländeoberfläche und ist auf Betonsockeln verlegt. Bei der Druckleitung 2 handelt es sich um eine erdverlegte Leitung die parallel zur Druckleitung 1 verläuft. Beide Druckleitungen weisen Betonfixpunkte und Expansionen auf. Rund 50 m vor dem Maschinenhaus Bisisthal werden beide Druckleitungen in einem Rohrstollen bis zum Maschinenhaus geführt. Der Querschnitt des Rohrstollens hat eine lichte Breite von 3.3 m und eine lichte Höhe von 1.8 - 2.2 m.

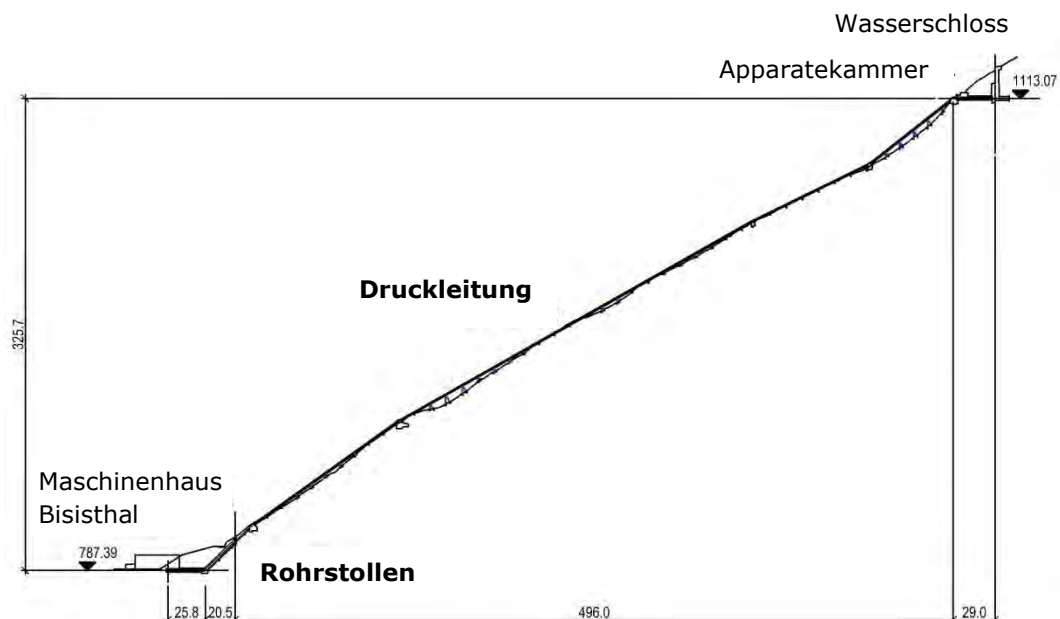


Abbildung 3-10 Längenprofil der Druckleitung 1.



### 3.4 Maschinenhaus Bisisthal

Das Maschinenhaus Bisisthal befindet sich auf der linken Flussseite der Muota, etwa 700 m flussaufwärts des Ausgleichsbeckens Riedplätz. Im Maschinenhaus Bisisthal sind zwei Zwillings-Peltonturbinen untergebracht. Das Maschinenhaus hat gemäss den Planunterlagen eine Länge von 30.5 m und eine Breite von 19.5 m. Der Maschinensaal ist mit einem Laufkran ausgerüstet. Der Laufkran hat eine Nutzlast von 20 t und eine Kranhakenhöhe von 5.6 m.

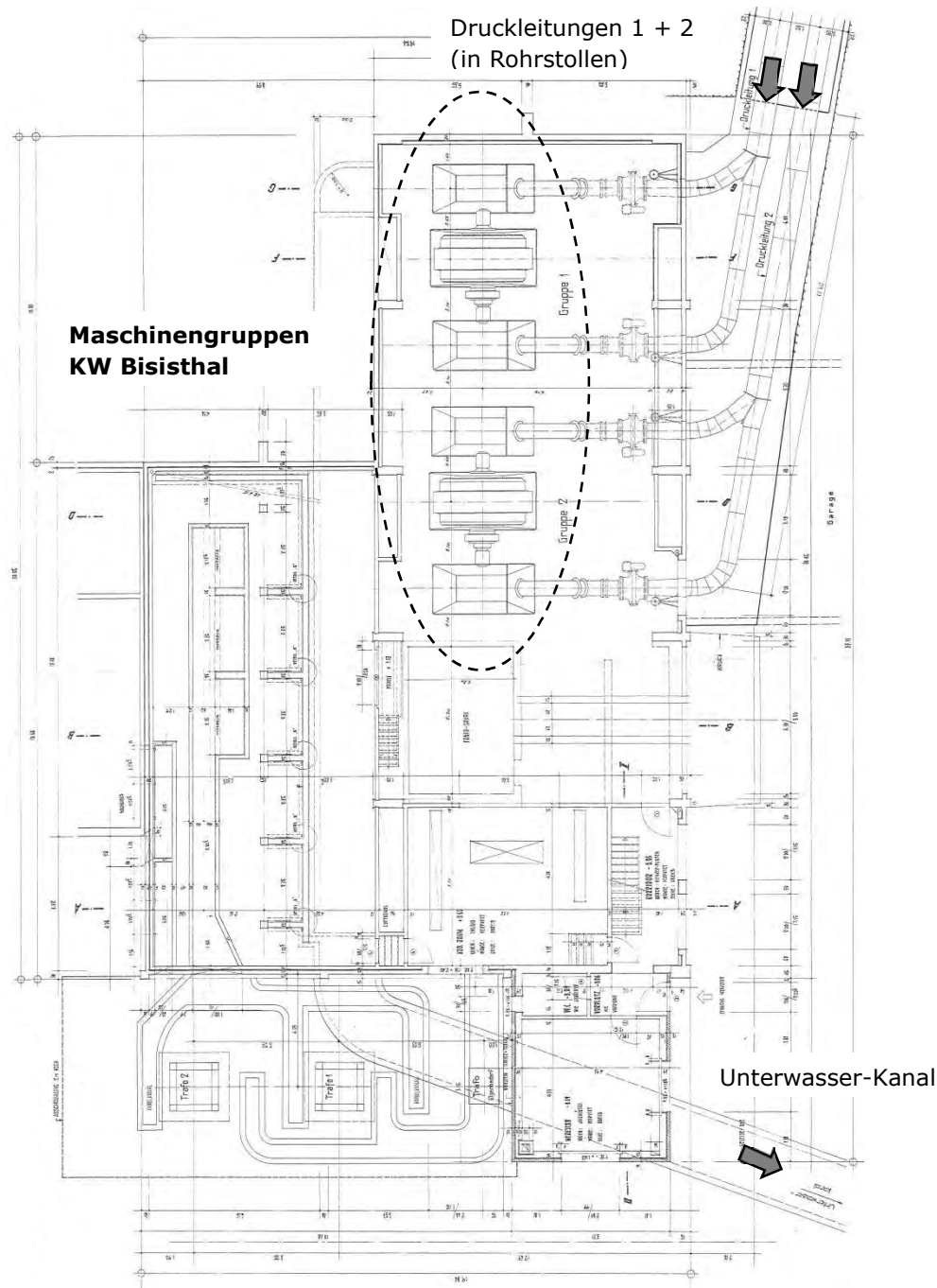


Abbildung 3-11 Grundriss des bestehenden Maschinenhaus Bisisthal (Erdgeschoss, Ausschnitt Plan Nr. 500-103).



Die bestehenden Maschinengruppen des KW Bisisthal haben folgende Kennwerte:

Tabelle 3-3 Kenndaten der heutigen maschinellen Ausrüstung des KW Bisisthal.

Grösse	Einheit	Wert
Turbinen-Typ	[-]	Pelton
Anzahl Turbinen	[-]	4
Anzahl Düsen (pro Turbine)	[-]	4
Alter Maschinengruppe 1	[a]	59
Alter Maschinengruppe 2	[a]	53
Ausbauwassermenge (pro Turbine)	[m <sup>3</sup> /s]	1.25
Nenn Drehzahl	[min <sup>-1</sup> ]	600
Installierte Leistung	[MW]	15.5
Jahresproduktion	[GWh]	54.2

### 3.5 Unterwasser-Kanal

Das turbinierte Wasser des KW Bisisthal wird über den Unterwasser-Kanal (UW-Kanal) in die Muota zurückgegeben. Die relevanten Kenndaten des UW-Kanals sind in Tabelle 3-4 zusammengestellt.

Tabelle 3-4 Kenndaten des bestehenden UW-Kanals.

Grösse	Einheit	Wert
Länge	[m]	71.4
Sohlenbreite	[m]	2.0
Höhe	[m]	1.3
Gefälle	[%]	0.57
Abflusstiefe bei $Q_a = 5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ (Normalabfluss)	[m]	0.7

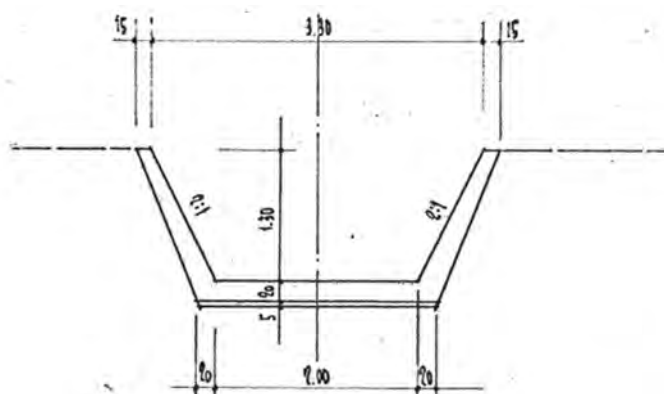


Abbildung 3-12 Querschnitt des bestehenden UW-Kanals (Ausschnitt Plan Nr. 400-62).



### 3.6 Pumpstation Sahli

Die Pumpstation Sahli befindet sich rund 300 m flussabwärts vom AGB Sahliboden. Die Pumpstation besteht aus einem Fassungsbauwerk mit dem Wasser aus der Muota entnommen wird. Das Wasser wird in ein Reservoir geleitet und je nach Füllungsgrad in den Druckstollen des KW Bisisthal gepumpt.



Abbildung 3-13 Schematische Darstellung der Pumpstation (Situation, links, Ausschnitt aus Plan Nr. 400-6) und Bild des Fassungsbauwerks (rechts).

## 4 Ausbau der baulichen Anlagen

### 4.1 Ausgleichsbecken Sahlboden

#### 4.1.1 Seewasserfassung

Bei der heutigen Seewasserfassung muss mit lufteinziehenden Wirbeln gerechnet werden. Diese Wirbel entstehen aufgrund einer zu geringen Einlaufüberdeckung. Aufgrund der Erhöhung der Ausbauwassermenge des KW Bisisthal ist die Seewasserfassung neu zu bauen und so zu gestalten, dass der Lufteintrag durch Wirbel ausgeschlossen werden kann.

Bei der geplanten Neuauslegung der Seewasserfassung wurde angestrebt, dass eine möglichst uneingeschränkte Bewirtschaftung des AGB Sahlboden bis zum minimalen Betriebswasserspiegel (1133.3 m ü.M.) möglich ist. Dies bedingt ausreichend grosse Einlauföffnungen damit die Eintrittsgeschwindigkeiten in die Seewasserfassung klein gehalten werden können. Folglich ist die geplante Seewasserfassung im Vergleich zur bestehenden grösser.

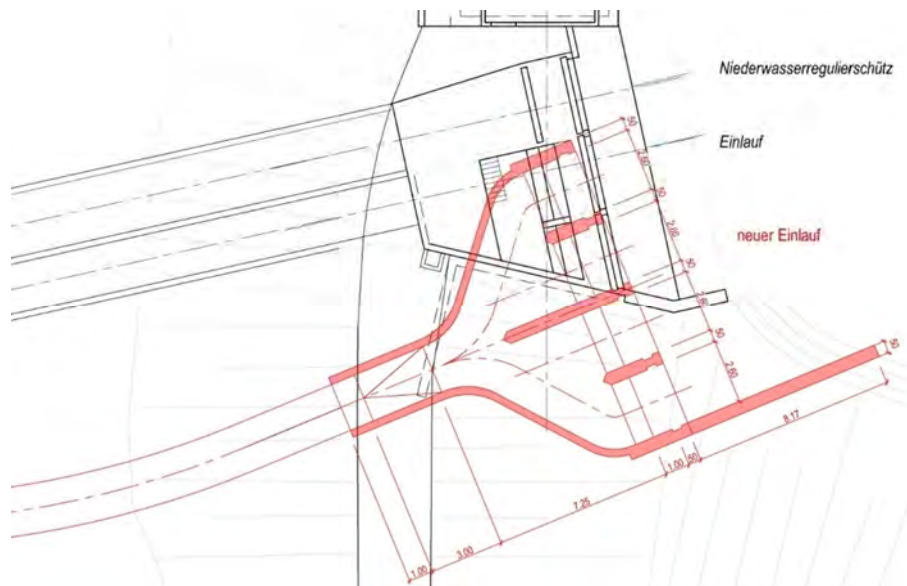


Abbildung 4-1 Grundriss der neuen Seewasserfassung.

Die geplante Seewasserfassung ist in Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 dargestellt. Der Einlaufquerschnitt weist eine unverbaute Fläche von  $A = 10.4 \text{ m}^2$  auf, was bei  $Q_a$  zu einer mittleren Eintrittsgeschwindigkeit von ca.  $v_e \approx 0.7 \text{ m/s}$  führt. Damit wird die Eintrittsgeschwindigkeit im Vergleich zur heutigen Seewasserfassung ( $v_e \approx 0.8 \text{ m/s}$ ) reduziert und folglich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von lufteinziehenden Wirbeln minimiert. Die Seewasserfassung ist im Rahmen des Bauprojektes zu optimieren.



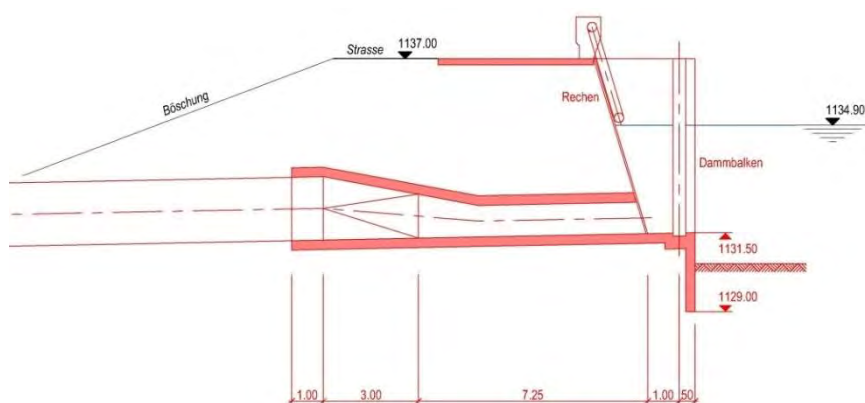


Abbildung 4-2 Schnitt A-A durch die neue Seewasserfassung.

### 4.1.2 Fischwanderung und Fischschutz

Beim Stauwehr Sahliboden werden die Fischwanderung (Fischaufstieg/Fischabstieg) sowie der Fischschutz sichergestellt. Momentan werden die Fischaufstiegs-Varianten Schlitzpass, Fischlift und Fischliftschleuse diskutiert.

Der Fischabstieg wird sehr wahrscheinlich über das Wehr stattfinden. Das bedeutet, dass die Abwanderung durch eine Öffnung in einer Stauklappe erfolgt. Unterwasserseitig der Öffnung ist ein Becken zu erstellen mit welchem ein ausreichendes Wasserpolster aufgestaut werden kann.

Der Fischschutz bei der neuen Seewasserfassung wird durch den Bau eines Feinrechens sichergestellt.

Die Fischaufstiegs- und Fischabstiegsanlage werden im Rahmen der „Sanierung Wasserkraft“ ausgearbeitet.

### 4.1.3 Geschiebedurchgängigkeit

Das Stauwehr Sahliboden unterbindet den natürlichen Sedimenttransport (insbesondere Geschiebe). Die Konzeption des bestehenden Stauwehrs erlaubt kein Abspülen von Feststoffen beispielsweise während Hochwasserereignissen.

Mögliche Sanierungsmassnahmen werden im Rahmen der „Sanierung Wasserkraft“ ausgearbeitet.

### 4.1.4 Umgang mit Schwemmholz

Geplant ist, dass Schwemmholz im Gewässer verbleibt und ins Unterwasser weitergeleitet wird. Die Weiterleitung von Schwemmholz erfolgt vorwiegend über die Stauklappen. Hierdurch können die Betriebskosten reduziert und sehr wahrscheinlich die gewässerökologischen Verhältnisse verbessert werden. In diesem Zusammenhang ist zu bedenken, dass die grossen Schwemmholzmengen während Hochwasserereignissen anfallen werden. Bei Hochwasser sind die Wehrklappen geöffnet, womit eine Weiterleitung von Schwemmholz ungehindert stattfinden wird.



## 4.2 Triebwassersystem

### 4.2.1 Energiehöhenverluste

Das Triebwassersystem des KW Bisisthal besteht aus der Zuleitung, dem Druckstollen und der Druckleitung, in welchen es aufgrund von Reibung, Turbulenzen, etc. zu Energiehöhenverlusten kommt. Der Energiehöhenverlust in der Zuleitung ( $h_{v,Z}$ ), derjenige im Druckstollen ( $h_{v,D}$ ) und jener in der Druckleitung ( $h_{v,L}$ ) ergeben zusammen den Energiehöhenverlust des KW Bisisthal ( $h_{v,Z} + h_{v,D} + h_{v,L} = h_v$ ).

Die bestehende Zuleitung (Rohrleitung) und der Druckstollen werden in ihrer jetzigen Form bestehen bleiben und baulich nicht verändert werden. Der Betonkanal wird sehr wahrscheinlich bei den Bauarbeiten an der Seewasserefassung rückgebaut werden. Die Erhöhung der Ausbauwassermenge wird in der Zuleitung und im Druckstollen grössere Energiehöhenverluste hervorrufen. Deshalb wird der Durchmesser der neuen Druckleitung so gross gewählt, dass der Energiehöhenverlust des ausgebauten KW Bisisthal ( $h_v$ ) etwa dem heutigen entspricht. Die Energiehöhenverluste des bestehenden KW Bisisthal werden auf ca.  $h_v \approx 22.6$  m (ca. 6.5 % der Bruttofallhöhe) geschätzt. Gemäss der Vorgabe der ebs sollen die Energiehöhenverluste nicht mehr als 7.5 % der Bruttofallhöhe ( $h_{f,B}$ ) betragen.

Da die Linienführung des ausgebauten Triebwasserweges etwa der heutigen entspricht, werden die Verlustbeiwerte ähnlich gross sein wie heute. Die Reibungsverluste ( $h_f$ ) wurden nach COLEBROOK-WHITE berechnet:

$$h_f = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} \right) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2.0 \cdot \log \left( \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k_s/d}{3.71} \right)$$

Einzelverluste resp. lokale Verluste treten durch örtlich begrenzte Veränderungen der Strömung und deren Richtung auf. Wie die Reibungsverluste werden auch die lokalen Verluste in Abhängigkeit der Geschwindigkeitshöhe erfasst. Die Verlustbeiwerte  $\xi$  der Unstetigkeitsstellen im Triebwassersystem des KW Bisisthal wurden anhand der vorhandenen Pläne auf  $\Sigma \xi \approx 2.5$  geschätzt.

$$h_l = \xi_i \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Mit dem Ausbau des Triebwassersystems, können die in Tabelle 4-1 aufgeführten Energieverluste des KW Bisisthal ( $h_v$ ) auf ca. 9.2 % von  $h_{f,B}$  beschränkt werden.

Tabelle 4-1 Energiehöhenverluste ( $h_f + h_l$ ) bei Volllastbetrieb  $Q_a = 7.5$  m<sup>3</sup>/s.

Bezeichnung	L [m]	$h_f$ [m]	$h_l$ [m]	$h_{v,x}$ [m]
Zuleitung ( $h_{v,Z}$ )	321	3.4	0.2	3.6
Druckstollen ( $h_{v,D}$ )	2'842	8.6	0.0	8.6
Druckleitung/Verteilleitung ( $h_{v,L}$ )	680	7.7	2.0	9.7
<b>Total</b>	<b>3'843</b>	<b>19.7</b>	<b>2.2</b>	<b>21.9</b>



## 4.2.2 Hydraulisches Abschlusskonzept

Die Betriebssicherheit des KW Bisisthal hängt wesentlich von den Abschlussorganen im Triebwassersystem ab, welche einer Vielzahl von Anforderungen genügen müssen:

- Sicherstellung eines störungsarmen Kraftwerkbetriebs;
- Ermöglichen von Unterhaltsarbeiten an den hydraulischen Einrichtungen im Triebwassersystem;
- Gefahrlose Bewältigung von Störfällen.

Den erwähnten Anforderungen müssen die Abschlussorgane in jedem Betriebszustand des Kraftwerkes gerecht werden können. Unter den massgebenden Betriebszuständen werden verstanden:

- **Normalbetrieb:** Der Normalbetrieb beschreibt einen störungsfreien Betrieb des Kraftwerks. In dieser Betriebsphase müssen die Abschlussorgane jederzeit funktionstüchtig sein;
- **Inspektion:** Zur Aufrechterhaltung des störungsfreien Kraftwerkbetriebs sind periodische Inspektionen der Anlage oder von Anlageteilen erforderlich. Der Zeitraum eines Inspektionsvorgangs umfasst normalerweise ein bis zwei Tage;
- **Revision:** Eine Revision des Kraftwerks trägt zu dessen Sicherheit und Effizienz bei und gewährleistet den Erhalt der Leistungsfähigkeit der Anlage. Revisionen sind im Vergleich mit Inspektionen mit einem grösseren Arbeitsaufwand verbunden. Mit dem Arbeitsaufwand steigt auch das dafür notwendige Zeitfenster an. So kann beispielsweise die Revision der Turbine einige Wochen in Anspruch nehmen;
- **Notschluss:** Der Notschluss bei einem Kraftwerk wird durch Vorkommnisse d.h. Störfälle hervorgerufen, die abrupt zu einer Abweichung vom regulären Betrieb führen.

Das definierte Abschlusskonzept erlaubt den Wasserdurchfluss im Triebwassersystem zu unterbinden, einzelne Abschnitte des Triebwassersystems separat abzuschliessen und im Bedarfsfall entleeren zu können. In Tabelle 4-2 ist die Funktion der Abschlussorgane definiert.

Tabelle 4-2 Abschlussorgane im Triebwassersystem des KW Bisisthal.

Nr.	Typ und Name	PN	DN	Funktion
1	Schützen Seewasserfassung	4	-	Revisionsorgan
2	Drosselklappe Chäsgadenwald	4	ca. 1'400	Sicherheits- und Revisionsorgan
3	Kugelschieber Bisisthal	30	ca. 1'000	Sicherheits- und Revisionsorgan



### 4.2.3 Wasserschloss

Aufgrund der veränderten hydraulischen Verhältnisse im Triebwassersystem, muss das Wasserschloss „Chäsgradenwald“ beim Ausbau der Kraftwerksanlage vergrößert werden. Zur Gewährleistung eines sicheren Kraftwerkbetriebs ist in der unteren sowie der oberen Schwallkammer ein zusätzliches Volumen zu schaffen. Es ist geplant, dass in der unteren und oberen Schwallkammer je ein Stollen in den Fels getrieben werden, was in Abbildung 4-3 dargestellt ist. Im Rahmen des Bauprojektes sind detailliertere Transienten-Berechnungen durchzuführen und der Ausbau des Wasserschlosses zu optimieren.

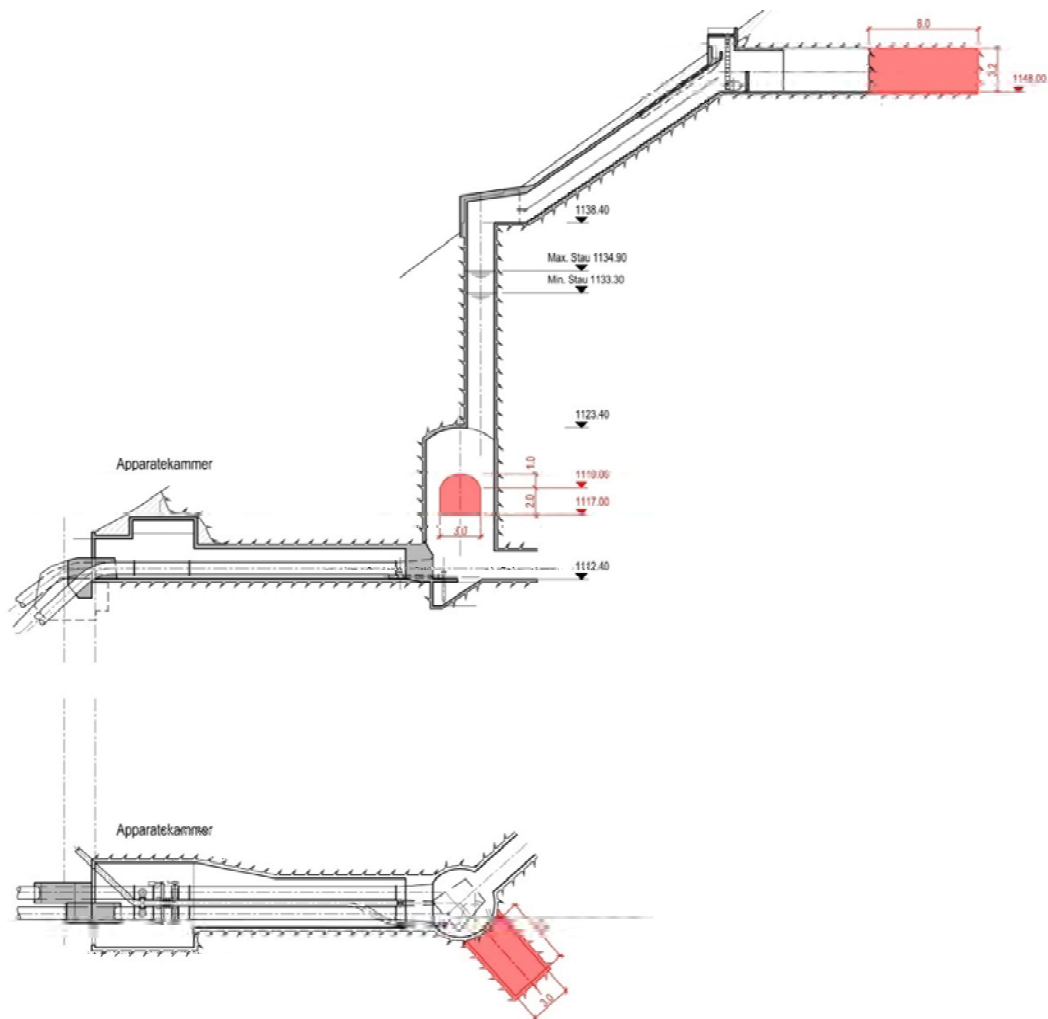


Abbildung 4-3 Geplanter Ausbau des Wasserschlosses.



#### 4.2.4 Apparatekammer und Rohrstollen

Die bestehende Apparatekammer muss aufgrund des grösseren Druckleitungs-Durchmessers vergrössert werden. Der Ausbau ist in Abbildung 4-4 schematisch dargestellt.

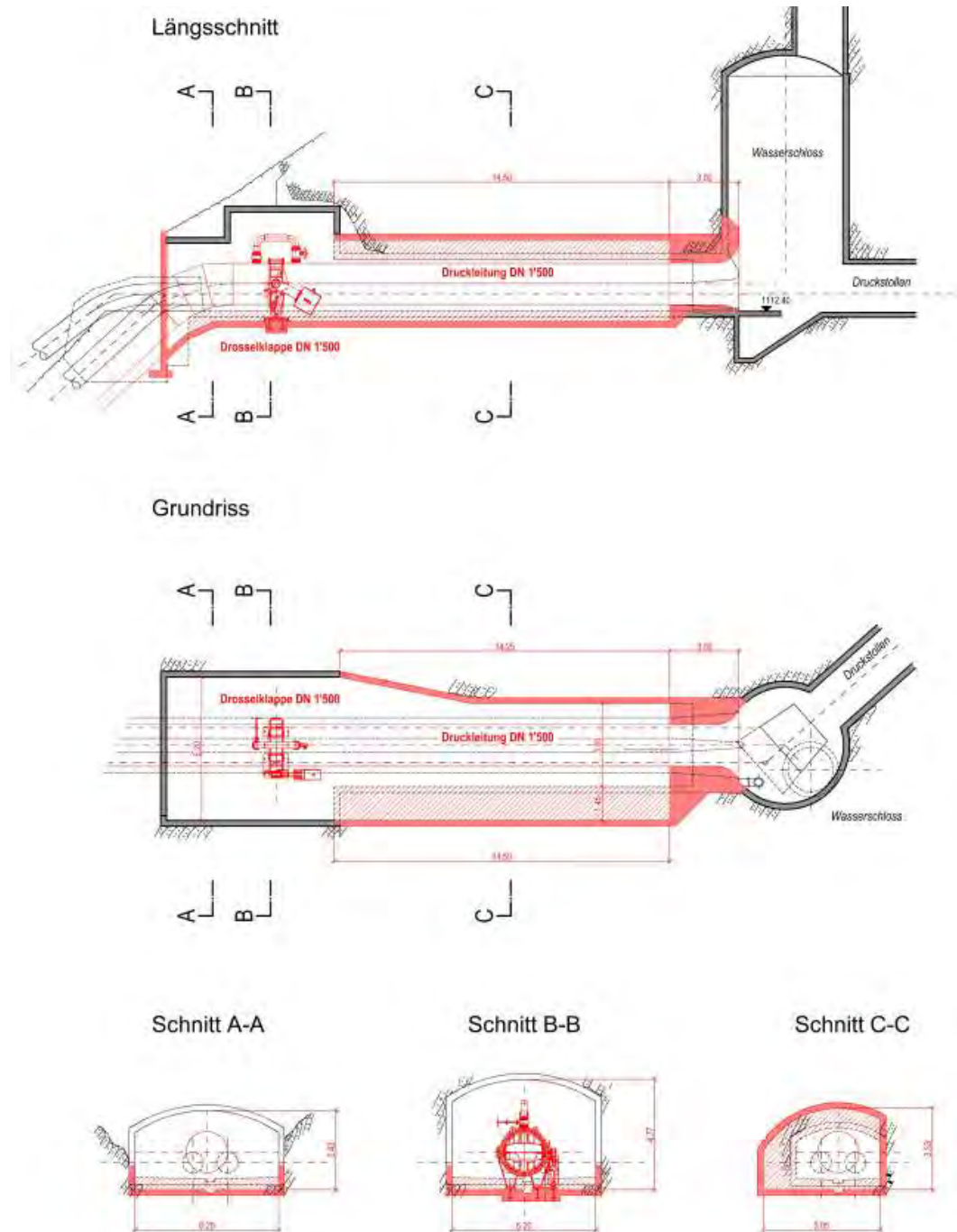


Abbildung 4-4 Geplanter Ausbau der Apparatekammer.



Der Querschnitt der vorhandenen Apparatekammer und des Stollens zum Wasserschloss ist für die geplante Druckleitung zu klein. Die Abmessungen der vergrösserten Apparatekammer sind im Rahmen des Bauprojektes bezüglich Montage der Druckleitung und der Drosselklappe zu verifizieren.

Mit dem geplanten Ausbau der Apparatekammer müssen rund **260 m<sup>3</sup> Fels** (Festvolumen) und vorhandene Betonauskleidung ausgebrochen werden. Daneben sind die relativ grossen Betonfixpunkte 1 und 11 der Druckleitung 1 und 2 rückzubauen. Insgesamt ist ein Betonvolumen von rund **50 m<sup>3</sup>** (Festvolumen) abubrechen und zu entsorgen. Im Rahmen des Bauprojektes ist festzulegen, ob eine neue Drucktüre beim Wasserschloss gebaut werden soll. Mit einer Drucktüre wäre in der Betriebsphase des KW Bisisthal ein Zugang in das Wasserschloss und den Druckstollen vorhanden, was Inspektionen und Revisionsarbeiten vereinfacht und die Arbeitssicherheit (Lüftung, Fluchtweg) erhöht.

Im Rahmen des Bauprojektes sind ebenfalls die die Transportwege zu prüfen, also die Zufahrtsstrasse (insbesondere Zustand und Transportbreite) bis zum Portal des bestehenden Zugangsstollens sowie das Lichtraumprofil des Zugangsstollens. Insbesondere werden der Transport und die Montage der neuen Drosselklappe eine Herausforderung darstellen.

## 4.2.5 Druckleitung

### 4.2.5.1 Allgemeines

Die bestehende Druckleitungen 1 und 2 müssen vollständig rückgebaut und durch eine neue Druckleitung ersetzt werden. Folglich ist auch die Drosselklappe, das Belüftungsventil, etc. in der Apparatekammer zu ersetzen. Aus wirtschaftlicher Sicht ist der Bau einer Druckleitung günstiger als der Bau von zwei Druckleitungen. Deswegen ist geplant, dass die beiden bestehenden Druckleitungen durch eine neue, erdverlegte Druckleitung ersetzt werden.

Geplant ist, dass die neue Druckleitung auf dem Trasse der bestehenden Druckleitungen erstellt wird. Hierdurch werden die landschaftliche Beeinträchtigung und der Eingriff in die Vegetation so klein wie möglich gehalten.

Hinsichtlich der Energiehöhenverluste (siehe Abschnitt 4.2.1) ist geplant, dass die Druckleitung einen Durchmesser rund **DN 1'500** aufweist. Das Längsgefälle der Druckleitung beträgt im Hang  $J \approx 55$  bis  $95$  %. Die neue Druckleitung verläuft bis vor den Rohrstollen in leicht bewaldetem Gebiet oder Weideland. Die letzten rund 50 m ist die Druckleitung frei in einem Rohrstollen geführt. Die gesamte Leitungslänge inkl. Verteilleitung beträgt **L  $\approx$  680 m**.

Punktuell muss die neue Druckleitung mit Beton-Fixpunkten gehalten werden. Der dafür notwendige Beton wird nicht auf der Baustelle hergestellt, sondern mit Betonmischern oder allenfalls mit Helikoptern antransportiert. Nach Fertigstellung des entsprechenden Leitungsabschnittes wird dieser mit dem aufbereiteten Verfüllmaterial wieder hinterfüllt. Der aufgefüllte Graben wird mit dem seitlich gelagerten Humus humusiert und entsprechend den Anordnungen der ökologischen Baubegleitung wiederhergestellt. Das überschüssige Aushubvolumen beträgt  $V_{ü,tot} \approx 605 \text{ m} \cdot 3.0 \text{ m}^3/\text{m} \approx \mathbf{1'815 \text{ m}^3}$ . Für die Transporte ist die Auflockerung beim Aushub zu berücksichtigen.

Eine Optimierung der geplanten Ausbauvariante ist (vor allem hinsichtlich den geologischen Verhältnissen) im Rahmen des Bauprojektes durchzuführen.





Tabelle 4-3 Normalprofil der erdverlegten Druckleitung.

Grösse	Einheit	Wert	V-Graben gem. SIA 190
Mindestarbeitsraum (a / a')	[m]	0.5	
Sohlenbreite (SB)	[m]	2.6	
Grabenbreite (oben)	[m]	5.3	
Grabenneigung ( $\alpha$ )	[°]	60	
<b>Überdeckungshöhe (H)</b>	<b>[m]</b>	<b>0.6</b>	
Bettungsschicht ( $H_u$ )	[m]	0.25	
Aushub <sup>1)</sup>	[m <sup>3</sup> /m]	9.3	
<b>Überschüssiges Material<sup>1)</sup></b>	<b>[m<sup>3</sup>/m]</b>	<b>3.0</b>	

<sup>1)</sup> Festvolumen

#### 4.2.5.2 Korrosionsschutz

Die Druckleitungsrohre sind innen und aussen mit einem Korrosionsschutz zu beschichten. Es ist ebenfalls ein kathodischer Korrosionsschutz vorzusehen.

#### 4.2.5.3 Aushubvolumen und Bettungsmaterial

Die zu erwartende Menge an überschüssigem Aushub- und Ausbruchvolumen ( $V_A$ ) infolge des Druckleitungsbaus und die zuzuführende Menge an Bettungsmaterial ( $V_B$ ) sind in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt. Die Aushubvolumen sind für die Verlegung der Druckleitung entlang des bestehenden Druckleitungstrassees gültig.

Tabelle 4-4 Aushub- und Ausbruchvolumen ( $V_A$ ) infolge des Druckleitungsbaus.

Beschreibung [-]	Länge [m]	$V_A^{1)}$ [m <sup>2</sup> ]	$V_{tot}^{1)}$ [m <sup>3</sup> ]
Druckleitung in Apparatkammer	25	-	310
Druckleitung erdverlegt	605	3.0	1'815
Druckleitung in Rohrstollen	50	-	385
Unvorhergesehenes (ca. 20 %)	-	-	500
<b>Total</b>			<b>3'000</b>

<sup>1)</sup> Festvolumen

Tabelle 4-5 Bettungsmaterial ( $V_B$ ) für die Erstellung der Druckleitung.

Beschreibung [-]	Länge [m]	$V_B^{1)}$ [m <sup>2</sup> ]	$V_{tot}^{1)}$ [m <sup>3</sup> ]
Druckleitung in Apparatkammer/Rohrstollen	75	0.00	0
Druckleitung erdverlegt	605	0.65	400
Unvorhergesehenes (ca. 20 %)	-	-	80
<b>Total</b>			<b>480</b>

<sup>1)</sup> Festvolumen



#### 4.2.5.4 Rodungen

Für den Bau der erdverlegten Druckleitung sind zwischen dem Hangfuss und dem Eingang in den Rohrstillen temporäre Rodungen vorzunehmen. Da beim Bau der Druckleitung Ende der 1950er-Jahre derselbe Geländestreifen bereits einmal gerodet wurde, ist kein dichter Wald vorhanden. Es wird damit gerechnet, dass einzelne temporäre Rodungen über einen Leitungsabschnitt von rund 500 m vorgenommen werden müssen. Entlang der restlichen Leitungsführung sind keine Rodungen erforderlich.

#### 4.2.6 Rohrstillen

Der Querschnitt des bestehenden Rohrstillens ist für die neue Druckleitung zu klein und muss ausgeweitet werden. Es ist eine Querschnittsvergrößerung nach unten geplant, da zu Beginn des Rohrstillens die Überdeckung nur wenige Meter beträgt. Ebenfalls ist zu berücksichtigen, dass die Zufahrtsstrasse ins Bisisthal die Linienführung des Rohrstillens kreuzt. Im Rahmen des Bauprojektes sind die Abmessungen des vergrösserten Rohrstillens bezüglich Montage der Druckleitung sowie Unterhalt zu verifizieren.

Mit dem geplanten Ausbau des Rohrstillens müssen rund **350 m<sup>3</sup> Fels** (Festvolumen) und vorhandene Betonauskleidung ausgebrochen werden. Daneben sind die relativ grossen Betonfixpunkte 6 und 20 der Druckleitungen 1 und 2 rückzubauen. Dabei handelt es sich um ein Betonvolumen von rund **35 m<sup>3</sup>** (Festvolumen).

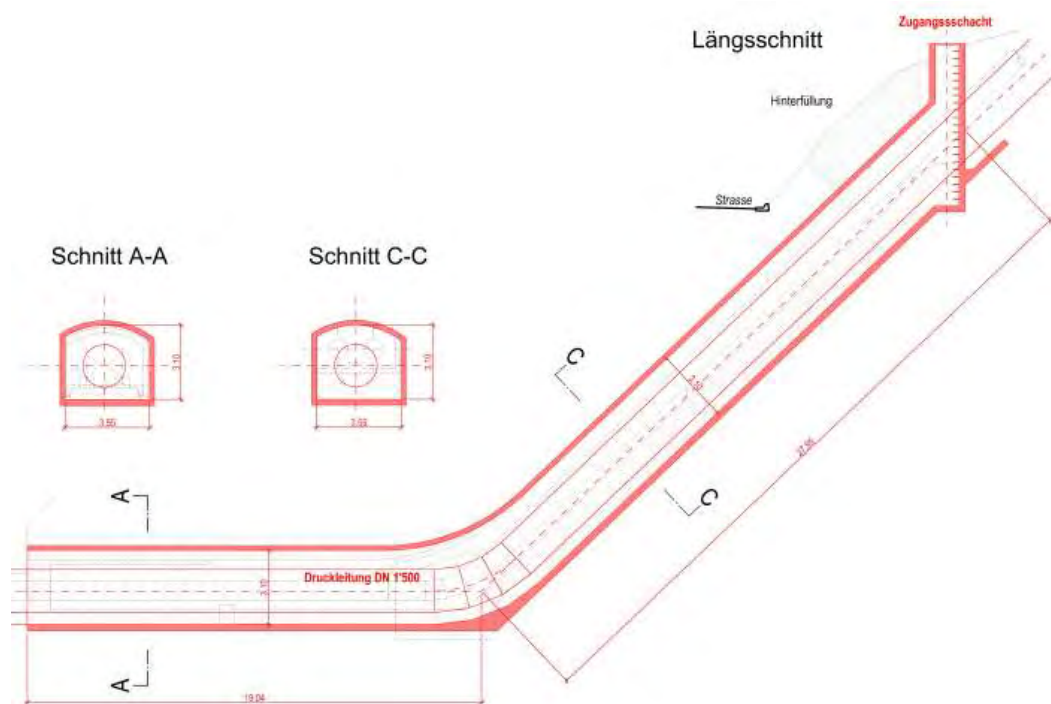


Abbildung 4-5 Geplanter Ausbau des Rohrstillens.



## 4.3 Maschinenhaus Bisisthal

### 4.3.1 Bauliche Massnahmen

Wegen der grösseren Ausbauwassermenge müssen die Maschinengruppen ersetzt werden. Im heutigen Maschinenhaus Bisisthal befinden sich zwei horizontalachsige Zwillings-Pelton-Turbinen. Es ist geplant, dass die heutigen Turbinen durch zwei neue vertikalachsige Pelton-Turbinen ersetzt werden. Die Grösse des vorhandenen Maschinenhauses ist für die Unterbringung der neuen Turbinen zwar ausreichend (siehe Abbildung 4-6 und Abbildung 4-7), jedoch ist die Nutzlast des Maschinensaalkrans zu gering um den Generator heben zu können. Ebenfalls reicht die Kranhakenhöhe für die Montage der neuen Maschinengruppen nicht aus. Deshalb muss der vorhandene Maschinensaalkran ersetzt und höher angeordnet werden, was aufgrund der Raumhöhe realisierbar ist.

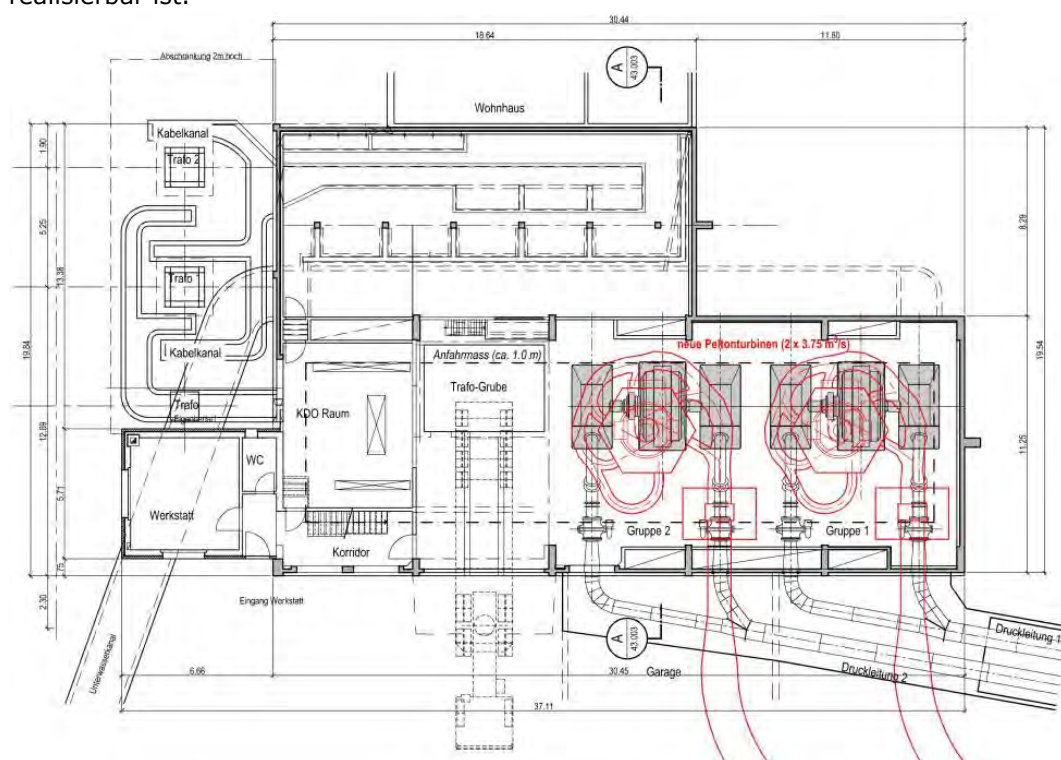


Abbildung 4-6 Grundriss der geplanten Erweiterung des Maschinenhaus Bisisthal.

Im Maschinenhaus sind die vorhandenen Turbinenfundamente rückzubauen. Daneben ist der UW-Kanal zu vergrössern. Der UW-Kanal unterquert einige Räume des Maschinenhauses und die Transformatoren.

Die neue Verteilleitung wird wie die heutige durch die nordwestliche Aussenwand geführt, was mit Wanddurchbrüchen verbunden ist. Ebenfalls ist die Bodenplatte zu einem grossen Teil abzubauen, damit die neue Verteilleitung eingebaut und die neuen Turbinenfundamente erstellt werden können. Voraussichtlich wird die vorhandene Garage, welche an die nördliche Aussenwand des Maschinenhauses angrenzt abgebrochen und nach Fertigstellung der Druckleitung wieder neu gebaut werden, da unter der Garage ein Teil der bestehenden Druckleitung 2 und Verteilleitung 2 verläuft.

Der Ausbau des Maschinenhauses ist im Rahmen des Bauprojektes detaillierter zu planen, zu optimieren und auf die Bedürfnisse der ebs (insbesondere Betrieb) abzustimmen.

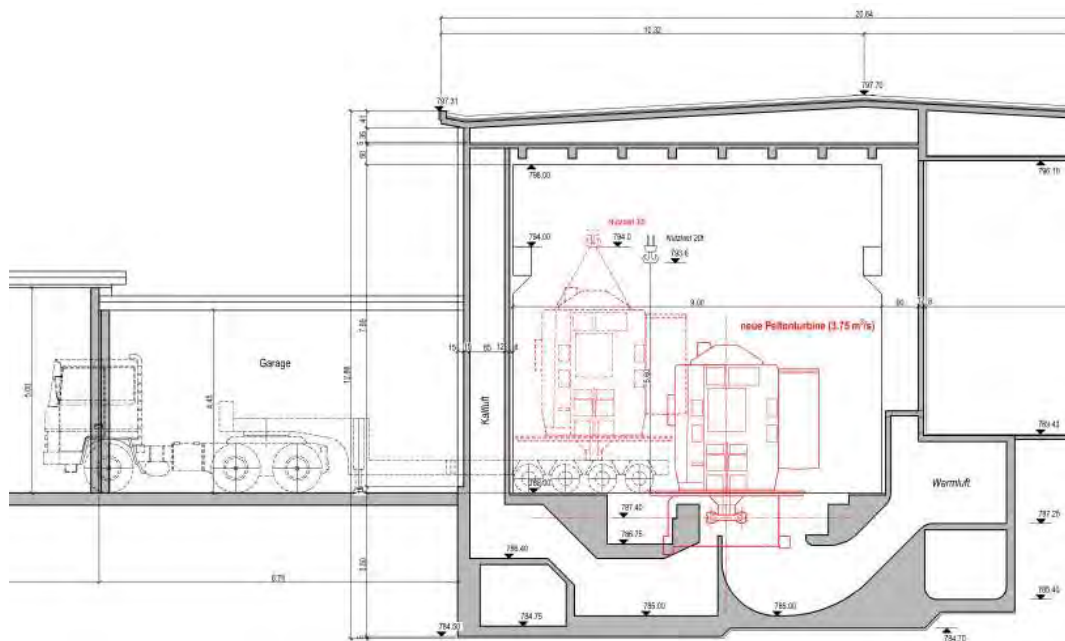


Abbildung 4-7 Schnitt der geplanten Erweiterung des Maschinenhaus Bisisthal.

### 4.3.2 Elektromechanik

Für die Bruttofallhöhe  $h_f$  und die Durchflusswassermenge unter Vollast  $Q_a$  sind neue Pelton-Turbinen erforderlich. Aufgrund der neuen Ausbaumwassermenge werden zwei vertikalachsige Pelton-Turbinen im Maschinenhaus Bisisthal geplant. Die technischen Daten der neuen Turbinen des KW Bisisthal sind in Tabelle 4-6 aufgeführt.

Tabelle 4-6 Technische Daten der geplanten Pelton-Turbinen.

Grösse	Einheit	Wert
Anzahl Gruppen	[-]	2
Turbinentyp	[-]	Pelton, vertikala.
Anzahl Düsen	[-]	6
Laufreddurchmesser	[mm]	ca. 1'000
Durchfluss unter Vollast ( $Q_a$ )	[m <sup>3</sup> /s]	3.75
Leistung der Turbinenwelle	[MW]	ca. 14.7
Drehzahl der Turbinenwelle	[min <sup>-1</sup> ]	ca. 600
Einbaukote	[m ü.M.]	ca. 787.4
Höhe des neuen Generators	[m]	ca. 3.5
Gewicht des neuen Generators	[t]	ca. 30
max. OW Betriebswassersp. (AGB Sahliboden)	[m ü.M.]	1135.1
min. OW Betriebswassersp. (AGB Sahliboden)	[m ü.M.]	1133.3
Bruttofallhöhe, max. ( $h_f$ )	[m]	347.7
Nettofallhöhe, max. ( $h_n$ )	[m]	ca. 325.8



### 4.3.3 Elektrotechnik

Durch die Aufwertung der Maschinengruppen des KW Bisisthal wird eine Anpassung der bestehenden Verteilungen und Ausrüstung an das neue Anlagenlayout notwendig.

Die ET-Auslegung in dieser Phase basiert auf folgenden Grundlagen:

- Vorhandene Anlagen und Ausrüstung im Krafthaus Bisisthal;
- Schwarzstart möglich;
- Inselbetrieb möglich;
- Maschinenspannung: 6.3 kV;
- $\cos \Phi = 0.9$ .

Folgende elektrotechnischen Einrichtungen des KW Bisisthal werden weiterverwendet:

- Schaltanlage 50 kV;
- Maschinentransformator von Zentrale Sahli;
- Maschinentransformator von KW Hinterthal;
- Verteiltransformator 50kV / 15 kV;
- 15 kV Schaltanlage;
- Verteiltransformator 15kV / 400 V;
- Verteilanlage 400 V;
- Batterie-Anlage mit Ladegerät und DC-Verteilung.

Im Maschinenhaus für das KW Bisisthal sind folgende neue elektrotechnische Einrichtungen vorzusehen:

- 2 Hydraulikaggregate;
- 2 Generatoren mit Bürstenloser Erregermaschine;
- Ausrüstung zur Anpassung der bestehenden NS-Verteilungen und DC-Verteilungen an die neuen Anforderungen;
- 2 Turbinensteuerschränke;
- 2 Generatorsteuerschränke mit:
  - Elektrischem Generator und Transformator Schutz;
  - Generator Erregung;
  - Synchronisierung des Generators.
- Spannungswandler zur Synchronisierung des Generators;
- 1 Steuer- und Regel-Schrank für die Fern-Steuerung.

Gesamthaft sind die folgenden Kabel zu verlegen:

- 50-kV-Kabel von den neuen Maschinentransformatoren zur 50 kV Schaltanlage;
- 6.3-kV-Kabel von den Generatoren zu den neuen Maschinentransformatoren.

### 4.3.4 Energieableitung

Die Energieableitung erfolgt über die vorhandenen 50 kV-Leitungen in Richtung Zentrale Hinterthal. Auf Grund der höheren zu übertragenden Leistung sind gewisse Anpassungen an der bestehenden Energieableitung vorzunehmen. Details werden im Rahmen des Bauprojektes ausgearbeitet.



#### 4.3.5 Unterwasser-Kanal

Aufgrund der erhöhten Ausbauwassermenge ist der bestehende Unterwasser-Kanal (UW-Kanal) durch einen neuen, grösseren Kanal zu ersetzen. Es ist geplant, dass die Kanalbreite von heute 2.0 m auf 4.0 m vergrössert wird. Die Kanaltiefe, die Kanallänge und somit das Längsgefälle bleiben gegenüber heute unverändert. Der Neubau des UW-Kanals generiert ein Aushubvolumen von rund **250 m<sup>3</sup>** (Festvolumen) zu rechnen. Das rückzubauende Betonvolumen beträgt rund **80 m<sup>3</sup>** (Festvolumen).

#### 4.3.6 Schwall und Sunk

Beim KW Bisisthal werden Massnahmen ergriffen, mit welchen die negativen Folgen von Schwall und Sunk vermindert werden können. Die Planung dieser Massnahmen werden im Rahmen der „Sanierung Wasserkraft“ vorgenommen.





## 5 Bauinstallationen

### 5.1 Bauinstallationsplätze

Im Projektgebiet sind die folgenden Bauinstallationsplätze geplant:

- Sahliboden: ca. 600 m<sup>2</sup>;
- Maschinenhaus Bisisthal: ca. 1'500 m<sup>2</sup>.

Die Standorte der geplanten Bauinstallationsplätze können Abbildung 5-1 entnommen werden. In den Bauinstallationsplätzen sind Lagerflächen eingerechnet. Die Perimeter der Bauinstallationsplätze sind im Rahmen des Bauprojektes definitiv festzulegen.



Abbildung 5-1 Bauinstallationsplätze im Projektgebiet.

### 5.2 Baustellenerschliessung

Die bestehenden Verkehrswege im Bereich der Baustellen werden bauezeitlich für den Baustellenverkehr genutzt. Die Verbindung zwischen Muotathal und dem Maschinenhaus Bisisthal wird vorwiegend wegen der Zulieferung von Baumaterialien und Baumaschinen während der gesamten Bauzeit eine grössere Verkehrsbelastung aufweisen. Geplant ist, dass der Baubetrieb so koordiniert wird, dass sich der Durchgangsverkehr der anliegenden Ortschaften auf ein Minimum begrenzt. Hierzu zählt beispielsweise, dass Aushubmaterial auf lokalen Ablagerungsflächen abgelagert werden kann und die Transportwege dadurch kurz gehalten werden können. Dies muss im Rahmen des Bauprojektes ausgearbeitet werden.

Für den Bau der Druckleitung sind im Bereich der Druckleitungslinienführung temporäre Baupisten erforderlich. Die Breite der Baupisten wird rund 3 m bis 3.5 m betragen.



## 6 Ablagerungsflächen und -volumen

### 6.1 Ablagerungsflächen

Im Projektgebiet ist eine Ablagerungsfläche geplant, welcher maximal rund 27'400 m<sup>3</sup> (Festvolumen) Aushubmaterial zugeführt werden kann. Die Ablagerungsfläche befindet sich in unmittelbarer Nähe der Baustellen, wodurch die Transportwege verkürzt, die Umwelt geschont und die Transportkosten gesenkt werden. Die Ablagerungsfläche ist in Abbildung 6-1 dargestellt. Die geplante Ablagerungsfläche tangiert keine Gewässerräume.

Die geplante Ablagerungsfläche stellt ein grösseres Ablagerungsvolumen zur Verfügung als für den Ausbau des KW Bisisthal benötigt wird. Das restliche Ablagerungsvolumen kann für die Ablagerung von Aushubmaterial anderer Ausbau-Projekte genutzt werden.

Die Ablagerungsfläche ist im Rahmen des Bauprojektes zu optimieren. Die Umgebungsgestaltung ist im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens zu genehmigen.



Abbildung 6-1 Situation der geplanten Ablagerungsfläche „Hinterer Seeberg“.

Das Aushub- und Ausbruchmaterial, welches im Bereich Bisisthal anfällt, wird in der Ablagerungsfläche "Hinterer Seeberg" deponiert.

Zusätzlich steht bei der Ablagerungsfläche Sahliboden ein Restvolumen von 1'400 m<sup>3</sup> zur Verfügung. Um möglichst kurze Transportwege zu generieren, wird sämtliches Material, welches für die Erstellung der Seewasserfassung und die Fischgängigkeit im Bereich Sahliboden anfällt (ca. 970 m<sup>3</sup> fest), der Ablagerungsfläche 2 a/b "Sahliboden" zugeführt.



## 6.2 Aushub- und Ausbruchvolumen

Das Ablagerungsvolumen setzt sich aus Aushub- und Ausbruchmaterial zusammen. Gesamthaft fällt durch den Ausbau des KW Bisisthal das folgende Ablagerungsvolumen an:

Tabelle 6-1 Zusammenstellung der anfallenden Aushubvolumen infolge des Kraftwerksausbaus.

<b>Anfallort</b>	<b>Festvolumen [m<sup>3</sup>]</b>	<b>n<sup>1)</sup> [-]</b>	<b>siehe [-]</b>
Seewasserfassung	340	60	-
Wasserschloss	150	25	0
Apparatekammer	310	55	Tabelle 4-4
Druckleitung	1'815	310	Tabelle 4-4
Rohrstollen	385	65	Tabelle 4-4
Maschinenhaus	300	50	-
Unterwasser-Kanal	330	55	4.3.5
Zwischentotal	3'630	620	-
Unvorhergesehenes (ca. 20 %)	720	120	-
<b>Total</b>	<b>4'350</b>	<b>740</b>	<b>-</b>

<sup>1)</sup> n = Anzahl Transporte – Annahmen: 3-Achs-LKW mit 14 t Nutzlast, Dichte des Bodens (locker) = 1.7 t/m<sup>3</sup>, Auflockerung = 40 %.



## 7 Bauvorgang und Bauprogramm

### 7.1 Allgemeines

Einleitend muss festgehalten werden, dass die Bauabläufe noch nicht abschliessend studiert wurden und im Rahmen des Bauprojektes zu optimieren sind.

### 7.2 Bauzeitregelung

Das Projektgebiet ist auch im Winter bis etwa in den Bereich des Maschinenhauses Bisisthal mit Fahrzeugen zu erreichen. Gemäss ebs beschränkt sich die Lawinengefahr im Normalfall auf einige Tage. Es ist nicht auszuschliessen, dass bei ganzjähriger Bauzeit Lawinensprengungen, Sperrungen und Evakuationen erforderlich sind (Leistungen der ebs) um die Sicherheit und den Schutz von Personen, Eigentum und der Baustellen gewährleisten zu können. In diesem Zusammenhang hat der Bauunternehmer vor Beginn der Arbeiten ein schriftliches Sicherheits- und Gesundheitsschutzkonzept vorzulegen. Trotz organisatorischer Massnahmen ist davon auszugehen, dass die Wintermonate eine ungünstige Jahreszeit darstellen in der das Risiko von witterungsbedingten Stillständen und Bauablaufstörungen erhöht ist. Ebenfalls ist davon auszugehen, dass die Schneemengen im Projektgebiet relativ hoch sein können und für Bauarbeiten im Winter ein relativ grosser Aufwand für Schneeräumungsarbeiten vorzusehen wäre. Trotzdem wird erwartet, dass normalerweise ein ganzjähriger Baubetrieb möglich ist.

### 7.3 Bauabschnitte

Im Wesentlichen teilen sich die Arbeiten auf die folgenden Bauabschnitte auf:

- Seewasserfassung im AGB Sahliboden;
- Wasserschloss und Apparatekammer;
- Druckleitung;
- Rohrstollen;
- Maschinenhaus;
- Unterwasser-Kanal.

### 7.4 Bauablauf

#### 7.4.1 Seewasserfassung

Die Bauarbeiten für die neue Seewasserfassung finden allesamt Übertage statt. Während dem Neubau der Seewasserfassung kann das AGB Sahliboden voraussichtlich nicht bewirtschaftet werden. Der Zufluss der Muota ist während den Bauarbeiten direkt ins Unterwasser umgeleitet, was beispielsweise mit einem Fangedamm (dient ebenfalls als Baugrubenabschluss) erreicht werden kann. Sobald der Baustellenbereich trocken gelegt ist, können die Aushubarbeiten sowie der Rückbau des bestehenden Fassungsbauwerks und des bestehenden Dammes erfolgen. Das neue Fassungsbauwerk wird aus Ortbeton erstellt. Ein besonderes Augenmerk ist dem Übergangsbereich zur bestehenden Zuleitung (zum Druckstollen) zu schenken.

Nach Abschluss der Rohbauarbeiten werden voraussichtlich vier Einlaufrechen mit einem Gesamtquerschnitt von rund 10 m<sup>2</sup> montiert. Weiter werden Dammbalken oder Gleitschützen als Abschlussorgane montiert werden.



## 7.4.2 Wasserschloss und Apparatekammer

Der Zugang in das bestehende Wasserschloss stellen heute ein Mannloch in der Druckleitung (ca. DN 900) sowie eine Leiter in die obere Schwallkammer dar. Das Wasserschloss resp. die Apparatekammer kann von der Siedlung Bisisthal über einen unbefestigten Zufahrtsweg erreicht werden.

Die Bauarbeiten im Bereich des Wasserschlosses und der Apparatekammer finden Untertage statt. Bevor mit den Ausbrucharbeiten begonnen werden kann, sind die bestehenden Druckleitungen, Abschlussorgane sowie die Betonstrukturen zwischen der Apparatekammer und dem Wasserschloss rückzubauen. Für diese Arbeiten sind grössere Abbaugeräte erforderlich, da sich am Ende der Apparatekammer (Knickpunkt) zwei grosse Betonfixpunkte befinden. Die in einzelne Rohrstücke zerteilten Druckleitungen können zum Beispiel mithilfe einer temporären Materialeilbahn (Motorseilkran) zum Maschinenhaus Bisisthal befördert werden. Mit derselben Materialeilbahn können die neuen Druckleitungsrohre zum Einbauort transportiert werden.

Sobald der Rückbau der bestehenden Druckleitungen abgeschlossen ist, kann mit den Ausbrucharbeiten im Bereich des Wasserschlosses begonnen werden. Die Schutterung des Ausbruchmaterials kann untertägig radgebunden oder mit einem Förderband durch die Apparatekammer erfolgen. Ausserhalb der Apparatekammer ist der Abtransport des Ausbruchmaterials entweder mithilfe einer Seilbahn oder auch mit Lastwagen über die Waldstrasse denkbar.

Als Vortriebssicherung ist der Ausbau mit Ankern, Bewehrungsmatten und Spritzbeton geplant. Die Kombination der Sicherungsmittel richtet sich nach den geologischen Verhältnissen. Die neu ausgebrochenen Teile des Wasserschlosses und der Apparatekammer werden mit Beton oder Spritzbeton ausgekleidet.

Während den Ausbrucharbeiten ist die Baustelle mit ausreichend Frischluft zu versorgen, welche über Lutten in das Wasserschloss geblasen werden kann. Aus dem Wasserschloss wird die belastete Abluft durch den Luftdruckunterschied über die Verbindungsschächte in Richtung Oberkammer gezogen und dort ins Freie entweichen.

Der für die Bauarbeiten erforderliche Beton und/oder Spritzbeton wird voraussichtlich nicht auf der Baustelle hergestellt sondern antransportiert werden. Es wird dem Bauunternehmer überlassen, ob der Antransport per Seilbahn, Helikopter oder Lastwagen erfolgt.

## 7.4.3 Druckleitung

Die neue Druckleitung wird erdverlegt ausgeführt. Entlang der neuen Druckleitung werden der Graben, die Baupiste und die seitlichen Aushub- und Humuslager einen Landstreifen von rund 28 m in Anspruch nehmen. Der Humus wird, sofern möglich, seitlich des Leitungsgrabens zwischengelagert. Der restliche Grabenaushub wird separat zwischengelagert. Diese Breite ist im Bereich von bewaldeten Geländeabschnitten soweit möglich zu reduzieren.

Das beim Grabenbau anfallende Aushubmaterial kann zum Beispiel mit einer mobilen Brecher- und/oder Siebanlage aufbereitet werden. Hierdurch kann ein Grossteil des Aushubmaterials wieder für die Rohrumhüllung verwendet werden. Mit der Aufbereitung des Materials werden grobe Bestandteile herausgesiebt, welche zu einer Abquetschung der Rohrleitung führen können.

Die Rohrschüsse werden mit Lastwagen und beispielweise mithilfe einer temporären Materialeilbahn (Motorseilkran) zum Einbauort transportiert. Das bedeutet, dass die



einzelnen Rohrschüsse mit Lastwagen bis in den Bereich des Maschinenhauses Bisisthal und von dort mit der Materialeiseilbahn zum Einbauort im Hang transportiert werden. Entlang der Druckleitung ist ein Baukorridor für die Aushub- und Betonarbeiten zu erstellen. Beim erwähnten Rohrdurchmesser werden 6.0 m lange Rohrschüsse erwartet.

Zur Gewährleistung der Gesamtstabilität wird die Druckleitung – ähnlich wie heute – mit Fixpunkten aus Ortbeton stellenweise gehalten werden. Der dafür notwendige Beton wird nicht auf der Baustelle hergestellt. Die Wahl der Transportart für den Beton wird dem Baumeister überlassen. Nach Fertigstellung eines Leitungsabschnittes wird dieser mit (eventuell aufbereiteten) Aushubmaterial wieder hinterfüllt. Schliesslich wird das Trasse wieder mit dem seitlich zwischengelagerten Material humusiert und entsprechend den Anordnungen der ökologischen Baubegleitung wiederhergestellt.

Bevor die neue Druckleitung in Betrieb genommen wird, wird eine Druckprobe durchgeführt. Nur bei erfolgreicher Druckprobe kann die Druckleitung in Betrieb genommen werden.

#### 7.4.4 Rohrstollen

Sobald die bestehenden Druckleitungen aus dem Rohrstollen ausgebaut sind, kann mit den Ausbrucharbeiten begonnen werden. Zuerst sind die bestehenden Betonstrukturen rückzubauen, zu welchen auch zwei relativ grosse Betonfixpunkte am Fuss der bestehenden Druckleitungen zählen. Sehr wahrscheinlich werden die Ausbrucharbeiten im Rohrstollen von unten nach oben erfolgen. Die Kombination der Sicherungsmittel richtet sich nach den geologischen Verhältnissen. Der ausgeweitete Querschnitt des Rohrstollens wird mit Beton oder Spritzbeton ausgekleidet.

Während den Ausbrucharbeiten ist die Baustelle mit ausreichend Frischluft zu versorgen, welche über Lutten in den Rohrstollen geblasen wird. Die belastete Abluft wird durch den Luftdruckunterschied über den Einstiegsschacht am oberen Ende des Rohrstollens ins Freie entweichen.

#### 7.4.5 Maschinenhaus Bisisthal und Unterwasser-Kanal

Beim Maschinenhaus Bisisthal ist ein Ausbau des bestehenden Gebäudes geplant. Der Ausbau richtet sich vorwiegend nach der Linienführung der neuen Druckleitungen resp. Verteilleitungen und der elektromechanischen Ausrüstung. Im Maschinenhaus ist ein neues Tragwerk für den neuen Maschinensaalkran zu erstellen. Daneben sind die vorhandenen Betonstrukturen (Maschinenfundamente, Unterwasser-Kanal, etc.) unter dem Maschinensaalboden teilweise rückzubauen und entsprechend den neuen Maschinengruppen anzupassen. Des Weiteren sind Anpassungen an den haustechnischen Installationen erforderlich. Nach Abschluss der Rohbauarbeiten kann mit der Montage der elektromechanischen Einrichtungen und den Zweitbetonarbeiten begonnen werden.

Die baulichen Massnahmen im und am Maschinenhaus können zeitlich unabhängig resp. parallel zu den restlichen Bauarbeiten im Projektgebiet durchgeführt werden.

Die Linienführung des neuen Unterwasser-Kanals (UW-Kanal) entspricht derjenigen des bestehenden Kanals. Beim neuen UW-Kanal handelt es sich um einen offenen und befestigten Kanal. Während der Bauphase ist ein Damm beim Einlauf in die Muota zu erstellen, damit der Baustellenbereich trocken gelegt werden kann.





## 7.5 Bauprogramm

Das aktuelle Bauprogramm ist in Abbildung 7-1 ersichtlich. Die wesentlichen Meilensteine des Bauprogrammes sind:

- 1) Apparatkammer/Wasserschloss ausgebaut
  1. Baujahr, Ende November
- 2) Druckleitung bis Maschinenhaus fertiggestellt
  2. Baujahr, Ende Juli
- 3) Inbetriebsetzung KW Bisisthal
  2. Baujahr, Anfang August

Es wird geschätzt, dass der Ausbau des KW Bisisthal etwa **1.5 Jahre** dauern wird. Dabei sind keine grösseren Stillstandzeiten oder Erschwernisse durch Winter bzw. Schlechtwetter eingerechnet.

Im Bauprogramm sind die Zeitdauern für die Ausschreibung und Vergabe der Baumeisterarbeiten sowie der elektromechanischen Ausrüstung nicht enthalten. Diese Zeitdauern werden in der nächsten Projektphase im Bauprogramm ergänzt.

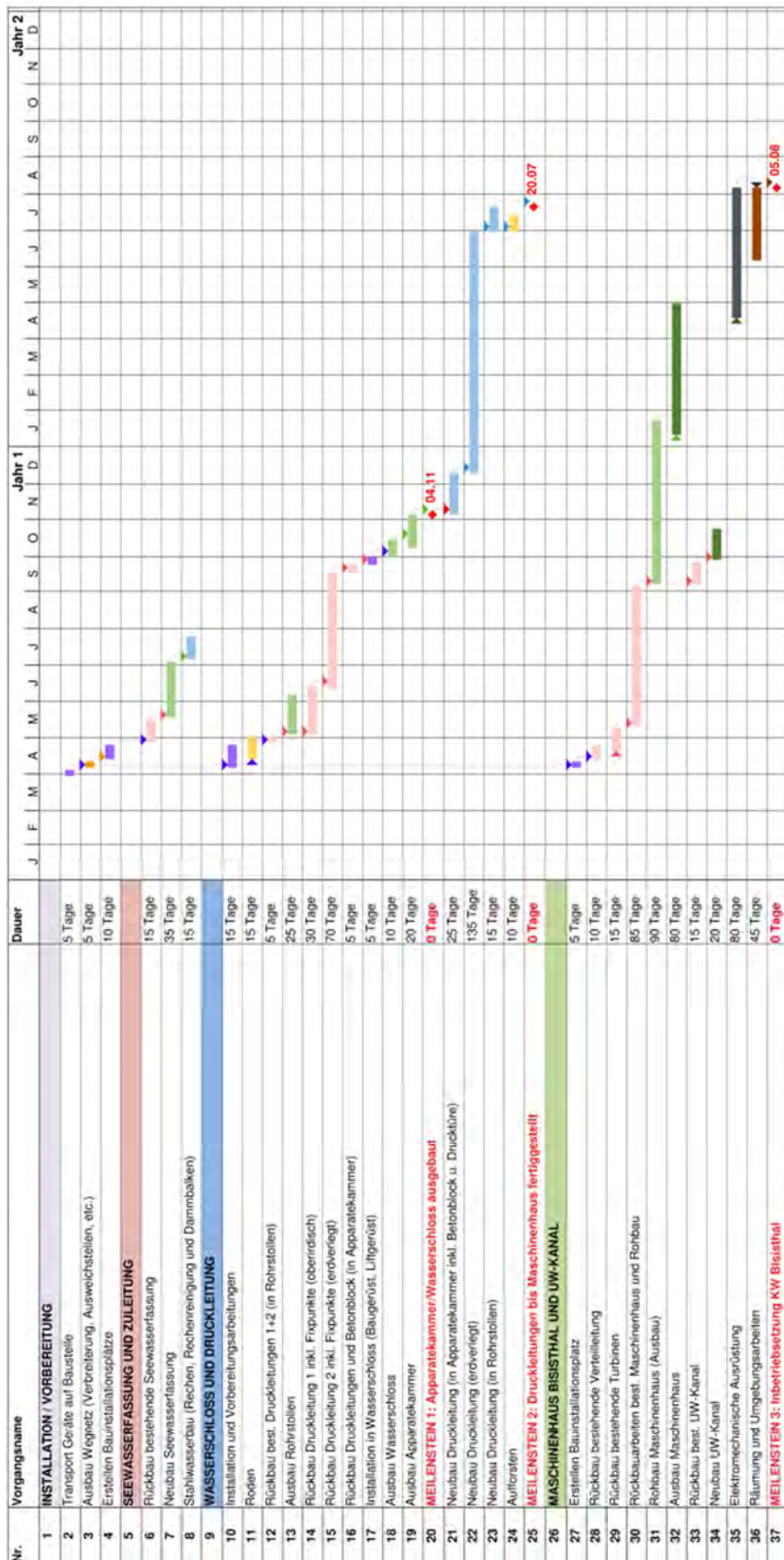


Abbildung 7-1 Bauprogramm für den Ausbau des KW Bisisthal.