

Bericht

Koordinationsgruppe für die Schwall/Sunk-Sanierung
der Moesa

Variantenstudium Schwall/Sunk-Sanierung Moesa

Hauptbericht Variantenstudium



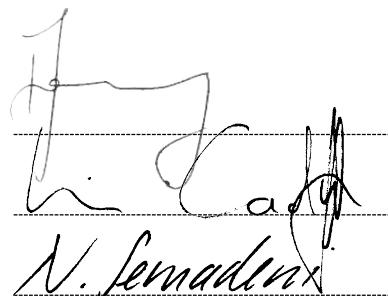
Hannes Jenny HTU-M

30. Juni 2023 / 4. Dezember 2023

Ref.-Nr. H 18529 / Rev. 1

Details zum Dokument

Titelbild	Moesa, Aue Pascoletto (Foto: Axpo, Februar 2020)
Dokumentart/-klasse	Bericht
Nummer	H 18529
Auftraggeber	Koordinationsgruppe für die Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa
Titel	Variantenstudium Schwall/Sunk-Sanierung Moesa
Betreff	Hauptbericht Variantenstudium
Erstellt	30.06.2023 Hannes Jenny HTU-M
Geprüft	30.06.2023 Ursin Caduff HTU-W
Freigegeben	30.06.2023 Nadia Semadeni HTU
Datei	SSM 2023.06.30_H-18529_Hauptbericht Variantenstudium_Rev01_def.docx
Attribute	Bericht --- --- Ökologie Schwall/Sunk



Verteiler

Name	Institution	Form
David Schmid	Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU)	Digital (pdf)
Andreas Meraner	Amt für Jagd und Fischerei Graubünden (AJF)	Digital (pdf)
Beat Hunger	Amt für Energie und Verkehr Graubünden (AEV)	Digital (pdf)
Lucie Lundsgaard	Bundesamt für Umwelt (BAFU)	Digital (pdf)
Tabea Kropf	Bundesamt für Umwelt (BAFU)	Digital (pdf)
Armando Faccanoni	Kraftwerksgruppe Misox	Digital (pdf)
Alle Mitglieder	Begleitgruppe S/S Moesa	Digital (pdf)
Gemeindeverwaltungen	Alle betroffenen Gemeinden	Digital (pdf)
Ablage HT	HDS/pfi	Digital (pdf, doc)

Änderungsindex

Revision	Beschreibung	Erstellt	Datum
00	Erstausgabe	Hannes Jenny	30.06.2023
01	Revision 1 – Ergänzung einer neuen Massnahme. Anpassungen in den Kapiteln 4.6, 6 und in der Zusammenfassung.	Hannes Jenny	04.12.2023

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	4
Zusammenfassung	5
1. Einleitung	9
2. Projektorganisation	11
2.1 Konsortium Moesa	11
2.2 Organisation Variantenstudium	11
3. Grundlagen und Randbedingungen	13
3.1 Ziele der Teilphase IV «Variantenstudium»	13
3.2 Projektperimeter	13
4. Abklärungen Hauptschritt 1	16
4.1 Teilphase I – Defizit- / Ursachenanalyse	16
4.2 Teilphase III – Ökologische Zieldefinition	16
4.3 Teilphase II – Definition repräsentative Abflussganglinien	17
4.4 Teilphase III – Bestimmung Sanierungsumfang	18
4.5 Teilphase III – Vorauswahl Massnahmen für das Variantenstudium	19
4.6 Festlegung Sanierungsvarianten	21
5. Vorgehen Variantenstudium	23
5.1 Abklärungen Teilprojekt Technik	23
5.2 Abklärungen Teilprojekt Umwelt und Umfeld	23
5.3 Abklärungen Teilprojekt Schwall/Sunk	24
5.4 Kosten/Nutzen-Analyse	24
5.5 Verhältnismässigkeit des Aufwandes	25
5.6 Interessenabwägungen unter Einbezug aller Interessen	26
5.7 Vorschlag Bestvarianten	28
6. Ergebnisse Variantenstudium	29
6.1 Fazit Teilprojekt Technik	29
6.2 Fazit Teilprojekt Umwelt und Umfeld	32
6.3 Fazit Teilprojekt Schwall/Sunk	41
6.4 Auswahl Massnahmenvarianten für Sanierungsszenarien	43
6.5 Kosten/Nutzen-Analyse und Verhältnismässigkeit	44
6.6 Interessenabwägung	45
6.7 Vorschlag Bestvariante	50
7. Weiteres Vorgehen und Vorschlag Planungsverfahren	53
7.1 Weiteres Planungsverfahren	53
Glossar – Fachbegriffe	55
Literaturverzeichnis	56
Abbildungsverzeichnis	57
Tabellenverzeichnis	57
Beilagenverzeichnis	59

Zusammenfassung

Auftrag

Im Rahmen des Variantenstudiums der Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa wurden im Auftrag der entsprechenden Koordinationsgruppe die bewilligungsfähigen und umsetzbaren Massnahmen an der Moesa auf Stufe Vorstudie erarbeitet. Im vorliegenden «Hauptbericht Variantenstudium» sind das Vorgehen und die Ergebnisse der drei Teilprojekte (Technik, Umwelt und Umfeld sowie Schwall/Sunk) zusammenfassend beschrieben sowie die konkretisierten Varianten anhand einer Kosten/Nutzen-Analyse und einer Interessenabwägung beurteilt. Schlussendlich wird unter Berücksichtigung aller Ergebnisse ein Vorschlag für Bestvarianten gemacht. Das Gesamtdossier zur Schwall/Sunk-Sanierung, bestehend aus dem vorliegenden Hauptbericht und den drei Teilberichten in der Beilage, dient dem Kanton Graubünden unter Anhörung des BAFU als Beurteilungsgrundlage für den Entscheid über die durchzuführenden Sanierungsmassnahmen.

Abgrenzung

Im Vordergrund des vorliegenden Hauptberichts liegt das Darlegen der wichtigsten Ergebnisse aus den drei Teilprojekten. Anhand der im Teilprojekt Technik (vgl. Beilage 1) ermittelten Kosten aller Massnahmen und dem im Teilprojekt Schwall/Sunk (vgl. Beilage 3) ermitteltem ökologischen Nutzen jeder Sanierungsvariante wird eine Kosten/Nutzen-Analyse durchgeführt und eine Einschätzung zur Verhältnismässigkeit gemacht. Anhand der im Teilprojekt Umwelt und Umfeld (vgl. Beilage 2) ermittelten und bewerteten Interessenskonflikten wird anschliessend eine Abwägung aller kritischen Interessenskonflikte durchgeführt. Unter Berücksichtigung aller Ergebnisse wird schlussendlich ein Vorschlag für die Bestvarianten für die Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa gemacht.

Ergebnisse

Im Rahmen des Variantenstudiums wurden folgende Sanierungsvarianten zur Beseitigung der Schwall/Sunk Defizite in der Moesa untersucht:

Sanierungsvariante	Ausgewählte Massnahmen
Ausgleichsbecken, mittel	Becken bei den Zentralen Soazza (120'000 m ³), Lostallo (10'000 m ³), Grono (25'000 m ³) und Sassello (25'000 m ³)
Ausgleichsbecken, gross	Becken bei den Zentralen Soazza (145'000 m ³), Lostallo (10'000 m ³), Grono (25'000 m ³) und Sassello (25'000 m ³)
Kavernen, mittel	Kavernen bei den Zentralen Soazza (120'000 m ³), Lostallo (10'000 m ³), Grono (25'000 m ³) und Sassello (25'000 m ³)
Betriebliche Massnahmen mit Batterien	Betriebliche Massnahmen mit Batteriesystemen zum energetischen Ausgleich bei den Zentralen Soazza, Lostallo, Grono und Sassello
Ausleitung	Ausleitung des Betriebswassers der Zentralen Soazza und Lostallo bis Monticello mit Wasserkraftnutzung
Ausleitung und Ausgleichsbecken	Ausleitung des Betriebswassers der Zentralen Soazza und Lostallo bis Monticello mit Wasserkraftnutzung und Becken bei den Zentralen Grono (25'000 m ³) und Sassello (25'000 m ³)

Alle geprüften Sanierungsvarianten zeigen verschiedene Zielkonflikte auf, welche die Bewilligungsfähigkeit erschweren oder verunmöglichen können. Von den untersuchten Sanierungsvarianten werden zum aktuellen Stand der Untersuchungen nur die Sanierungsvarianten «Ausgleichsbecken, mittel» und «Ausgleichsbecken, gross» als grundsätzlich bewilligungsfähig beurteilt. Eine abschliessende Beurteilung der festgestellten Zielkonflikte ist in der jetzigen Planungsphase jedoch nicht möglich und muss zu einem späteren Zeitpunkt untersucht werden.

Für die Ausleitung und die Kavernen wurde keine detaillierte Prüfung der technischen Machbarkeit durchgeführt, weil diese Massnahmen im Rahmen der Vorauswahl der Massnahmen durch die Behörden nicht bestätigt wurden. Somit konnte für diese Massnahmen auch keine abschliessende Beurteilung der Konflikte in den verschiedenen Umwelt- und Umfeldbereichen gemacht werden. Eine abschliessende Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit dieser Sanierungsvarianten ist daher nicht möglich. Für die Sanierungsvarianten mit einer Ausleitung wird die Bewilligungsfähigkeit bei der aktuellen Planungstiefe, aufgrund der Restwasserthematik als kritisch beurteilt. Für die Sanierungsvariante «Kavernen, mittel» werden die Konflikte bei der aktuellen Planungstiefe grundsätzlich als lösbar beurteilt.

Die Sanierungsvariante mit betrieblichen Massnahmen und Batterien wird für das Variantenstudium zum heutigen Zeitpunkt als nicht bewilligungsfähig eingeordnet, da die gesetzlich erforderliche Zustimmung seitens der Kraftwerkbetreiber für die betrieblichen Massnahmen nicht vorliegt.

Die Kosten von vier der untersuchten Sanierungsvarianten liegen unterhalb des ermittelten Richtwertes zur Verhältnismässigkeitsgrenze von 132 Mio. CHF; der Varianten «Ausgleichsbecken, mittel», «Ausgleichsbecken, gross», «Ausleitung» und «Ausleitung und Ausgleichsbecken». Die zwei Varianten «Kavernen, mittel» und «Betriebliche Massnahme mit Batterien» werden aufgrund der hohen Kosten als nicht verhältnismässig eingeordnet und werden daher bei der Wahl der Bestvariante ausgeschlossen.

Von den drei als verhältnismässig eingeordneten Sanierungsvarianten erfüllen die Varianten «Ausgleichsbecken, mittel», «Ausgleichsbecken, gross» und «Ausleitung und Ausgleichsbecken» die ökologischen Zielvorgaben in allen Untersuchungsstrecken. Die Varianten «Ausgleichsbecken, mittel» und «Ausgleichsbecken, gross» jedoch nur knapp. Eine Optimierung der Beckenvolumina ist in der nächsten Planungsphase noch durchzuführen. Aufgrund der ungenügenden Dämpfung von Schwall/Sunk unterhalb der Wasserrückgabe Grono, erfüllt eine reine Ausleitung, ohne Massnahmen bei den Zentralen Grono und Sassello, die Zielvorgaben nur teilweise und wird daher bei der Wahl der Bestvariante ebenfalls ausgeschlossen.

Den höchsten ökologischen Nutzen erzielt die Sanierungsvariante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» mit dem zweistufigen Ausleitkraftwerk Soazza – Lostallo - Monticello und zwei Ausgleichsbecken von je 25'000 m³ bei Grono und Sassello. Durch die komplette Eliminierung des Schwalls bis zur Wasserrückgabe Grono verbessert sich der ökologische Zustand gegenüber der heutigen Beeinträchtigung durch Schwall/Sunk deutlich. Auch basierend auf den sehr guten Befischungsresultaten in der Restwasserstrecke oberhalb der Wasserrückgabe Soazza kann zumindest bis zur Wasserrückgabe Grono gefolgert werden, dass sich nach einer Ausleitung eine natürliche Reproduktion mit einer selbsterhaltenden Forellenpopulation in den Aufweitungen der Moesa etablieren könnte. Bei einem zusätzlichen Retentionsvolumen zur Dämpfung der Betriebszuflüsse bei Grono und Sassello kann auch der unterste Bereich der Moesa weiter aufgewertet werden, womit auch die Bedingungen für die

Äschen wesentlich verbessert werden. In Monticello wird der Schwall wieder in die Moesa eingeleitet. Durch das Retentionsvolumen von rund 113'000 m³ über den Ausleitstollen kann der Schwall bei einer optimierten Bewirtschaftung des Stollens gedämpft in die Moesa zurückgegeben werden.

Die Ausleitung weist zwar einen sehr hohen ökologischen Nutzen bezüglich der Beseitigung von Schwall/Sunk auf, als nachteilig erweist sich jedoch die Schaffung der neuen Restwasserstrecke. Die verringerten Abflussmengen können negative Auswirkungen auf die Gewässerfauna als auch auf die Auenlebensräume haben. Durch die Ausleitung des Schwalls besteht insbesondere das Risiko, dass während extremen Trockenphasen ein abschnittweises Trockenfallen häufiger auftreten könnte, womit sich der eigentlich positive Effekt der Eliminierung des Schwalls stark relativieren könnte. Die unterschiedlichen Auswirkungen einer Ausleitung müssen in einer nächsten Projektphase detaillierter abgeklärt werden, falls diese Sanierungsvariante in die engere Wahl für das weitere Vorgehen aufgenommen wird.

Gegenüber den Sanierungsvarianten mit einer Ausleitung fällt der ökologische Nutzen zur Beseitigung von Schwall/Sunk bei den Sanierungsvarianten mit vier Retentionsvolumen bei den Wasserrückgaben geringer aus. Auch wenn in den Wintermonaten die Schwallspitzen stark reduziert und die Pegeländerungsraten stark gedämpft werden können und sogar der Sunk leicht angehoben werden kann, bleiben ab der Wasserrückgabe Soazza immer noch tägliche Abflussschwankungen bestehen. Trotzdem wird durch diese Sanierungsvarianten eine deutliche Verbesserung des ökologischen Zustandes erwartet. Die erzielte Dämpfung verbessert die für eine natürliche Reproduktion erforderlichen Bedingungen klar. Ob eine selbsterhaltende Forellen- und Äschenpopulation im Schwall/Sunk Abschnitt möglich wird, kann nicht prognostiziert werden, wird mit dem gedämpften Abflussregime, insbesondere für die Forellen, jedoch wahrscheinlicher. Positiv zu werten ist bei diesen Sanierungsvarianten mit vier Retentionsvolumen gegenüber einer Ausleitung, dass sich die Abflussmengen in der Moesa insgesamt nicht verringern und die Sunkabflüsse, in Abhängigkeit des Kraftwerkseinsatzes der Zentrale Soazza, sogar leicht erhöhen können. Wie erwähnt, ist das Retentionsvolumen im Rahmen der nächsten Projektierungsphase zu optimieren und neben dem historischen Betrieb der letzten 5 Jahre auch auf die konzessionsrechtlichen Möglichkeiten des zukünftigen Betriebs abzustimmen und mittels Kosten/Nutzen-Analyse festzulegen.

Bei der Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, gross» ist das Retentionsvolumen bei Soazza gegenüber der mittleren Variante rund 20% grösser. Somit steigen die Möglichkeiten zur Dämpfung von Schwall/Sunk bei der grösseren Beckenvariante, auch wenn sich die Bewertungen der Indikatoren zwischen der mittleren und der grossen Variante nur geringfügig verbessern.

Die Gesamtkosten für die Ausgleichsbeckenvarianten sind mit rund 54 Mio. CHF («Ausgleichsbecken, mittel») bzw. 57 Mio. CHF («Ausgleichsbecken, gross») deutlich geringer als für die Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» mit rund 123 Mio. CHF. Da jedoch der ökologische Nutzen der Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» auch grösser ist, fällt das Kosten/Nutzen-Verhältnis nur knapp zugunsten der zwei Ausgleichsbeckenvarianten aus. Dabei gilt es einerseits zu berücksichtigen, dass die Gesamtkosten für die Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» bei einer Berücksichtigung eines Investitionsbeitrages Wasserkraft deutlich geringer ausfallen würden. Andererseits muss auch festgehalten werden, dass durch die geringere Planungstiefe der technischen und umwelttechnischen Abklärungen, die Genauigkeit der Grobkostenschätzung für die Ausleitung im Vergleich zu den Ausgleichsbecken tiefer ist und dass damit bezüglich Kosten/Nutzen eine grössere Unschärfe vorliegt.

Wahl Bestvariante

Zwischen den Ausgleichsbeckenvarianten und der Sanierungsvariante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» kann keine klare Bestvariante ausgemacht werden. Insgesamt werden die Zielkonflikte hinsichtlich Umwelt und Umfeld bei den Ausgleichsbeckenvarianten als weniger problematisch eingestuft als bei der Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken». Während für die Ausleitung die Bewilligungsfähigkeit eher kritisch beurteilt wird, werden die Ausgleichsbecken als grundsätzlich bewilligungsfähig beurteilt. Außerdem weisen die Ausgleichsbeckenvarianten mit Abstand die tiefsten Kosten auf und die Kosten/Nutzen-Verhältnisse sind ebenfalls leicht höher im Vergleich zur Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken».

Andererseits ist der ökologische Nutzen bezüglich der Beseitigung von Schwall/Sunk durch die Ausleitung deutlich höher. Zusätzlich ist festzuhalten, dass durch das Ausleitkraftwerk mit einer prognostizierten jährlichen Bruttoproduktion von 92 GWh erneuerbarer Energie ein zusätzlicher Nutzen vorliegt.

Zwischen der mittleren und der grossen Ausgleichsbeckenvariante weist die grosse Sanierungsvariante das bessere Kosten/Nutzen-Verhältnis auf. Gleichzeitig werden durch das grössere Ausgleichsbecken bei Soazza keine zusätzlichen Zielkonflikte verursacht. Die Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, gross» wird aus diesen Gründen gegenüber der Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, mittel» bevorzugt.

Für die Schwall/Sunk-Sanierung werden daher folgende zwei Sanierungsvarianten als mögliche Bestvarianten vorgeschlagen:

- Mittlerer ökologischer Nutzen Schwall/Sunk:
Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, gross» mit folgenden Massnahmen:
Vier Ausgleichsbecken: So5 mit Volumen 145'000 m³, Lo1 mit Volumen 10'000 m³, Gro2 mit Volumen 25'000 m³ und Sa1 mit Volumen 25'000 m³
Gesamtkosten: 57 Mio. CHF
- Grosser ökologischer Nutzen Schwall/Sunk:
Sanierungsvariante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» mit folgenden Massnahmen:
Zweistufiges Ausleitkraftwerk Soazza – Lostallo – Monticello und zwei Ausgleichsbecken: Gro2 mit Volumen 25'000 m³ und Sa1 mit Volumen 25'000 m³
Gesamtkosten: 123 Mio. CHF mit jährlicher Bruttoproduktion: 92 GWh

Beide vorgeschlagenen Bestvarianten beseitigen die Defizite von Schwall/Sunk in der Moesa mit einem Kostenumfang, der als verhältnismässig eingeordnet wird. Die Variante «Ausgleichsbecken, gross» wird als bewilligungsfähig beurteilt. Für die Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» wurde aufgrund der deutlich geringeren Platztiefe nur eine grobe Einschätzung der Bewilligungsfähigkeit gemacht. Entsprechend wird empfohlen für diese Variante, die für die Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit benötigten Grundlagen zur technischen, umwelt- und umfeldtechnischen Machbarkeit detailliert zu untersuchen.

1. Einleitung

Das revidierte Gewässerschutzgesetz (GSchG) schreibt vor, dass kurzfristige, künstliche Änderungen des Wasserabflusses in einem Gewässer (Schwall/Sunk), welche die einheimischen Tiere und Pflanzen sowie deren Lebensräume wesentlich beeinträchtigen, von den Inhabern von Wasserkraftwerken mit baulichen Massnahmen oder auf Antrag des Betreibers durch betriebliche Massnahmen verhindert oder beseitigt werden müssen. Mit der Umsetzung der Sanierungsmassnahmen muss bis 2030 begonnen werden.

Aufgrund dieser Gesetzesänderung musste der Kanton Graubünden dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) im Rahmen der strategischen Planung bis Ende 2014 Bericht zum Thema erstatten. Gemäss diesem Bericht [1] vom 11. Dezember 2014 ist die Moesa nach Art. 39a GSchG wesentlich durch Schwall/Sunk beeinflusst. Folgende drei Kraftwerksgesellschaften erzeugen mit ihrem Kraftwerkseinsatz Schwall/Sunk.

- Officine Idroelettriche di Mesolcina SA (OIM) mit der Rückgabe in Soazza
- Elettricità Industriale SA (ELIN) mit den Rückgaben in Lostallo und Grono
- Calancasca SA (CAL) mit der Rückgabe in Sasselio

Mit den drei Regierungsbeschlüssen vom 9. Mai 2018 zu den drei betroffenen Kraftwerksgesellschaften hat das Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden (ANU) auf Grundlage der strategischen Planung im Misox die Sanierungspflicht für die OIM, ELIN und CAL bezüglich Schwall-Sunk angeordnet.

Mit den Regierungsbeschlüssen wurden die Inhaber dieser Wasserkraftwerke angewiesen, die wesentlichen Beeinträchtigungen aufgrund von Schwall und Sunk in den durch die betroffenen Wasserrückgaben beeinträchtigten Abschnitten in der Moesa im Sinne von Artikel 39a GSchG bzw. Art. 41e Gewässerschutzverordnung (GSchV) zu verhindern oder zu beseitigen. Die betroffenen Kraftwerksgesellschaften wurden gemäss dem nach der Fristerstreckung vom 21. Januar 2021 revidierten Regierungsbeschluss verfügt, dem ANU bis zum 30. Juni 2023 ein Variantenstudium für bewilligungsfähige und umsetzbare Massnahme zur Beseitigung der Schwall-Sunk Beeinträchtigungen zur Beurteilung einzureichen.

Die Projektierung der Schwall-Sunk Sanierung orientiert sich an dem Modul «Schwall-Sunk Massnahmen» der Vollzugshilfe (VZH) Renaturierung der Gewässer [2] und wird in zwei Hauptschritte mit unterschiedlichen Teilphasen eingeteilt:

Hauptschritt 1 [7]:

- Teilphase I: Defizit- und Ursachenanalyse
- Teilphase II: Definition repräsentativer Abflussganglinien
- Teilphase III: Zieldefinition und Vorauswahl Massnahmen

Hauptschritt 2:

- Teilphase IV: Variantenstudium

Die Bearbeitung der «Defizit- und Ursachenanalyse» (Teilphase I) sowie der «Zieldefinition & Vorauswahl Massnahmen» (Teilphase III) ist bereits abgeschlossen und im Bericht zum Hauptschritt 1 [7] dokumentiert. Dieser Bericht bildet die Grundlage für das Variantenstudium und für die Wahl der auszuarbeitenden Sanierungsmassnahmen. Die «Definition der repräsentativen Abflussganglinien» (Teilphase II) wurde grösstenteils zusammen mit der Teilphase III bearbeitet und wird mit vorliegendem Variantenstudium abgeschlossen.

Ziel des vorliegenden Variantenstudiums der Schwall/Sunk-Sanierung Moesa ist die Erarbeitung und Darlegung von bewilligungsfähigen und umsetzbaren Massnahmen, bzw. Kombinationen davon, zur Beseitigung der wesentlichen Beeinträchtigungen durch Schwall und Sunk.

Der vorliegende Hauptbericht des Variantenstudiums der Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa stellt einen Synthesebericht der drei Teilberichte «Technik» (Beilage 1), «Umwelt und Umfeld» (Beilage 2), sowie «Schwall/Sunk» (Beilage 3) dar.

Dieser Hauptbericht bildet schlussendlich die Grundlage für die Beurteilung der bewilligungsfähigen und umsetzbaren Sanierungsvarianten anhand der in diesem Bericht aufgezeigten Kosten/Nutzen-Analyse und Interessensabwägung. Er ermöglicht damit den Variantenentscheid über die durchzuführende(n) Sanierungsvariante(n) seitens der zuständigen Behörde des Kantons Graubünden unter Anhörung des Bundesamts für Umwelt (BAFU).

2. Projektorganisation

2.1 Konsortium Moesa

Zur Gewährleistung der Abstimmung und Koordination der Schwall/Sunk-Sanierung im Einzugsgebiet wurde unter den jeweils betroffenen Kraftwerksgesellschaften für die Durchführung und Bearbeitung der Teilphase 4 «Variantenstudium» ein Konsortium gegründet.

Zur Koordination der Arbeiten haben sich OIM, ELIN und CAL zu einer gemeinsamen Koordinationsgruppe zusammengeschlossen. Der Zusammenschluss der drei Kraftwerksgesellschaften zur Koordinationsgruppe Schwall/Sunk Moesa ist als stille Gesellschaft organisiert und wurde mit dem Konsortialvertrag vom Juni 2022 für die Teilphase IV Variantenstudium geregelt. Gegen aussen tritt allein die federführende Gesellschafterin OIM auf.

Die federführende Gesellschafterin des Konsortiums hat mit der Axpo Power AG (Axpo) einen Vertrag über verschiedene Planerleistungen abgeschlossen. Die Abteilung Umwelt des Engineerings Hydroenergie & Biomasse der Axpo (HTU) übernimmt bei der genannten Schwall/Sunk Sanierung eine Dienstleisterrolle, leitet die Koordinationsgruppen und erbringt verschiedene Planerleistungen.

2.2 Organisation Variantenstudium

Aufgrund der Grösse, der fachlichen Vielfalt und der Komplexität des Variantenstudiums für die Schwall/Sunk-Sanierung an der Moesa, wurde das Projekt in folgende Teilprojekte unterteilt und durch verschiedene Auftragnehmer bearbeitet:

Projektleitung und Koordination:

- Leitung und Bearbeitung: Axpo

Teilprojekt Technik

- Leitung Teilprojekt: Axpo
- Bearbeitung Ausgleichsbecken: IM Maggia Engineering SA, Locarno
- Bearbeitung Ausleitungen und Speicherstollen: Axpo
- Bearbeitung betriebliche Massnahmen mit Batterie: Axpo und Kantonales Elektrizitätswerk Nidwalden (EWN).

Teilprojekt Umwelt und Umfeld

- Leitung und Bearbeitung Teilprojekt: Axpo

Teilprojekt Schwall/Sunk

- Leitung und Bearbeitung Teilprojekt: Axpo
- Experteneinschätzung: Hydra AG, Konstanz

Für die Bearbeitung des Projekts stand Axpo als Projektleiterin in regelmässigem Austausch mit den Behörden des Kantons Graubünden (ANU, AEV, AJF) und dem BAFU. Das Vorgehen wurde stets eng mit diesen Vertretern abgestimmt. Das bisherige Vorgehen wurde zudem auch einer Begleitgruppe, bestehend aus den Vertretern der Behörden des Kantons Graubünden (ANU, AEV, AJF), der betroffenen Kraftwerksgesellschaften sowie der Umweltschutzorganisationen WWF, Pro Natura und dem kantonalen Fischereiverband vorgestellt. Zuletzt fand auch eine erste Information

über die Schwall/Sunk-Sanierung an der Moesa bei den durch die Sanierungsmaßnahmen betroffenen Gemeinden statt.

3. Grundlagen und Randbedingungen

3.1 Ziele der Teilphase IV «Variantenstudium»

Im Rahmen der vorliegenden Teilphase IV «Variantenstudium» werden für die in der Teilphase III vorausgewählten Massnahmen (vgl. Kapitel 4.6) folgende Ziele verfolgt:

- Beurteilung der technischen Machbarkeit inkl. Kostenschätzung («Teilprojekt Technik»),
- Aufzeigen und Beurteilen allfälliger Zielkonflikte und Bewilligungsfähigkeit («Teilprojekt Umwelt und Umfeld») sowie
- Abschätzungen des ökologischen Nutzens in Bezug auf Schwall/Sunk («Teilprojekt Schwall/Sunk»).

Zusammenfassend geht es im Variantenstudium um die Erarbeitung und Bewertung der vorausgewählten Sanierungsmassnahmen bezüglich deren Eignung zur Erreichung der definierten ökologischen Ziele im Gewässer (vgl. Kapitel 4.2) und der damit einhergehenden Beseitigung bzw. Verhinderung der wesentlichen Beeinträchtigungen durch Schwall und Sunk.

Dabei richten sich die baulichen Massnahmen nach den in Artikel 39a Abs. 2 GSchG genannten Kriterien:

- dem Grad der Beeinträchtigung des Gewässers;
- dem ökologischen Potenzial des Gewässers;
- der Verhältnismässigkeit des Aufwandes;
- den Interessen des Hochwasserschutzes und
- den energiepolitischen Zielen zur Förderung erneuerbarer Energien.

Im vorliegenden Hauptbericht «Variantenstudium», werden unter Einbezug der Ergebnisse der drei genannten Teilprojekte, umsetzbare Massnahmen und Massnahmenkombinationen erarbeitet, beurteilt und anhand einer Kosten-/Nutzenanalyse sowie einer Abwägung aller Interessen ein Vorschlag für Bestvarianten gemacht.

3.2 Projektperimeter

Der Projektperimeter der Schwall/Sunk Sanierung der Moesa ist in Abb. 3.1 dargestellt.

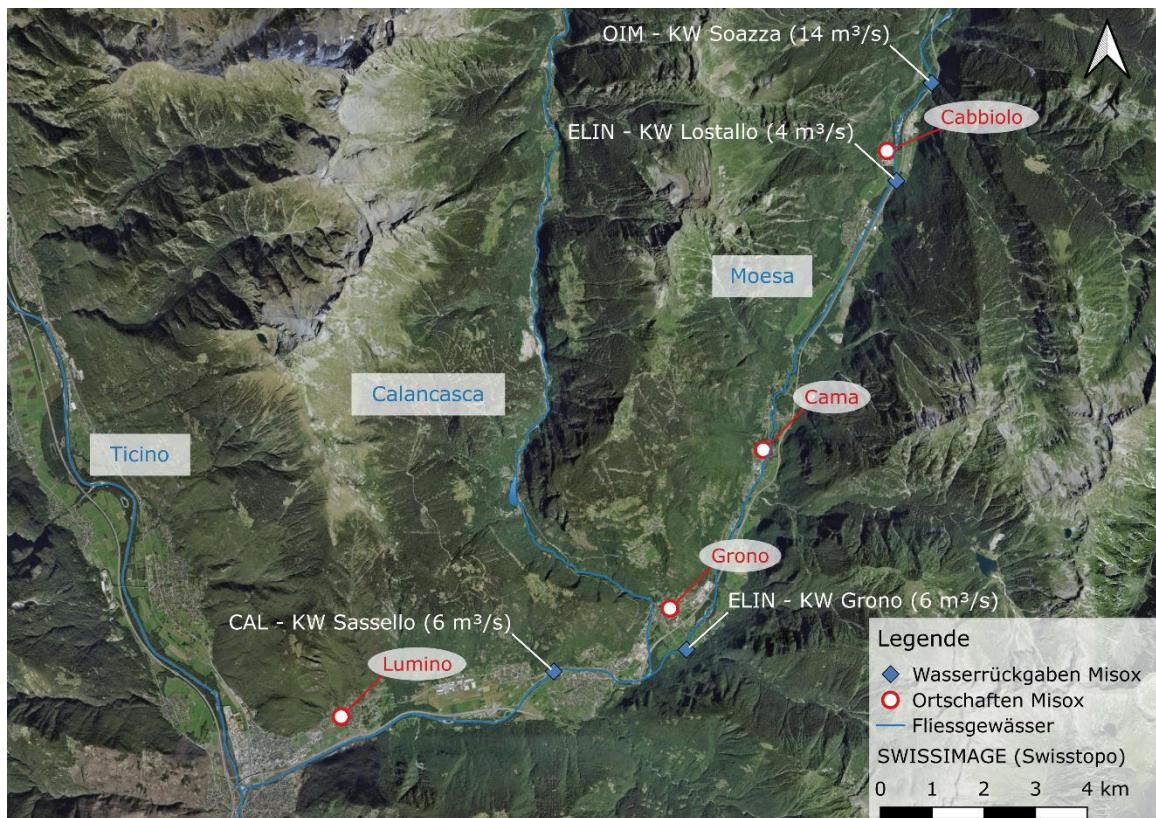


Abb. 3.1 Projektperimeter Schwall/Sunk der Moesa mit den verschiedenen Kraftwerkszentralen mit Angabe der jeweiligen Ausbauwassermenge (Quelle Hintergrundkarte: Swisstopo, 2023).

Die technische, umwelt- und umfeldtechnische Beurteilung der verschiedenen Sanierungsmaßnahmen erfolgt für den konkreten Standort einer Massnahme und ihrer Zielkonflikte. Die Beurteilung des ökologischen Nutzens hinsichtlich der Sanierung Schwall/Sunk erfolgt für ausgewählte Gewässerabschnitte (Untersuchungsstrecken). Bei der Wahl der Untersuchungsstrecken wurden die vier aus ökomorphologischer Sicht interessanten Abschnitte bei den Auengebieten von nationaler Bedeutung Pomoreda, Rosera, Pascoletto und Ai Fornas ausgewählt. Außerdem wurde der Einmündungsbereich der Calancasca berücksichtigt. Die Lage der ausgewählten Untersuchungsstrecken ist in Abb. 3.2 ersichtlich.

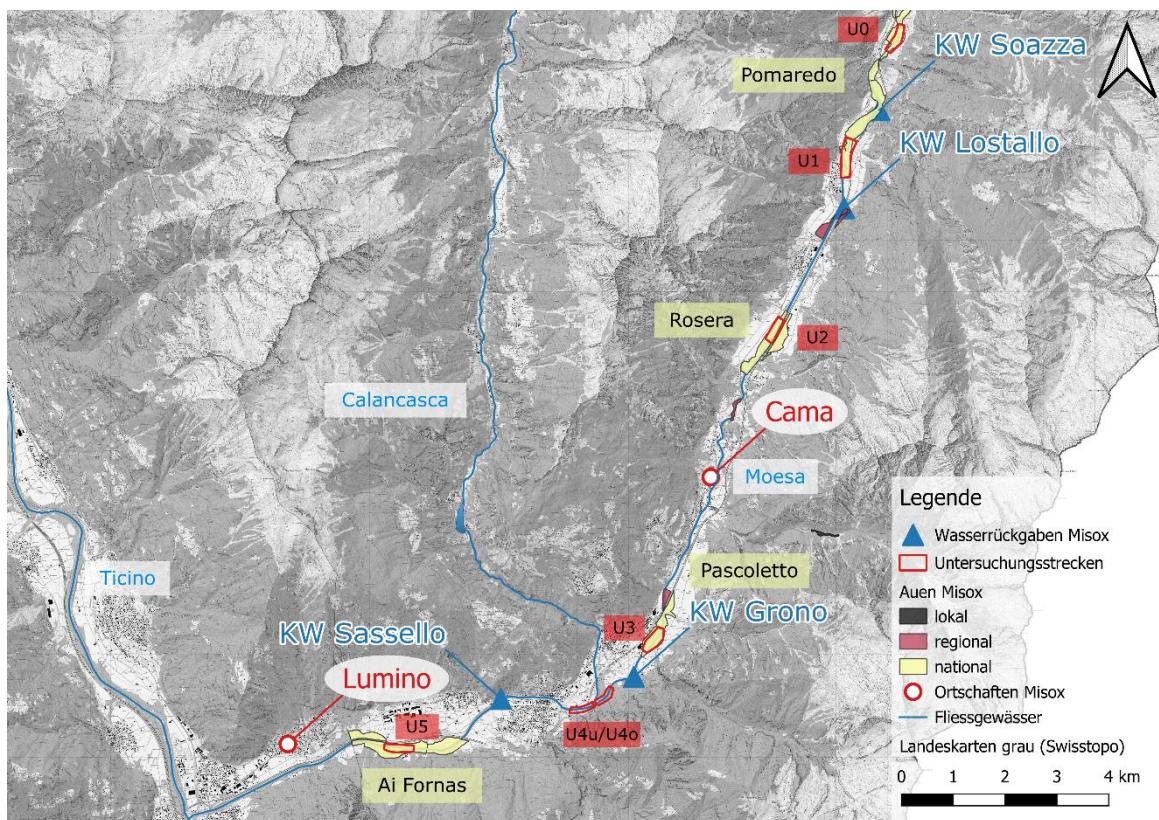


Abb. 3.2 Auengebiete und definierte Untersuchungsstrecken im Projektperimeter (Quelle Hintergrundkarte: Swisstopo, 2023).

4. Abklärungen Hauptschritt 1

Im Folgenden werden die Resultate der Teilphasen der Untersuchungen zum Hauptschritt 1 ([7] und Beilage 3) grob zusammengefasst.

4.1 Teilphase I – Defizit- / Ursachenanalyse

Im Rahmen der Teilphase I wurden umfassende Untersuchungen zur Defizit- und Ursachenanalyse an der Moesa durchgeführt. Diese richteten sich massgebend nach der VZH [2] und beinhalten insbesondere die Kern- und Schwall/Sunk-sensitiven Indikatoren. Es konnten in allen Flussabschnitten deutliche Defizite hinsichtlich Schwall/Sunk festgestellt werden.

Insbesondere der Indikator F2*, also das Strandern von Fischen in der larvalen Phase, wurde als Hauptdefizit erkannt. Auch der Indikator F3*, welcher die Beeinträchtigung der Laichareale durch Schwall/Sunk bewertet, zeigt eine Beeinträchtigung auf. Eine zusammenfassende Übersicht über die Beurteilung der Indikatoren, die im Rahmen der Defizit- und Ursachenanalyse durchgeführt wurde, kann im Bericht zum Hauptschritt 1 [7] entnommen werden. Aufgrund unterschiedlicher Anpassungen der Berechnungsgrundlagen wurden die Kernindikatoren F2*, F3* und Q1* im Rahmen des Variantenstudiums nochmals aktualisiert und sind in Kapitel 2.5 im Teilbericht Schwall/Sunk (Beilage 3) aufgeführt.

4.2 Teilphase III – Ökologische Zieldefinition

Die Sanierungsziele wurden im Bericht zum Hauptschritt 1 [7] detailliert hergeleitet und aufgezeigt. Aufgrund unterschiedlicher Anpassungen der Berechnungsgrundlagen wurden die Sanierungsziele im Rahmen des Variantenstudiums nochmals aktualisiert und sind in Kapitel 2.6.2 im Teilbericht Schwall/Sunk (Beilage 3) aufgeführt. Die Sanierungsziele wurden dabei in Form von Vorgaben zu den hydrologischen Kenngrößen bei den vier Wasserrückgaben definiert. Grundsätzlich gibt es für ein Schwall/Sunk-Regime folgende Kenngrößen, um die hydraulische Belastung durch Schwall/Sunk zu minimieren:

- Dämpfen des Schwallabflusses
- Anheben des Sunkabflusses
- Reduktion der Pegeländerungsraten

Ziele (hydrologische Kenngrößen) wurden in [7] für die Indikatoren F2* und F3* definiert. Diese Indikatoren zeigen zusammen das Hauptdefizit bezüglich Schwall/Sunk auf und beinhalten Zielvorgaben für die relevanten hydrologischen Kenngrößen. Für beide berücksichtigten Indikatoren wird in jeder Untersuchungsstrecke ein Zielzustand von gut angestrebt. Für den Indikator Q1* ist eine Zieldefinition anhand konkreter hydrologischer Vorgaben schwierig. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen zum Hauptschritt 2 soll aufgezeigt werden, in welchem Umfang mit einer ganzjährig optimalen Bewirtschaftung des durch die Zielvorgaben für F2* und F3* definierten Retentionsvolumens, auch die Defizite des Indikators Q1* verringert werden können. Für alle anderen Indikatoren wurden aufgrund methodischer Unsicherheiten, nicht messbarer Ziele oder fehlendem Defizit keine Sanierungsziele definiert.

Indikator F2*

Der Indikator F2* berücksichtigt das Strandern von Fischen, welches an der Moesa ein grosses Defizit darstellt. Mit einer starken Dämpfung der Pegelrückgangsraten kann das Strandungsrisiko minimiert werden. Damit die Zielvorgaben für den Indikator F2* in allen Untersuchungsstrecken erreicht werden können, müssen bei allen

vier Wasserrückgaben maximale Abflussänderungsraten eingehalten werden. Die erforderlichen Vorgaben zur Zielerreichung sind in Kapitel 2.6.2 im Teilbericht Schwall/Sunk (Beilage 3) aufgeführt.

Indikator F3*

Der Indikator F3* berücksichtigt die Reproduktion der Fische und beurteilt den Verlust an Laichhabitaten durch Schwall/Sunk. Durch Anheben des Sunks oder Dämpfen des Schwalls, kann das Trockenfallen und Erodieren von Laichsubstrat sowie Laichgruben minimiert werden. Dabei können die Ziele des Indikators F3* durch eine Vielzahl an Kombinationen von Vorgaben für den maximal oder minimal einzuhaltenden Schwall und Sunk erfüllt werden.

Die hydrologischen Auswertungen zeigen, dass im heutigen Zustand die winterlichen Schwallabflüsse deutlich über den Maximalabflüssen in einem kraftwerksunbeeinflussten Zustand liegen. Die Sunkabflüsse im Winter liegen nur leicht tiefer als die Minimalabflüsse in einem kraftwerksunbeeinflussten Zustand. Diese Beobachtung ist unter anderem auf die beschränkten Speichermöglichkeiten der Kraftwerksanlagen und den Anteil des gefassten Einzugsgebiets an der Moesa zurückzuführen. Die Bewirtschaftung der Speicher ist von den vorherrschenden Zuflüssen geprägt, welche in den Wintermonaten über weite Perioden sehr tief sein können. Entsprechend ist der Kraftwerkseinsatz der vier Kraftwerke im Winterhalbjahr grösstenteils geprägt von kurzen aber teilweise intensiven Schwallereignissen. Solche kürzeren Ereignisse können besonders effektiv mit einer Schwallbegrenzung gedämpft werden.

Je nach Untersuchungsstrecke liegt der Anteil des gefassten Einzugsgebiets zwischen 40 und 50%. Da zudem insbesondere die höher gelegenen Gebiete gefasst sind, wo im Winter Niederschlag in Form von Schnee fällt, liegen die heutigen Sunk-Abflüsse nur unwesentlich tiefer als im hydrologisch unbeeinflussten Zustand. Die Umsetzung einer starren Sunkvorgabe, unabhängig von den vorliegenden hydrologischen Gegebenheiten, ist daher nicht möglich. Die Beeinträchtigungen des Indikators F3* können mit einer winterlichen Schwallbegrenzung mit wesentlich kleinerem Sanierungs umfang beseitigt werden als mit einer Sunkvorgabe.

Für den Auswertungszeitraum von Oktober 2017 bis Februar 2023 konnten die Defizite des Indikators F3* mittels einer Schwallbegrenzung beim Kraftwerk Soazza im Winterhalbjahr von heute $14 \text{ m}^3/\text{s}$ auf maximal $7 \text{ m}^3/\text{s}$ beseitigt werden. Während herbstlichen Hochwasserperioden im Oktober und November wurde dabei auf die Schwallbegrenzung verzichtet. Eine Sunkvorgabe wurde nicht definiert.

4.3 Teilphase II – Definition repräsentative Abflussganglinien

Die Bestimmung der für die Zukunft repräsentativen Abflussganglinien ist für die Auslegung der Schwall/Sunk-Sanierungsmassnahme zentral. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurden die Auswirkungen von verschiedenen betrieblichen und hydrologischen Szenarien auf den Sanierungsumfang evaluiert und in Kapitel 3 im Teilbericht Schwall/Sunk (Beilage 3) dokumentiert. Basierend auf der durchgeföhrten Sensitivitätsanalyse konnten für alle vier Kraftwerke die repräsentativen Abflussganglinien definiert werden. Für alle vier Kraftwerke werden die gemessenen Betriebsganglinien sowie die Basisabflussganglinien von Oktober 2017 bis Februar 2023 für die Bestimmung des Sanierungsumfangs berücksichtigt.

4.4 Teilphase III – Bestimmung Sanierungsumfang

Die Bestimmung des Sanierungsumfangs ist abhängig von der berücksichtigten Massnahmenvariante. Wie in Kapitel 4.5 erläutert wird, wurden für die Beseitigung der

Schwall/Sunk-Defizite in der Moesa drei unterschiedliche Massnahmentypen untersucht:

- Dämpfung von Schwall/Sunk mit einem Retentionsvolumen in Form eines Ausgleichbeckens oder einer Kaverne / eines Speicherstollens.
- Ausleitung des Schwalls
- Betriebliche Einschränkung mit einer Batterie als Ausgleich

Die Dimensionierung des Sanierungsumfangs der Retentionsvolumen und der Batterien sind in Kapitel 4.4.1 und 4.4.2 beschrieben.

4.4.1 Sanierungsumfang Retentionsvolumen

Der benötigte Sanierungsumfang zur Beseitigung der wesentlichen Beeinträchtigung wurde als benötigtes Retentionsvolumen bei den vier Wasserrückgaben berechnet. Die Berechnung erfolgt durch die Gegenüberstellung der repräsentativen Abflussganglinie (aus Teilphase II) mit den hydrologischen Zielwerten in den verschiedenen Untersuchungsstrecken der Moesa (aus der Zieldefinition der Teilphase III). Die Details zur Methodik können dem Kapitel 4 im Teilbericht Schwall/Sunk (Beilage 3) entnommen werden.

Mit einem von Axpo entwickelten Tool (Optimierungscode) können die gedämpften Betriebsganglinien für verschiedene Retentionsvolumen unter Berücksichtigung der Zielvorgaben berechnet werden. In Abhängigkeit der Jahreszeit, der vorliegenden Hydrologie und dem Kraftwerkseinsatz kann die Bewirtschaftung des Retentionsvolumens so optimiert werden, dass die hydraulische Beeinträchtigung durch Schwall/Sunk ganzjährig minimiert werden kann. Die optimierte Bewirtschaftung des Retentionsvolumens führt dazu, dass die Minimalvorgaben aus der Zieldefinition während weiten Perioden übertrroffen werden können.

Die Bestimmung der benötigten Retentionsvolumen ist ein iterativer Prozess. Mit unterschiedlichen Retentionsvolumen und unterschiedlichen Vorgaben für die Optimierungen wurden diverse Szenarien berechnet. Basierend darauf konnten für die vier Wasserrückgaben die Retentionsvolumen ermittelt werden, welche die Zielvorgaben für die berücksichtigten Indikatoren erfüllen (vgl. Tab. 4.1). Der iterative Volumenberechnungsprozess hat gezeigt, dass die sinnvollste Kombination ein grosses Retentionsvolumen bei Soazza und drei kleinere Retentionsvolumen bei den unterliegenden Kraftwerken, mit tieferen Ausbauwassermengen, darstellt. Während die Retentionsvolumen bei Lostallo, Grono und Sassello hauptsächlich zur Dämpfung der Abflussänderungsraten dienen, kann mit dem Retentionsvolumen bei Soazza neben der Dämpfung der Abflussänderungsraten der Schwall wesentlich gedämpft und auch der Sunk über weite Perioden angehoben werden.

Wasserrückgabe	Erforderliches Retentionsvolumen [m³]
Soazza	120'000
Lostallo	10'000
Grono	25'000
Sassello	25'000

Soazza	120'000
Lostallo	10'000
Grono	25'000
Sassello	25'000

Tab. 4.1 Benötigte Retentionsvolumen zur Einhaltung der Zielvorgaben

Die Berechnung des Sanierungsumfangs und der gedämpften Abflussganglinien basiert auf dem Ergebnis aufwendiger Modellierungen, mit einer Vielzahl von Annahmen und Inputdaten. Die modellierten Ganglinien der Gewässer mit Sanierungsmaßnahmen sind als Beispiele zu betrachten, wie eine oder mehrere Sanierungsmaßnahmen wirken können. Die tatsächliche zukünftige Bewirtschaftung eines Ausgleichsbeckens kann mit Modellen nur angenähert, jedoch nicht perfekt abgebildet werden. Es besteht somit auch das Risiko, dass der Optimierungscode das Dämpfungsvermögen der Retentionsvolumen als zu optimistisch einschätzt.

Die Ergebnisse haben somit keine absolute Gültigkeit, sondern gelten nur für die in diesem Bericht betrachtete repräsentative Ganglinie und können entsprechend nicht garantiert werden. Eine Änderung der Betriebsganglinie oder der Hydrologie hat auch eine Änderung der hydrologischen Kennwerte zur Folge. Die Einhaltung der Zielvorgaben kann somit, wie auch in der Sensitivitätsanalyse aufgezeigt, mit den vorgeschlagenen Retentionsvolumen nicht für jeden Fall garantiert werden.

Deshalb gilt es, das definitive Retentionsvolumen in der nächsten Projektierungsphase nochmals mittels Kosten-/Nutzenanalyse für die auserwählten Massnahmen zu überprüfen.

4.4.2 Sanierungsumfang betriebliche Massnahme mit Batterie

Während beim Betrieb eines Ausgleichsbeckens, wie oben beschrieben, von der Einhaltung von den Anforderungsprofilen abgewichen wird, um Schwall/Sunk in Abhängigkeit der vorliegenden Randbedingungen zu dämpfen, kann bei einer Sanierung mit betrieblichen Massnahmen nicht von den Anforderungsprofilen abgewichen werden. Bei betrieblichen Massnahmen gibt es kein Retentionsvolumen, das auf Änderungen der Randbedingungen reagieren kann, sondern es müssen dem Betrieb klar einzuhaltende Zielvorgaben gemacht werden.

Für das vorliegende Variantenstudium wurde die Variante einer betrieblichen Massnahme mit einer Batterie als Ausgleichsmassnahme geprüft. Für die Dimensionierung der benötigten Batterie zum Ausgleich der betrieblichen Einschränkungen wurden die Resultate des Optimierungscode (Volumencode) mit den Zielvorgaben gemäss Kapitel 2.6.2 im Teilbericht Schwall/Sunk (Beilage 3) verwendet. Die Methodik zur Dimensionierung und die erforderliche Leistung und Kapazität der Batterien sind im Teilbericht Technik (Beilage 1) beschrieben.

4.5 Teilphase III – Vorauswahl Massnahmen für das Variantenstudium

Im Rahmen der Vorauswahl der Massnahmen wurde den Behörden im Bericht zum Hauptschritt 1 [7] im Variantenstudium weiter zu verfolgenden Massnahmenauswahl empfohlen. Es wurde vorgeschlagen, vier Ausgleichsbeckenstandorte für die Kraftwerkszentrale Soazza und je einen Ausgleichsbeckenstandort für die übrigen Kraftwerkszentralen Lostallo, Grono und Sassello zu prüfen. Außerdem wurde vorgeschlagen, betriebliche Massnahmen mit Batteriesystemen zum energetischen Ausgleich zu prüfen. Für die Beckenvarianten und die Batteriesysteme wurden somit für das Variantenstudium detaillierte technische Machbarkeitsstudien durchgeführt [5].

Eine Prüfung von weiteren betrieblichen oder baulichen Massnahmen (z.B. Kaverne/Speicherstollen oder Ausleitung) wurde in [7] nicht empfohlen, da sich die Ausgleichsbecken gegenüber den weiteren Massnahmentypen, im Rahmen der Vorauswahl der Massnahmen, als insgesamt vorteilhafter und wesentlich kosteneffizienter gezeigt haben. Gemäss der Vorauswahl der Massnahmen sollten Kavernen/Spei-

cherstollen und Ausleitungen nur untersucht werden, falls sich im Verlauf des Variantenstudiums abzeichnetet, dass die vorausgewählten Massnahmen nicht umsetzbar sind. In Absprache mit den Behörden wurde somit keine technische Machbarkeitsstudie für diese Massnahmentypen durchgeführt.

An der Koordinationssitzung vom 9. März 2023 haben die Behörden den Wunsch geäussert, den in der Vorauswahl der Massnahmen verworfenen Massnahmentyp «Ausleitungen» und den Typ «Kavernen/Speicherstollen» trotzdem zu untersuchen und im Variantenstudium zu integrieren. HTU hat deshalb eine vereinfachte technische Betrachtung der Ausleitungen und der Kavernen/Speicherstollen durchgeführt. Im Rahmen dieser vereinfachten Machbarkeitsstudie wurden keine konkreten Linienführungen definiert und keine Standortprüfungen für die neuen Zentralen in Lostallo und Monticello durchgeführt. Wie und wohin die Energieableitung erfolgen soll, ist ebenfalls Gegenstand einer späteren Planungsphase. Auch für die Kavernen/Speicherstollen wurden keine detaillierten Standorte oder Linienführungen der Zu- und Ableitungen geprüft. Falls sich im Rahmen des Variantenstudiums eine dieser Massnahmen als Bestvariante abzeichnetet, müsste eine Prüfung der technischen Machbarkeit nachgeholt werden.

In Tab. 4.2 ist die gegenüber [7] um die Massnahmentypen «Kaverne/Speicherstollen» und «Ausleitungen» ergänzte Auswahl der geprüften Massnahmen dargestellt. Die vorausgewählten Massnahmen und ihre Standorte können Abb. 4.1 entnommen werden.

Massnahmentyp Soazza	Lostallo	Grono	Sassello
Ausgleichsbecken	So1 Sassell So2 Cabiolo So3 Basol So5 Pert/Pignerett	Lo1 Lostallo	Gro2 Grono, linksufrig
Kaverne / Speicherstollen*	Standort nicht definiert	Standort nicht definiert	Standort nicht definiert
Ausleitung*	Soazza – Lostallo	Lostallo – Monti- cello	
Betriebliche Mass- nahmen mit Bat- terien	Zentrale Soazza	Zentrale Lostallo	Zentrale Grono
			Zentrale Sas- sello

Tab. 4.2 **Übersicht aller untersuchten Sanierungsmassnahmen an der Moesa** (* Massnahmen, zu denen keine detaillierte Machbarkeitsstudie durchgeführt wurde; auf Wunsch der Behörden wurden sie vereinfacht untersucht)

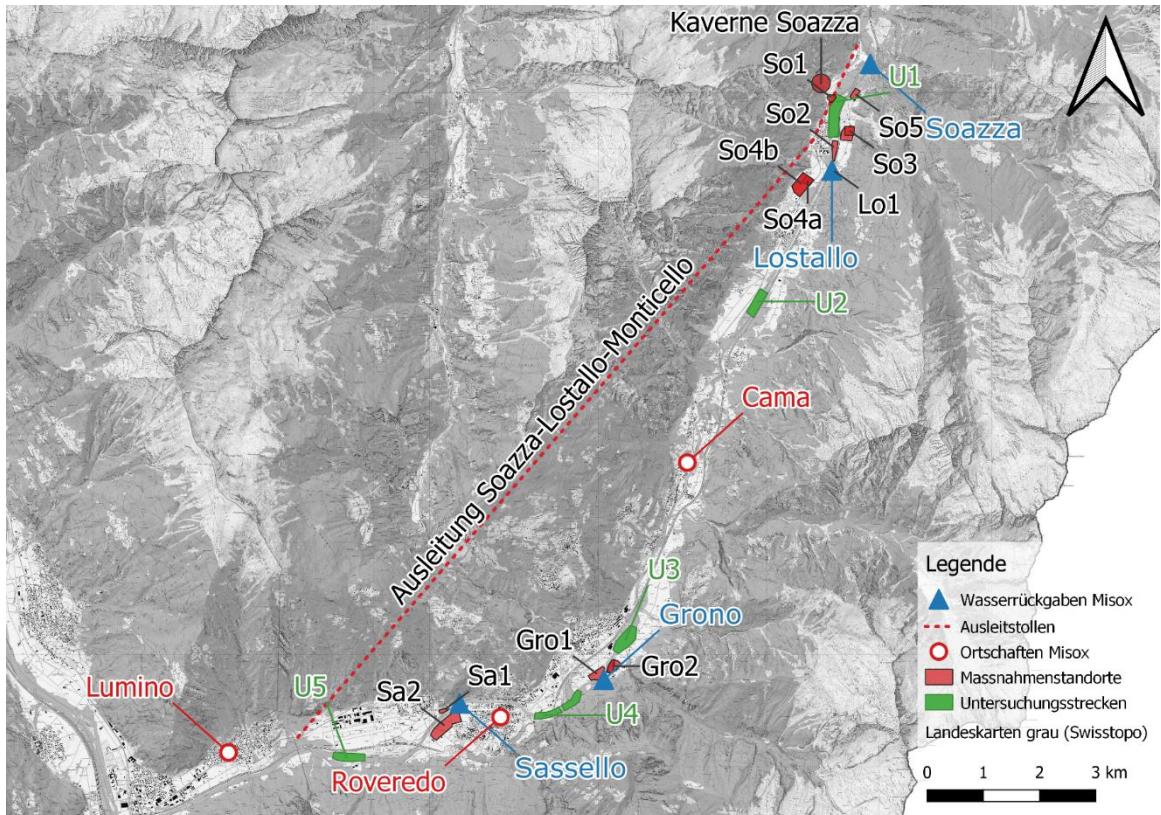


Abb. 4.1 Übersichtskarte mit den vorausgewählten Massnahmen und ihren Standorten an der Moesa (Quelle Hintergrundkarte: Swisstopo, 2023)

4.6 Festlegung Sanierungsvarianten

Damit die Beeinträchtigungen durch Schwall/Sunk in der gesamten Schwallstrecke der Moesa beseitigt werden können, müssen unterschiedliche Massnahmen miteinander zu einer Sanierungsvariante kombiniert werden. Daher wurden aus den in Tab. 4.2 aufgelisteten Massnahmen einzelne Massnahmenkombinationen gebildet. Der ökologische Nutzen wurde anschliessend jeweils für jede Sanierungsvariante evaluiert. Grundsätzlich könnte eine sehr grosse Anzahl unterschiedlicher Kombinationen von Massnahmen untersucht werden. Aus Aufwandsgründen wurde die Anzahl Sanierungsvarianten begrenzt und eine aus Sicht von Axpo zielführende Auswahl von Massnahmenkombinationen erstellt. Es wurden folgende sechs Sanierungsvarianten definiert:

Ausgleichsbecken mittel und gross:

Die Sanierungsvariante «mittel» sieht bei jeder Wasserrückgabe ein Ausgleichsbecken mit den Retentionsvolumen gemäss Tab. 4.1 vor. Bei der Sanierungsvariante «gross» wird ein grösseres Retentionsvolumen bei der Wasserrückgabe Soazza von 145'000 m³ statt 120'000 m³ evaluiert.

Kaverne / Speicherstollen:

Diese Variante sieht bei jeder Wasserrückgabe eine Kaverne / Speicherstollen mit den Retentionsvolumen gemäss Tab. 4.1 vor. Bezüglich des ökologischen Nutzens im Gewässer spielt es keine Rolle, ob das erforderliche Retentionsvolumen über ein Ausgleichsbecken oder eine Kaverne / Speicherstollen bereitgestellt wird.

Betriebliche Massnahme mit Batterie:

Diese Variante sieht bei allen vier Kraftwerken betriebliche Massnahmen zur Einhaltung der Zielvorgaben vor. Die betrieblichen Einschränkungen können mit dem Einsatz von Batterien grossmehrheitlich ausgeglichen werden.

Ausleitung:

Diese Variante sieht eine Ausleitung der Betriebswassermengen der Kraftwerkszentralen Soazza und Lostallo von Soazza bis nach Monticello, mit einer Wasserkraftnutzung in Lostallo und Monticello, vor. Für die Wasserrückgaben Grono und Sassello werden in dieser Variante keine Massnahmen umgesetzt.

Ausleitung und Ausgleichsbecken:

Diese Variante sieht eine Ausleitung der Betriebswassermengen der Kraftwerkszentralen Soazza und Lostallo von Soazza bis nach Monticello, mit einer Wasserkraftnutzung in Lostallo und Monticello, vor. Zusätzlich werden bei den Wasserrückgaben Grono und Sassello je ein Ausgleichsbecken mit den Retentionsvolumina gemäss Tab. 4.1 bereitgestellt.

5. Vorgehen Variantenstudium

5.1 Abklärungen Teilprojekt Technik

Im «Teilprojekt Technik» erfolgt für die in Teilphase III vorausgewählten Massnahmentypen und Standorte (Kapitel 4.5):

- die konzeptionelle Auslegung in Anlehnung an den ebenfalls in Teilphase III abgeschätzten Sanierungsumfang,
- eine Prüfung der jeweiligen technischen Machbarkeit auf Stufe Vorstudie (unter Beachtung der standortbedingten Randbedingungen) und
- eine Abschätzung der jeweiligen Kosten mit einer Genauigkeit von +/- 30% (für die Ausgleichsbecken und Batterien) bzw. +/- 40% für die Kavernen/Speicherstollen und die Ausleitungen (Ausnahme geologische Risiken).

In Absprache mit den Behörden wurde eine detaillierte Machbarkeitsstudie nur für die Massnahmenvarianten der Ausgleichsbecken und der betrieblichen Massnahme mit Batterien durchgeführt. Für die zwei Massnahmenvarianten der Kavernen/Speicherstollen und der Ausleitung wurde in Absprache mit den Behörden auf eine detaillierte Ausarbeitung verzichtet und nur grobe Abschätzungen vorgenommen. Einerseits zeigte sich im Rahmen der Erarbeitung der Vorauswahl der Massnahmen, dass diese Massnahmen zu wesentlich höheren Kosten gegenüber den Ausgleichsbecken führen würden. Andererseits wurden die untersuchten Ausgleichsbeckenvarianten im Rahmen der Vorauswahl der Massnahmen hinsichtlich Technik, Umwelt und Umfeld als potenziell umsetzbar und bewilligungsfähig eingestuft. Entsprechend ist die Genauigkeit der Grobkostenschätzung für die Ausgleichsbecken und Batterien höher als für die Kavernen/Speicherstollen und die Ausleitungen.

Die technische Machbarkeitsstudie hat gezeigt, dass die ausgewiesen konkreten Massnahmenvarianten der Ausgleichsbecken und der betrieblichen Massnahme mit Batterien technisch machbar sind. Zwar bestehen entsprechend der Planungsstufe noch erhebliche Unsicherheiten und Risiken. Die für die spezifischen Standorte ermittelten Grundkonzepte und Kosten sind aber belastbar und stellen eine gute Grundlage für die notwendigen Entscheidungen im weiteren Projektverlauf dar. Für die Massnahmenvarianten der Kavernen/Speicherstollen und der Ausleitungen bestehen aufgrund dem geringeren Detailierungsgrad bezüglich den Abklärungen zur technischen Machbarkeiten noch grösere Unsicherheiten.

Die Kosten wurden für alle Massnahmen als Gesamtkosten inkl. Betrieb, Unterhalt und Instandhaltung (Barwertmethode) ermittelt und sind exkl. MWST ausgewiesen.

Für detailliertere Angaben zum Vorgehen und zu den Ergebnissen wird auf den «Teilbericht Technik» in Beilage 1 verwiesen.

5.2 Abklärungen Teilprojekt Umwelt und Umfeld

Im «Teilprojekt Umwelt und Umfeld» erfolgt für die in der Machbarkeitsstudie des Teilprojekts Technik erarbeiteten Massnahmen und der entsprechenden technischen Auslegung die Beurteilung (vgl. Beilage 1):

- der Zielkonflikte im Bereich Umwelt/Naturschutz,
- der Zielkonflikte im Bereich Raumplanung sowie
- der weiteren Zielkonflikte mit bereits vorhandenen Nutzungen.

Die Beurteilung erfolgt dabei ähnlich wie in der Vorauswahl der Massnahmen, anhand eines Ampel-Systems von «grün» (kein oder ein sehr geringfügiger Konflikt), über «gelb» (wesentlicher, jedoch mit geeigneten Massnahmen oder Anpassungen lösbarer Konflikt) bis «rot» (kritischer, in Interessenabwägung zu beurteilender Konflikt). Aufgrund des höheren Detailierungsgrads seitens des «Teilprojekts Technik» konnte auch die Beurteilung der Zielkonflikte im Teilprojekt Umwelt und Umfeld detaillierter durchgeführt werden. Weiter wurde die Bewilligungsfähigkeit aller im Variantenstadium betrachteten Massnahmen beurteilt, um nicht bewilligungsfähige Massnahmen ausschliessen zu können.

Für detailliertere Angaben zum Vorgehen und zu den Ergebnissen wird auf den «Teilbericht Umwelt und Umfeld» in Beilage 2 verwiesen.

5.3 Abklärungen Teilprojekt Schwall/Sunk

Im «Teilprojekt Schwall/Sunk» wurden die in der Machbarkeitsstudie des Teilprojekts Technik erarbeiteten Massnahmenvarianten für die einzelnen Standorte (vgl. Beilage 1) zu Massnahmenkombinationen bzw. Sanierungsvarianten zusammengeführt, welche jeweils ein Sanierungsszenario für die Moesa abbilden. Für diese Sanierungsvarianten werden im Teilprojekt Schwall/Sunk

- die entsprechenden gedämpften Abflussganglinien für die verschiedenen Gewässerabschnitte modelliert und
- anhand der neuen Abflussganglinie der ökologische Nutzen Schwall/Sunk beurteilt.

Die Beurteilung des ökologischen Nutzens der Sanierungsvarianten erfolgt anhand:

- einer Neubeurteilung der Indikatoren F2*, F3* und Q1* gemäss Vollzugshilfe Massnahmen (VZH) des BAFU [2] für die gedämpften Ganglinie jeder Sanierungsvariante in den jeweils relevanten Untersuchungstrecken der Moesa,
- der Bestimmung der sich einstellenden hydrologischen Kennwerte für jede Sanierungsvariante (Schwall-, Sunkabfluss, Pegeländerungsraten, etc.),
- einer gutachterlichen Einschätzung des ökologischen Nutzens jeder Sanierungsvariante,
- des Vergleichs all dieser Angaben und Bewertungen zwischen dem Zustand jeder Sanierungsvariante mit dem Ist-Zustand und
- schlussendlich anhand der Kombination der rechnerischen Beurteilung der Indikatoren und der gutachterlichen Einschätzung des ökologischen Nutzens.

Für detailliertere Angaben zum Vorgehen und zu den Ergebnissen wird auf den «Teilbericht Schwall-Sunk» in Beilage 3 verwiesen.

5.4 Kosten/Nutzen-Analyse

Im Rahmen der Kosten/Nutzen-Analyse wird die ökologische Gesamtwirkung (ökologischer Nutzen) der Sanierungsvarianten mit der Summe der Gesamtkosten der Massnahmen der jeweiligen Sanierungsvarianten in Bezug gesetzt. Die Gesamtkosten jeder Massnahme werden im Teilbericht Technik (Beilage 1) für jede Massnahme ausgewiesen. Damit die in den einzelnen Machbarkeitsstudien abgeschätzten Kosten miteinander vergleichbar sind, wurden seitens Axpo einheitliche Vorgaben sowohl für die Kostenstruktur, die Kostengenauigkeit, die anzuwendenden Zuschläge bei den Anlagekosten als auch für die Betriebs- und Unterhaltskosten definiert (vgl. Beilage 1, Kapitel 2.3).

Der ökologische Nutzen stammt aus dem Teilbericht Schwall/Sunk (Beilage 3). Aus der Kombination der Bewertung der Indikatoren der VZH [2] und der gutachterlichen Einschätzung wurde anhand einer gewichteten Aggregation der ökologische Nutzen in einer Punktzahl generiert. Die Punkte geben dabei an, um wie viel sich die Situation mit Sanierungsvariante gegenüber dem Ist-Zustand verbessert. Mithilfe der Kosten/Nutzen-Analyse kann daher aufgezeigt werden, wie das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen ist und welche Sanierungsvariante damit die kosteneffizienteste darstellt (geringste Kosten pro ökologischen Punkt).

Der ökologische Nutzen wird jeweils für ein Sanierungsvariante angegeben. Ein Variante kann aber mehrere technische Massnahmenvarianten, welche z.T. unterschiedliche Gesamtkosten aufweisen, abdecken. Aus diesem Grund wurde für die Kosten/Nutzen-Analyse anhand der Beurteilung aller Massnahmenvarianten im Teilprojekt Technik sowie Umwelt und Umfeld eine Vorauswahl getroffen. In der Kosten/Nutzen-Analyse wird für jede Sanierungsvariante jeweils nur die gemeinsam, aus den Abklärungen Technik, Umwelt und Umfeld, bestimmten Massnahmenfavoriten betrachtet.

5.5 Verhältnismässigkeit des Aufwandes

Die Beurteilung der Verhältnismässigkeit des Aufwandes ist Aufgabe der Behörden. Entsprechend kann im vorliegenden Dossier keine abschliessende Aussage zu der Verhältnismässigkeit der verschiedenen Sanierungsvarianten getroffen werden. Auf Basis bekannter, bisheriger Einschätzungen und Aussagen der Behörden wird ein Richtwert für die Verhältnismässigkeit der Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa angegeben. Der Entscheid zur Verhältnismässigkeit des Aufwandes erfolgt jedoch immer am Einzelfall unter Abwägung der Kosten und des Nutzens der Sanierung sowie aller weiteren relevanten Aspekte nach denen sich die Massnahmen richten (Art. 39a Abs. 2)

- a. dem Grad der Beeinträchtigung des Gewässers;
- b. dem ökologischen Potenzial des Gewässers;
- c. der Verhältnismässigkeit des Aufwands;
- d. den Interessen des Hochwasserschutzes;
- e. den energiepolitischen Zielen zur Förderung erneuerbarer Energien.

Seitens BAFU werden in der Methodik zur Bestimmung der Finanzierung von Ausleitkraftwerken als Schwall/Sunk-Sanierungsmassnahmen [3] Angaben zur Verhältnismässigkeit gemacht:

«Aus den gesetzlichen Grundlagen lässt sich keine scharfe Grenze für die Verhältnismässigkeit in Mio. CHF/km ableiten. Gestützt auf bisher bekannte Sanierungsprojekte werfen spezifische Kosten grösser als 6 Mio. CHF/km Fragen zur Verhältnismässigkeit auf. Sanierungsmassnahmen an kleinen Gewässern oder an Gewässern mit geringem ökologischem Potenzial können bereits bei Kosten kleiner als 6 Mio./km unverhältnismässig sein. Für Gewässerabschnitte mit übergeordneter ökologischer Bedeutung für das gesamte Einzugsgebiet können jedoch Kosten über 6 Mio. CHF/km verhältnismässig sein» [3].

Als Richtwert zur Einordnung der Verhältnismässigkeit wird im vorliegenden Dossier daher auf den Wert von 6 Mio. CHF pro sanierten km Gewässer abgestützt.

Entsprechend gilt es festzulegen, welche Gewässerstrecke durch die Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa saniert wird. Wie im Bericht zum Hauptschritt 1 (Beilage 3)

ausgewiesen, umfasst der Projektperimeter der Schwall/Sunk Sanierung grundsätzlich die Moesa ab der Wasserrückgabe Soazza der OIM bis zur Mündung der Moesa in den Ticino nördlich von Bellinzona (vgl. Abb. 3.2). Aufgrund der grösseren Wassermengen wirkt sich die Schwall/Sunk Sanierung der Moesa im Ticino nur noch in geringerem Umfang aus. Für die Bestimmung der spezifischen Kosten kann daher der rund 22 km lange Gewässerabschnitt der Moesa von der Wasserrückgabe in Soazza bis zur Einmündung in den Ticino berücksichtigt werden. Wird ausschliesslich der Einfluss der Schwall/Sunk-Sanierung auf die Moesa, ohne Berücksichtigung des Einflusses auf den Ticino, berücksichtigt, wird für die Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa folgender Betrag als verhältnismässig eingeschätzt:

**Richtwert Verhältnismässigkeit Schwall/Sunk-Sanierung Moesa:
132 Mio. CHF**

Die Schwall/Sunk-Sanierung wirkt sich jedoch zusätzlich, auch wenn nur in einem geringeren Umfang, auf den Ticino aus. Die rund 17 km lange Fliessstrecke des Ticinos ab der Einmündung der Moesa bis zum Lago Maggiore wird ebenfalls aufgewertet. Gemäss der strategischen Planung des Kantons Tessin [11] verursachen insgesamt 7 Kraftwerkszentralen mit einer aufsummierten Ausbauwassermenge von rund 140 m³/s Schwall/Sunk im Ticino. Die aufsummiert Ausbauwassermenge der vier Kraftwerkszentralen im Misox beträgt rund 30 m³/s. Die gesamte Ausbauwassermenge aller Kraftwerkszentralen, welche Schwall/Sunk verursachen, beläuft sich für den Ticino somit unterhalb der Einmündung der Moesa auf rund 170 m³/s, wobei sich der Anteil der Kraftwerkszentralen im Misox dabei auf rund 18% beläuft. Somit kann vereinfacht gefolgert werden, dass rund 18% der Schwall/Sunk Beeinträchtigungen im Ticino zwischen der Einmündung der Moesa bis zum Lago Maggiore durch die Kraftwerkszentralen im Misox verursacht wird. Wenn 18% der rund 17 km langen Fliessstrecke des Ticino mitsaniert werden, entspricht dies einer Erhöhung des Richtwertes zur Verhältnismässigkeit um rund 18 Mio. CHF (18% x 17 km x 6 Mio. CHF/km). Wird der Effekt der Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa auf den Ticino berücksichtigt, vergrössert sich der Richtwert zur Verhältnismässigkeit somit auf 150 Mio. CHF.

Wie bereits erwähnt, stellt dieser Betrag eine Grössenordnung und keine scharfe Grenze dar. Die Beurteilung der Verhältnismässigkeit erfolgt durch die Behörden für den Einzelfall unter Berücksichtigung aller relevanten Aspekte.

5.6 Interessenabwägungen unter Einbezug aller Interessen

Die Schwall/Sunk-Problematik in der Moesa ist sehr gross. Die Beseitigung der wesentlichen Beeinträchtigung Schwall/Sunk verlangt entsprechend auch nach sehr grossen Sanierungsmassnahmen mit den entsprechenden Auswirkungen auf Raum und Umwelt. Gemäss Art. 8 Abs. 2 RPG bedürfen Vorhaben mit gewichtigen Auswirkungen auf Raum und Umwelt einer Grundlage im Richtplan. Eine solche benötigt eine umfassende Abwägung der verschiedenen Interessen auf Ebene des Richtplans.

Im Teilprojekt Umwelt und Umfeld wurden als erster Schritt der Interessenabwägung (Art. 3 Abs. 1 lit. a RPV) alle mit den verschiedenen Sanierungsmassnahmen einhergehenden Interessenkonflikte ermittelt und dokumentiert. Als zweiter Schritt (Art. 3 Abs. 1 lit. b RPV) wurden die ermittelten Zielkonflikte beurteilt und gewichtet. Wie bereits in Kapitel 5.2 beschrieben, wurden dabei die Zielkonflikte in drei Kategorien eingeteilt:

- Kategorie grün: Es liegt kein oder ein sehr geringfügiger und lösbarer Interessenkonflikt mit der betrachteten Sanierungsmassnahme vor.

- **Kategorie gelb:** Es besteht ein wesentlicher, jedoch mit geeigneten Massnahmen immer noch lösbarer Interessenkonflikt mit der betrachteten Sanierungsmassnahme vor oder es kann davon ausgegangen werden, dass das Interesse an der Schwall/Sunk-Sanierung in einer Interessenabwägung klar überwiegt.
- **Kategorie rot:** Es besteht ein kritischer Interessenkonflikt, welcher eine fundierte Interessenabwägung verlangt. Der Interessenkonflikt ist potenziell bewilligungsrelevant und muss in einer nächsten Planungsphase im Detail abgeklärt werden. Eine Bewilligung ist jedoch nicht per se ausgeschlossen.

Die im Teilprojekt Umwelt und Umfeld als «grün» oder «gelb» ausgewiesenen Interessenkonflikte werden nachfolgend nicht weiter betrachtet. Für alle betrachteten Sanierungsmassnahmen bestehen jedoch auch kritische Interessenkonflikte (Kategorie rot). Im vorliegenden Bericht findet eine weitere Abwägung zwischen den als kritisch eingestuften Interessen und dem Interesse der Schwall/Sunk-Sanierung statt.

Dabei wird einerseits festgelegt, welche Massnahmenvarianten aufgrund überwiegender Interessenkonflikte als nicht bewilligungsfähig zu beurteilen sind, und entsprechend aus dem Variantenstudium ausscheiden. Anderseits wird beurteilt, für welche Massnahmenvarianten die Interessen der Schwall/Sunk-Sanierung trotz der kritischen Zielkonflikte überwiegen. Als letzter Schritt der Interessenabwägung (Art. 3 Abs. 1 lit. c RPV) wird aufgezeigt, wie mit einer allfälligen Optimierung der Massnahmen der Konflikt zwischen den verschiedenen Interessen so klein wie möglich gehalten werden kann.

Dabei gilt zu beachten, dass auf der vorliegenden Planungsstufe der Machbarkeit bzw. auf Richtplanebene nicht alle Interessenskonflikte abschliessend fachlich beurteilt werden können. Detaillierte Abklärungen erfolgen erst in der Umweltverträglichkeitsprüfung auf Stufe der Nutzungsplanung. Die vorliegende Interessensabwägung wird jedoch als stufengerecht beurteilt.

Um die gesamten, durch die Massnahmen zur Schwall/Sunk-Sanierung betroffenen Interessen gegenüber dem Interesse der Schwall/Sunk-Sanierung abwägen zu können, gilt es die Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa in ihrer Bedeutung einzuordnen.

Die Sanierung von Schwall und Sunk ist nach Art. 39a GSchG eine im Bundesrecht verankerte gesetzliche Pflicht. Der Kanton Graubünden hat im Rahmen der strategischen Planung Schwall/Sunk für das ganze Kantonsgebiet definiert, welche Anlagen eine wesentliche Beeinträchtigung Schwall/Sunk verursachen. Mit den Verfügungen vom 9. Mai 2018 wurde den betroffenen Kraftwerksgesellschaften an der Moesa die Sanierungspflicht auferlegt.

Die Resultate zur strategischen Planung des Kantons Graubünden [1] wie auch die bisherigen Abklärungen im Rahmen des vorliegenden Projekts [7] zeigen, dass die ökologische Beeinträchtigung durch Schwall/Sunk in der Moesa sehr gross ist. Der negative Einfluss von Schwall/Sunk zeigt sich auch anhand der Abnahme der fischereilichen Fangmengen seit dem Jahr 2004 [8]. Ab 2004 wurde der Strommarkt in der Schweiz liberalisiert, womit die Kraftwerke tendenziell stärker marktorientiert gefahren worden sind, was zu einer Verstärkung von Schwall/Sunk im Gewässer führte. Ob die Abnahme der fischereilichen Fangmengen jedoch ausschliesslich auf eine Zunahme von Abflussänderungen infolge Schwall/Sunk in der Moesa zurückgeführt werden kann, bleibt unklar.

Verschiedene Revitalisierungsmassnahmen der letzten Jahre entlang der Moesa haben die Vielfalt der vorkommenden Arten in der Moesa positiv beeinflusst [10]. Mit

über 12 nachgewiesenen Fischarten (Abfischungen AJF aus dem Jahr 2016) gilt die Moesa als das Fliessgewässer mit der höchsten Artenvielfalt im Kanton Graubünden [9]. Trotz diesen Massnahmen konnte keine Zunahme der Fischbestände festgestellt werden und bei den meisten Fischarten kann nicht von einer sich selbst erhaltenden, stabilen Population ausgegangen werden. Hydra geht davon aus, dass eine selbsterhaltende Bachforellenpopulation ohne Besatz im Schwall/Sunk Abschnitt der Moesa nicht existieren könnte. Auch für die Äsche ist davon auszugehen, dass die im Schwall/Sunk Abschnitt vorliegende Äschenreproduktion nicht zum Erhalt einer eigenen Population ausreicht. Die Beeinträchtigung durch Schwall/Sunk spielt dabei nebst der ausserhalb der Auen kanalisierten Morphologie und den bestehenden Wanderhindernissen eine zentrale Rolle. Sanierungsmassnahmen sind in allen Bereichen aus Sicht Gewässerökologie dringend notwendig.

In der durch Schwall/Sunk beeinträchtigten Strecke der Moesa kommen überdies eine grosse Zahl an Auengebieten von nationaler Bedeutung vor:

- Aue Pomareda
- Aue Rosera
- Aue Pascoletto
- Aue Ai Fornas
- Aue Isola

Gemäss Art. 8 Auenverordnung sind bestehende Beeinträchtigungen, insbesondere der natürlichen Dynamik, bei jeder sich bietenden Gelegenheit soweit als möglich zu beseitigen. Mit der Schwall/Sunk-Sanierung besteht in diesem Sinne eine Gelegenheit, ein grosses Defizit für diese Lebensräume zu verbessern. Nebst den nationalen Auen-Inventaren bestehen auf der betroffenen Strecke auch verschiedene Auen von regionaler und lokaler wie auch weitere Biotope und Inventare von lokaler bis nationaler Bedeutung, welche z.T. ebenfalls direkt oder indirekt vom beeinträchtigten Gewässer abhängen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die ökologische Beeinträchtigung durch Schwall/Sunk in der Moesa sehr gross ist. Das ökologische Potenzial durch eine Schwall/Sunk-Sanierung wird ausserdem als sehr gross eingeschätzt, insbesondere aufgrund den zahlreichen Aufweitungen im Schwall/Sunk Abschnitt. Aufgrund der Beeinträchtigung eines grossen, ca. 22 km langen Lebensraums einer Vielzahl von Gewässerlebewesen, auch solchen die vom Aussterben bedroht sind, sowie der Beeinträchtigung mehrerer nationaler Auengebiete, wird der Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa ein nationales Interesse zugeordnet. Entsprechend hat diese Schwall/Sunk-Sanierung ein hohes, mit nationalen Schutzinventaren oder anderweitigen nationalen Interessen gleichwertiges Interesse.

5.7 Vorschlag Bestvarianten

Auf Grundlage der Kosten/Nutzen-Analyse und der Interessenabwägung wird ein Vorschlag für eine Bestvariante gemacht. Die Wahl der Bestvariante ist Aufgabe der Behörden.

6. Ergebnisse Variantenstudium

6.1 Fazit Teilprojekt Technik

Nachfolgend werden für die vier Kraftwerkszentralen jeweils die geprüften Massnahmenvarianten aufgeführt und aus technischer Perspektive bewertet. In Kapitel 6.4 werden anschliessend die favorisierten Massnahmenvarianten bei den vier Kraftwerkszentralen zu Sanierungsvarianten (gemäß Kapitel 4.6) zusammengefügt.

6.1.1 Kraftwerk Soazza

Die Tab. 6.1 fasst die wichtigsten Kennzahlen zu Speichervolumen, Gesamtkosten und spezifischen Kosten pro m³ Speichervolumen für die untersuchten Massnahmen bzw. Varianten für das Kraftwerk Soazza zusammen. Da betriebliche Massnahmen mit Batterien kein Wasserspeichervolumen aufweisen, werden zur Berechnung der spezifischen Kosten die Beckenvolumen verwendet, da für die Berechnungen auch die gleichen Zielvorgaben wie bei den Becken verwendet worden sind (vgl. Kapitel 4.4.2):

Massn./ Variante	Wichtigste Elemente	Speicher-volumen [m³]	Gesamtkosten [MCHF, exkl. MWST]	Spez. Kosten [CHF/m³ Speicher]
Soazza				
Becken So1	Standort So1, Becken mittel	126'000	25.3	201
Becken So1	Standort So1, Becken mittel, mit Flachbösch.	126'000	24.4	193
Becken So2	Standort So2, Becken mittel, Zu-Zul. 1	120'000	39.5**	329
Becken So2	Standort So2, Becken mittel, Zu-Zul. 2	120'000	42.1**	351
Becken So3	Standort So3, Becken mittel	125'000	44.8**	359
Becken So5	Standort So5, Becken mittel	120'000	26.8	223
Becken So5	Standort So5, Becken mittel, mit Flachbösch.	120'000	26.7	222
Becken So5	Standort So5, Becken gross, mit Flachbösch.	148'000	29.0	196
Batterie	Batterie OIM Soazza	120'000	318.0	2'650
Ausleitung mit WK	Ausleitung Soazza bis Monticello mit Wasserkraftnutzung*	113'000	101.4	897
Ausleitung ohne WK	Ausleitung Soazza bis Monticello ohne Wasserkraftnutzung*	113'000	156.5	1'385
Kaverne So	Kaverne/Speicherstollen Soazza*	120'000	131.5	1'096

Tab. 6.1 Kostenvergleich der einzelnen Massnahmen für Soazza; bei Batterie äquivalentes Volumen gemäss Zieldefinition; Gesamtkosten als Barwert über 40 Jahre (bzw. 60 Jahre für Ausleitungen mit WK); Kosten Ausleitung mit und ohne Anrechnung Wasserkraft (Preis-szenario 80 CHF/MWh).
**Da für die Kavernen und die Ausleitung keine detaillierte Machbarkeitsstudie durchgeführt worden ist, ist die Genauigkeit der Grobkostenschätzung im Vergleich zu den anderen Massnahmen tiefer.*
***Für die Beckenvarianten So2 und So3 könnten die Kosten bei einer Optimierung der Materialbilanz noch wesentlich gesenkt werden.*

Im Quervergleich der Massnahmentypen sind beim Kraftwerk Soazza die Ausgleichsbecken klar am kosteneffizientesten. Je nach Standort und Massnahmenvariante liegen die Kosten der geprüften Ausgleichsbecken zwischen 24.4 und 44.8 MCHF mit spezifischen Kosten von 193 bis 359 CHF/m³. Am kosteneffizientesten ist die Massnahmenvariante beim Standort So1 mit Flachböschung mit Gesamtkosten von 24.4 MCHF und spezifischen Kosten von 193 CHF/m³.

Die Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello ist gegenüber dem günstigsten Ausgleichsbecken bei Soazza um den Faktor 5-6 teurer. Wie erwähnt, konnte für die Ausleitung zudem keine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden, es handelt sich einzig um eine Grobkostenschätzung mit deutlich höheren Unsicherheiten. Bei der Variante mit Wasserkraftnutzung wurde für das Ausleitkraftwerk Soazza – Lostallo –

Monticello eine Bruttojahresproduktion von 92 GWh abgeschätzt. Je nach berücksichtigtem Strompreisszenario und unter Berücksichtigung der Fördersituation können die Gesamtkosten für diese Massnahmenvariante signifikant variieren (vgl. Kapitel 6.5).

Ein direkter Vergleich zwischen der Ausleitung und den anderen Massnahmenvarianten ist für das Kraftwerk Soazza nicht sinnvoll, da die Ausleitung bereits eine eigenständige Sanierungsvariante darstellt, während die anderen Massnahmenvarianten bei Soazza noch mit weiteren Massnahmen kombiniert werden müssen (gemäss Kapitel 4.6), damit die Schwall-Sunk Beeinträchtigungen der gesamten Schwall-Strecke beseitigt werden können. Der Kostenvergleich zwischen den verschiedenen Sanierungsvarianten erfolgt in Kapitel 6.5.

6.1.2 Kraftwerk Lostallo

Die Tab. 6.2 fasst die wichtigsten Kennzahlen zu Speichervolumen, Gesamtkosten und spezifischen Kosten pro m³ Speichervolumen für die untersuchten Massnahmen bzw. Varianten für das Kraftwerk Lostallo zusammen. Da betriebliche Massnahmen mit Batterien kein Wasserspeichervolumen aufweisen, werden zur Berechnung der spezifischen Kosten die Beckenvolumen verwendet, da für die Berechnungen auch die gleichen Zielvorgaben wie bei den Becken verwendet worden sind (vgl. Kapitel 4.4.2):

Massn./ Variante	Wichtigste Elemente	Speicher-volumen [m ³]	Gesamtkosten [MCHF, exkl. MWST]	Spez. Kosten [CHF/m ³ Speicher]
Lostallo				
Becken Lo1	Standort Lo1, Becken klein	10'000	6.0	604
Batterie	Batterie ELIN Lostallo	10'000	26.1	2'605
Ausleitung mit WK	Ausleitung Soazza bis Monticello mit Wasserkraftnutzung*	113'000	101.4	897
Ausleitung ohne WK	Ausleitung Soazza bis Monticello ohne Wasserkraftnutzung*	113'000	156.5	1'385
Kaverne Lo	Kaverne/Speicherstollen Lostallo*	10'000	15.6	1'558

Tab. 6.2 Kostenvergleich der einzelnen Massnahmen für Lostallo; bei Batterie äquivalentes Volumen gemäss Zieldefinition; Gesamtkosten als Barwert über 40 Jahre (bzw. 60 Jahre für Ausleitungen mit WK); Kosten Ausleitung mit und ohne Anrechnung Wasserkraft (Preis-szenario 80 CHF/MWh).

*Da für die Kavernen und die Ausleitung keine detaillierte Machbarkeitsstudie durchgeführt worden ist, ist die Genauigkeit der Grobkostenschätzung im Vergleich zu den anderen Massnahmen tiefer.

Im Quervergleich der Massnahmentypen ist beim Kraftwerk Lostallo das Ausgleichsbecken klar am kosteneffizientesten mit Gesamtkosten von 6.0 MCHF und spezifischen Kosten von 604 CHF/m³.

Ein direkter Vergleich zwischen der Ausleitung und den anderen Massnahmenvarianten ist für das Kraftwerk Lostallo nicht sinnvoll, da die Ausleitung bereits eine eigenständige Sanierungsvariante darstellen kann und zusätzlich auch die deutlich grösere Wasserrückgabe Soazza der OIM mit saniert, während die anderen Massnahmenvarianten bei Lostallo noch mit weiteren Massnahmen kombiniert werden müssen (gemäss Kapitel 4.6) damit die Schwall-Sunk Beeinträchtigungen der gesamten

Schwall-Strecke beseitigt werden können. Der Kostenvergleich zwischen den verschiedenen Sanierungsvarianten erfolgt in Kapitel 6.5.

6.1.3 Kraftwerk Grono

Die Tab. 6.3 fasst die wichtigsten Kennzahlen zu Speichervolumen, Gesamtkosten und spezifischen Kosten pro m³ Speichervolumen für die untersuchten Massnahmen bzw. Varianten für das Kraftwerk Grono zusammen. Da betriebliche Massnahmen mit Batterien kein Wasserspeichervolumen aufweisen, werden zur Berechnung der spezifischen Kosten die Beckenvolumen verwendet, da für die Berechnungen auch die gleichen Zielvorgaben wie bei den Becken verwendet worden sind (vgl. Kapitel 4.4.2):

Massn./ Variante	Wichtigste Elemente	Speicher-volumen [m ³]	Gesamtkosten [MCHF, exkl. MWST]	Spez. Kosten [CHF/m ³ Speicher]
Grono				
Becken Gro2	Standort Gro2, Becken gross	25'000	11.1	443
Batterie	Batterie ELIN Grono	25'000	41.4	1'656
Kaverne Gro	Kaverne/Speicherstollen Grono*	25'000	26.2	1'048

Tab. 6.3 Kostenvergleich der einzelnen Massnahmen für Grono; bei Batterie äquivalentes Volumen gemäss Zieldefinition; Gesamtkosten als Barwert über 40 Jahre.

*Da für die Kavernen keine detaillierte Machbarkeitsstudie durchgeführt worden ist, ist die Genauigkeit der Grobkostenschätzung im Vergleich zu den anderen Massnahmen tiefer.

Im Quervergleich der Massnahmentypen ist beim Kraftwerk Grono das Ausgleichsbecken klar am kosteneffizientesten mit Gesamtkosten von 11.1 MCHF und spezifischen Kosten von 443 CHF/m³.

6.1.4 Kraftwerk Sasselio

Die Tab. 6.4 fasst die wichtigsten Kennzahlen zu Speichervolumen, Gesamtkosten und spezifischen Kosten pro m³ Speichervolumen für die untersuchten Massnahmen bzw. Varianten für das Kraftwerk Sasselio zusammen. Da betriebliche Massnahmen mit Batterien kein Wasserspeichervolumen aufweisen, wird zur Berechnung der spezifischen Kosten das gleiche Volumen wie für die Becken verwendet, da für die Berechnungen auch die gleichen Zielvorgaben wie bei den Becken verwendet worden sind (vgl. Kapitel 4.4.2):

Massn./ Variante	Wichtigste Elemente	Speicher-volumen [m³]	Gesamtkosten [MCHF, exkl. MWST]	Spez. Kosten [CHF/m³ Speicher]
Sassello				
Becken Sa1	Standort Sa1, Becken gross	25'000	10.4	415
Batterie	Batterie CAL Sassello	25'000	38.2	1'528
Kaverne Sa	Kaverne/Speicherstollen Sassello*	25'000	31.5	1'261

Tab. 6.4 Kostenvergleich der einzelnen Massnahmen für Sassello; bei Batterie äquivalentes Volumen gemäss Zieldefinition; Gesamtkosten als Barwert über 40 Jahre.
**Da für die Kavernen keine detaillierte Machbarkeitsstudie durchgeführt worden ist, ist die Genauigkeit der Grobkostenschätzung im Vergleich zu den anderen Massnahmen tiefer.*

Im Quervergleich der Massnahmentypen ist beim Kraftwerk Sassello das Ausgleichsbecken klar am kosteneffizientesten mit Gesamtkosten von 10.4 MCHF und spezifischen Kosten von 415 CHF/m³.

6.2 Fazit Teilprojekt Umwelt und Umfeld

6.2.1 Kraftwerk Soazza

Die nachfolgende Abb. 6.1 zeigt eine Übersicht über die Bewertungen der Massnahmen, welche zur Sanierung des durch das Kraftwerk Soazza verursachten Schwall/Sunk in Frage kommen.

Die Zuleitungen aller Becken, welche zur Sanierung des durch die Zentrale Soazza verursachten Schwall/Sunk in Frage kommen, führen in ihren obersten Abschnitten durch die nationale Aue «Pomareda». Infolgedessen wird auch die Bewilligungsfähigkeit aller Massnahmen kritisch eingeschätzt. Weiter weisen alle Ausgleichsbecken einen Konflikt in den Bereichen Tourismus, strategische Planung Revitalisierung und Gewässerraum sowie mit bestehender Infrastruktur auf.

Die beiden Ausgleichsbecken So5 mittel und gross verfügen im Vergleich zu den anderen Ausgleichsbecken über die geringste Anzahl Konflikte, weshalb diese beiden Becken aus Umwelt-/Umfeldsicht unter den vier Becken favorisiert werden. Die Bewilligungsfähigkeit des Ausgleichsbeckens So1 wird als kritisch eingeschätzt, weil dessen Zuleitung nicht nur durch die nationale Auen, sondern auch durch die Schutzzonen der Grundwasserfassung führt.

Die betriebliche Massnahme in Kombination mit den Batterien hat nur einen kleinen Flächenbedarf im Bereich der bestehenden Zentrale. Sie schneidet aus Sicht Umwelt sehr gut ab, weil keine Nutzungskonflikte vorliegen. Es besteht aber ein sehr grosser Konflikt bezüglich Energieproduktion, insbesondere hinsichtlich der Produktionsverluste und Einschränkung der Flexibilität, was Auswirkungen auf die Stromversorgungssicherheit haben kann. Zudem liegt die gesetzlich erforderliche Zustimmung seitens des Kraftwerkbetreibers für die betrieblichen Massnahmen nicht vor.

Die Bewertung des Speicherstollens wie auch der Ausleitung Soazza – Lostallo - Monticello ist nur bedingt vergleichbar mit den Bewertungen der übrigen für das Kraftwerk Soazza geprüften Massnahmen. Dies, weil keine technische Machbarkeitsstudie

durchgeführt werden konnte und entsprechend nur sehr grobe Angaben, hauptsächlich zu den Kosten von Speicherstollen und der Ausleitung, vorliegen.

Die Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello führt zu einer verlängerten bzw. neuen Restwasserstrecke in der Moesa. Dieser Abschnitt ist Bestandteil mehrerer Schutzgebiete mit lokaler bis nationaler Bedeutung, insbesondere von Auen. Durch den Restwasserabfluss entstehen entsprechend verschiedene bewilligungstechnisch relevante Zielkonflikte. Eine abschliessende Beurteilung dieser Zielkonflikte ist in der jetzigen Planungsphase nicht möglich und muss zu einem späteren Zeitpunkt untersucht werden. Die Bewilligungsfähigkeit der Ausleitung wird aufgrund der Restwasserthematik kritisch beurteilt. Die Akzeptanz dieser Massnahme wird einerseits aufgrund der Anzahl an betroffenen Schutzgebieten sowie des potenziellen Einflusses auf das Grundwasser kritisch beurteilt, andererseits hat die zusätzliche Produktion von Energie im heutigen politischen Umfeld mit der Energiestrategie 2050 einen sehr hohen Stellenwert. Zusammenfassend wird die politische Akzeptanz daher als mittel eingeschätzt.

Der Speicherstollen/die Kaverne hat trotz der unterirdischen Anordnung des grössten Teils der Anlagenteile voraussichtlich auch Konflikte infolge der Wasserrückgabe, die jedoch kaum eine Bewilligung verunmöglichen. Die Wasserrückgabe führt zurück in die Aue, die mit grosser zeitlicher Priorität revitalisiert werden soll.

Das Ausgleichsbecken So5 (mittel und gross) und der Speicherstollen werden aus Umwelt-/Umfeldsicht von allen geprüften Massnahmen favorisiert. Durch das Ausgleichsbecken So5 gross wird im Vergleich zum Ausgleichsbecken So5 mittel eine zusätzliche Fläche von 4'300 m² verbaut. Da keine zusätzlichen Schutzgebiete vom Becken So5 gross tangiert werden, wird das grössere Ausgleichsbecken nicht schlechter bewertet als das kleinere. Da der maximale Grundwasserspiegel tief liegt und um eine möglichst kleine Fläche zu verbauen, ist in einer nächsten Planungsphase zu prüfen, ob das Ausgleichsbecken anstelle in der Horizontalen in der Vertikalen vergrössert werden kann. Dadurch könnte der Flächenbedarf reduziert werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass eine tiefere Lage der Sohle des Ausgleichsbeckens wahrscheinlich eine längere Ableitung mit zusätzlichen Konflikten zur Folge hätte.

Abb. 6.1

Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerkszentrale Soazza

Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerkszentrale Soazza
*Schraffiert sind jene Bewertungen, bei denen ein Konflikt aufgrund des jetzigen Planungs-
standes noch nicht ausgeschlossen werden kann, weil noch detaillierte Abklärungen dazu
notwendig sind.

6.2.2 Kraftwerk Lostallo

Der nachfolgenden Abb. 6.2 ist eine Übersicht über die Bewertungen der Massnahmen zu entnehmen, welche zur Sanierung des durch das Kraftwerk Lostallo verursachten Schwall/Sunk in Frage kommen.

Das Ausgleichsbecken Lo1 verfügt über relativ wenige Konflikte. Im Umweltbereich liegt einzig der Konflikt mit der Aue von regionaler Bedeutung vor.

Die betriebliche Massnahme in Kombination mit den Batterien hat nur einen kleinen Flächenbedarf im Bereich der bestehenden Zentrale. Sie schneidet aus Sicht Umwelt sehr gut ab, weil keine Nutzungskonflikte vorliegen. Es besteht aber ein sehr grosser Konflikt bezüglich Energieproduktion, insbesondere hinsichtlich der Einschränkung der Flexibilität, was Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit mit Strom nach sich ziehen kann. Zudem liegt die gesetzlich erforderliche Zustimmung seitens des Kraftwerkbetreibers für die betrieblichen Massnahmen nicht vor.

Die Bewertung des Speicherstollens und der Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello ist nur bedingt vergleichbar mit den Bewertungen der übrigen für das Kraftwerk Lostallo geprüften Massnahmen. Dies, weil keine technische Machbarkeitsstudie durchgeführt werden konnte und entsprechend nur sehr grobe Angaben, hauptsächlich zu den Kosten von Speicherstollen und der Ausleitung, vorliegen.

Der Speicherstollen/die Kaverne führt trotz der unterirdischen Anordnung des grössten Teils der Anlagenteile voraussichtlich auch zu Konflikten infolge der Wasserrückgabe, die jedoch kaum eine Bewilligung verunmöglichen werden. Die Wasserrückgabe führt unter Umständen zurück in die regionale Aue.

Die Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello führt zu einer verlängerten bzw. neuen Restwasserstrecke in der Moesa. Dieser Abschnitt ist Bestandteil mehrerer Schutzgebiete mit lokaler bis nationaler Bedeutung, insbesondere von Auen. Durch den Restwasserabfluss entstehen entsprechend verschiedene bewilligungstechnisch relevante Zielkonflikte. Eine abschliessende Beurteilung dieser Zielkonflikte ist in der jetzigen Planungsphase nicht möglich und muss zu einem späteren Zeitpunkt untersucht werden. Die Bewilligungsfähigkeit der Ausleitung wird aufgrund der Restwasserthematik kritisch beurteilt. Die Akzeptanz dieser Massnahme wird einerseits aufgrund der Anzahl an betroffenen Schutzgebieten sowie des potenziellen Einflusses auf das Grundwasser kritisch eingeschätzt, anderseits hat die zusätzliche Produktion von Energie im heutigen politischen Umfeld mit der Energiestrategie 2050 einen sehr hohen Stellenwert. Zusammenfassend wird die politische Akzeptanz daher als mittel eingeschätzt.

Das Ausgleichsbecken Lo1 wird aus Umwelt-/Umfeldsicht von allen geprüften Massnahmen favorisiert, weil die Konflikte bei dieser Massnahme am geringsten ausfallen. Auch beim Speicherstollen bzw. der Kaverne werden die Konflikte im Vergleich zu den anderen Massnahmen geringer bewertet, wobei aufgrund der geringen Planungstiefe noch keine abschliessende Bewertung möglich ist.

		Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)			
		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello			
		Betriebliche Massnahmen mit Batterien Kraftwerk Lostallo			
Zielkonflikte Naturschutz	Auen	Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)	Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello	Betriebliche Massnahmen mit Batterien Kraftwerk Lostallo	Kaverne Lostallo
	Landschaften		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello		
	Moore		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello		
	Biotope		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello		
	Wald		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello		
Zielkonflikte Weitere Nutzungen	Landwirtschaft		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello
	Grund- und Quellwasser		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello
	Schützenswerte Ortsbilder		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello		
	Historische Verkehrswege		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello		
	Belastete Standorte		Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)		Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)
	Tourismus				
	Strategische Planung Revitalisierung		Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)		Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)
	Strategische Planung Fisch- wanderung und Gewässer- lebensraum		Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)		
	Gewässerraum		Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)		Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)
	Naturgefahren		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello		
	Bestehende Infrastruktur	Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)	Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)		Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello
Energie	Produktionsverluste			Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello	
	Einschränkung Flexibilität			Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)	
	Energiepolitische Ziele	n.r.			n.r.
Akzeptanz, Bewilligungsfähigkeit, Erfüllung Sanierungspflicht bis 2030	Politische gesellschaftliche Akzeptanz		Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)	Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)	
	Bewilligungsfähigkeit	Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)	Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello	Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello	Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello
	Erfüllung der Sanierungspflicht bis 2030 (Zeitplan)	Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)	Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello	Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)	Ausgleichsbecken Lostallo 1 V = 10'000 m³ (Lo1)

Abb. 6.2

Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerkszentrale Lostallo

*Schraffiert sind jene Bewertungen, bei denen ein Konflikt aufgrund des jetzigen Planungsstandes noch nicht ausgeschlossen werden kann, weil noch detaillierte Abklärungen dazu notwendig sind.

6.2.3 Kraftwerk Grono

Der folgenden Abb. 6.3 ist eine Übersicht über die Bewertungen der Massnahmen, welche zur Sanierung des durch das Kraftwerk Grono verursachten Schwall/Sunk in Frage kommen, zu entnehmen.

Das Ausgleichsbecken Gro2 verfügt über sehr wenige Konflikte. Für diesen Standort sind voraussichtlich Fruchfolgeflächen zu kompensieren.

Die betriebliche Massnahme in Kombination mit den Batterien hat nur einen kleinen Flächenbedarf im Bereich der bestehenden Zentrale. Sie schneidet aus Sicht Umwelt sehr gut ab, weil keine Nutzungskonflikte vorliegen. Es besteht aber ein sehr grosser Konflikt bezüglich Energieproduktion, insbesondere hinsichtlich der Einschränkung der Flexibilität, was Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit mit Strom nach sich ziehen kann. Zudem liegt die gesetzlich erforderliche Zustimmung seitens des Kraftwerkbetreibers für die betrieblichen Massnahmen nicht vor.

Die Bewertung des Speicherstollens ist nur bedingt vergleichbar mit Bewertungen der übrigen für das Kraftwerk Grono geprüften Massnahmen. Dies, weil keine technische Machbarkeitsstudie durchgeführt werden konnte und entsprechend nur sehr grobe Angaben, hauptsächlich zu den Kosten des Speicherstollens, vorliegen. Der Speicherstollen/die Kaverne hat trotz der unterirdischen Anordnung des grössten Teils der Anlagenteile voraussichtlich auch Konflikte infolge der Wasserrückgabe, die jedoch kaum eine Bewilligung verunmöglichen werden.

Das Ausgleichsbecken Gro2 wird aus Umwelt-/Umfeldsicht favorisiert, weil die Konflikte bei dieser Massnahme am geringsten ausfallen. Auch beim Speicherstollen bzw. der Kaverne werden die Konflikte im Vergleich zu den anderen Massnahmen geringer bewertet, wobei aufgrund der geringen Planungstiefe noch keine abschliessende Bewertung möglich ist.

Akzeptanz, Bewilligungsfähigkeit, Erfüllung Sanierungspflicht bis 2030		Auen			
		Landschaften			
		Moore			
		Biotope			
		Wald			
Zielkonflikte Weitere Nutzungen		Landwirtschaft			
		Grund- und Quellwasser			
		Schützenswerte Ortsbilder			
		Historische Verkehrswege			
		Belastete Standorte			
		Tourismus			
		Strategische Planung Revitalisierung			
		Strategische Planung Fischwanderung und Gewässerlebensraum			
		Gewässerraum			
		Naturgefahren			
		Bestehende Infrastruktur			
Energie		Produktionsverluste			
		Einschränkung Flexibilität			
		Energiepolitische Ziele	n.r.		n.r.
		Politische gesellschaftliche Akzeptanz			
		Bewilligungsfähigkeit			
		Erfüllung der Sanierungspflicht bis 2030 (Zeitplan)			
			Ausgleichsbecken Grono 2 V = 25'000 m ³ (Gro2)	Betriebliche Massnahmen mit Batterien Kraftwerk Grono	
				Kaverne Grono	

Abb. 6.3

Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerkszentrale Grono

Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerkszentrale Grono
*Schraffiert sind jene Bewertungen, bei denen ein Konflikt aufgrund des jetzigen Planungs-
standes noch nicht ausgeschlossen werden kann, weil noch detaillierte Abklärungen dazu
notwendig sind.

6.2.4 Kraftwerk Sassello

Der nachfolgenden Abb. 6.4 ist eine Übersicht über die Bewertungen der Massnahmen, welche zur Sanierung des durch das Kraftwerk Sassello verursachten Schwall/Sunk in Frage kommen, zu entnehmen.

Das Ausgleichsbecken Sa1 verfügt über wenige Konflikte. Für diesen Standort sind voraussichtlich Fruchtfolgeflächen zu kompensieren.

Die betriebliche Massnahme in Kombination mit den Batterien hat nur einen kleinen Flächenbedarf im Bereich der bestehenden Zentrale. Sie schneidet aus Sicht Umwelt sehr gut ab, weil keine Nutzungskonflikte vorliegen. Es besteht aber ein sehr grosser Konflikt bezüglich Energieproduktion, insbesondere hinsichtlich der Einschränkung der Flexibilität, was Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit mit Strom nach sich ziehen kann. Zudem liegt die gesetzlich erforderliche Zustimmung seitens des Kraftwerkbetreibers für die betrieblichen Massnahmen nicht vor.

Die Bewertung des Speicherstollens ist nur bedingt vergleichbar mit Bewertungen der übrigen für das Kraftwerk Sassello geprüften Massnahmen. Dies, weil keine technische Machbarkeitsstudie durchgeführt werden konnte und entsprechend nur sehr grobe Angaben, hauptsächlich zu den Kosten des Speicherstollens, vorliegen. Der Speicherstollen/die Kaverne hat trotz der unterirdischen Anordnung des grössten Teils der Anlagenteile voraussichtlich auch Konflikte infolge der Wasserrückgabe, die jedoch kaum eine Bewilligung verunmöglichen werden.

Das Ausgleichsbecken Sa1 wird aus Umwelt-/Umfeldsicht favorisiert, weil die Konflikte bei dieser Massnahme am geringsten ausfallen. Auch beim Speicherstollen bzw. der Kaverne werden die Konflikte im Vergleich zu den anderen Massnahmen geringer bewertet, wobei aufgrund der geringen Planungstiefe noch keine abschliessende Bewertung möglich ist.

Abb. 6.4

Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerkszentrale Sassello

Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerkszentrale Sasselö
*Schraffiert sind jene Bewertungen, bei denen ein Konflikt aufgrund des jetzigen Planungsstandes noch nicht ausgeschlossen werden kann, weil noch detaillierte Abklärungen dazu notwendig sind.

6.3 Fazit Teilprojekt Schwall/Sunk

Damit die Beeinträchtigungen durch Schwall-Sunk in der gesamten Schwallstrecke der Moesa beseitigt werden können, müssen unterschiedliche Massnahmen zu Sanierungsvarianten miteinander kombiniert werden. Die Auswahl der sechs berücksichtigten Sanierungsvarianten ist in Kapitel 4.6 beschrieben. Der berechnete ökologische Nutzen der sechs Sanierungsvarianten ist in Tab. 6.5 aufgelistet.

Sanierungsvariante	Zielerfüllung	Ökologischer Nutzen
Ausleitung und Ausgleichsbecken	erfüllt	21.5 Punkte
Ausleitung	teilweise erfüllt	18.5 Punkte
Ausgleichsbecken, gross	Knapp erfüllt	13.1 Punkte
Ausgleichsbecken, mittel	Knapp erfüllt	12.3 Punkte
Kavernen, mittel	Knapp erfüllt	12.3 Punkte
Betriebliche Massnahme mit Batterie	teilweise erfüllt	8.3 Punkte

Tab. 6.5 Zielerfüllung und ökologischer Nutzen der geprüften Sanierungsvarianten.

6.3.1 Zielerfüllung

Nur die Sanierungsvarianten «Ausgleichsbecken, mittel», «Ausgleichsbecken, gross», «Kavernen, mittel» und «Ausleitung und Ausgleichsbecken» erfüllen die Zielvorgaben der zwei berücksichtigten Indikatoren F2* und F3* in allen Untersuchungsstrecken sowohl nach VZH wie auch nach gutachterlicher Beurteilung, wobei die Zielvorgaben mit den Sanierungsvarianten «Ausgleichsbecken, mittel», «Ausgleichsbecken, gross» und «Kavernen, mittel» nur sehr knapp erfüllt werden können. Mit der geprüften Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, gross» steigen zwar die Möglichkeiten zur Dämpfung von Schwall/Sunk, gemäss der Bewertung der Indikatoren werden die Zielvorgaben bei dieser Sanierungsvariante jedoch weiterhin nur knapp erfüllt.

Bei der Sanierungsvariante «Ausleitung» wird Schwall/Sunk bis zur Wasserrückgabe Grono komplett eliminiert. Unterhalb der Wasserrückgabe Grono bleiben nach VZH wie auch gutachterlich jedoch weiterhin Defizite bestehen. Die Zielvorgaben können für diese Sanierungsvariante daher nur teilweise erfüllt werden.

Bei der Sanierungsvariante mit betrieblichen Massnahmen haben die Modellierungen gezeigt, dass die Zielvorgaben für den Indikator F2* teilweise knapp verfehlt worden sind, wobei die Abweichungen im Bereich der Modellierungsunsicherheiten liegen. Auch die Bewertungen für den Indikator F2* fallen bei der betrieblichen Sanierungsvariante schlechter aus, da im Gegensatz zur Sanierungsvariante mit Retentionsvolumen keine Sunkanhebung durchgeführt werden kann. Mit der berücksichtigten betrieblichen Sanierungsvariante können die Zielvorgaben daher nur teilweise erfüllt werden. Zudem ist zu beachten, dass die gesetzlich erforderliche Zustimmung seitens Kraftwerksbetreiber für die betrieblichen Massnahmen mit Batterien nicht vorliegen.

6.3.2 Ökologischer Nutzen

Für die zwei Sanierungsvarianten mit einer Ausleitung der Betriebswassermengen der Kraftwerke Soazza und Lostallo wurde der höchste ökologische Nutzen bezüglich der Beseitigung von Schwall/Sunk erzielt. Bei einer reinen Ausleitung ohne Massnahmen bei Grono und Sassello beschränkt sich die Sanierung zwar hauptsächlich auf

die oberen Untersuchungsstrecken, hier liegen jedoch auch die grössten Schwall/Sunk Defizite vor. Durch die komplette Eliminierung des Schwalls bis zur Wasserrückgabe Grono verbessert sich der ökologische Zustand gegenüber der heutigen Beeinträchtigung von Schwall/Sunk deutlich. Auch basierend auf den sehr guten Befischungsresultaten in der Restwasserstrecke oberhalb der Wasserrückgabe Soazza kann zumindest bis zur Wasserrückgabe Grono gefolgert werden, dass sich nach einer Ausleitung eine natürliche Reproduktion mit einer selbsterhaltenden Forellenpopulation in den Aufweitungen der Moesa etablieren kann. Bei einem zusätzlichen Retentionsvolumen zur Dämpfung der Betriebszuflüsse bei Grono und Sassello kann auch der unterste Bereich der Moesa weiter aufgewertet werden, womit auch die Bedingungen für die Äschen wesentlich verbessert werden. In Monticello wird der Schwall wieder in die Moesa eingeleitet. Durch das Retentionsvolumen von rund 113'000 m³ über den Ausleitstollen kann der Schwall bei einer optimierten Bewirtschaftung des Stollens gedämpft in die Moesa zurückgegeben werden. Die Ausleitung weist zwar einen sehr hohen ökologischen Nutzen bezüglich der Beseitigung von Schwall/Sunk auf, als nachteilig erweist sich jedoch die Schaffung der neuen Restwasserstrecke. Die verringerten Abflussmengen können negative Auswirkungen auf die Gewässerfauna als auch auf die Auenlebensräume haben. Durch die Ausleitung des Schwalls besteht insbesondere das Risiko, dass während extremen Trockenphasen ein abschnittweises Trockenfallen häufiger auftreten könnte, womit sich der eigentlich positive Effekt der Eliminierung des Schwalls stark relativieren könnte. Die unterschiedlichen Auswirkungen einer Ausleitung müssen in einer nächsten Projektphase detaillierter abgeklärt werden, falls diese Sanierungsvariante in die engere Wahl für das weitere Vorgehen aufgenommen wird.

Gegenüber den Sanierungsvarianten mit einer Ausleitung fällt der ökologische Nutzen zur Beseitigung von Schwall/Sunk bei den Sanierungsvarianten mit vier Retentionsvolumen bei den Wasserrückgaben geringer aus. Auch wenn in den Wintermonaten die Schwallspitzen eliminiert werden können, die Pegeländerungsraten stark gedämpft werden können und sogar der Sunk leicht angehoben werden kann, bleiben ab der Wasserrückgabe Soazza immer noch tägliche Abflussschwankungen bestehen. Trotzdem wird durch diese Sanierungsvariante eine deutliche Verbesserung des ökologischen Zustandes erwartet. Die erzielte Dämpfung verbessert die für eine natürliche Reproduktion erforderlichen Bedingungen klar. Ob eine selbsterhaltende Forellen- und Äschenpopulation im Schwall/Sunk Abschnitt möglich wird, kann nicht prognostiziert werden, wird mit dem gedämpften Abflussregime, insbesondere für die Forellen, jedoch wahrscheinlicher. Positiv zu werten ist bei den Sanierungsvarianten mit vier Retentionsvolumen gegenüber einer Ausleitung, dass sich die Abflussmengen in der Moesa insgesamt nicht verringern und die Sunkabflüsse, in Abhängigkeit des Kraftwerkseinsatzes der Zentrale Soazza, sogar leicht erhöhen können. Das Retentionsvolumen ist im Rahmen der nächsten Projektierungsphase neben dem historischen Betrieb der letzten 5 Jahre auch auf die konzessionsrechtlichen Möglichkeiten des zukünftigen Betriebs abzustimmen und mittels Kosten/Nutzen-Analyse festzulegen.

Bei der Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, gross» ist das Retentionsvolumen bei Soazza gegenüber der mittleren Variante rund 20% grösser. Somit steigen auch die Möglichkeiten zur Dämpfung von Schwall/Sunk bei der grösseren Beckenvariante, auch wenn sich die Bewertungen der Indikatoren zwischen der mittleren und der grossen Variante nur geringfügig verbessern. Zur Beseitigung der Schwall/Sunk Beeinträchtigungen wird die Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, gross» somit gegenüber den Sanierungsvarianten «Ausgleichsbecken, mittel» und «Kavernen, mittel» bevorzugt.

Von den geprüften Sanierungsvarianten fällt der ökologische Nutzen für die betriebliche Massnahme am geringsten aus. Im Gegensatz zu den Retentionsvolumen, welche sich in Abhängigkeit des vorliegenden Kraftwerkseinsatzes und der Hydrologie, optimiert bewirtschaften lassen, werden bei den betrieblichen Massnahmen nur zu jedem Zeitpunkt die starren Minimalvorgaben erfüllt. Im Gegensatz zur Sanierung mit Retentionsvolumen nimmt somit auch die Frequenz der Schwall/Sunk-Ereignisse in der Moesa weniger stark ab. Dennoch kann auch über die Einhaltung der Minimalvorgaben mit den betrieblichen Massnahmen noch eine klare Verringerung des Schwalls und eine Dämpfung der Abflussänderungsraten erzielt werden, welche sich positiv auf die natürliche Reproduktion auswirkt. Von den betroffenen Kraftwerksbetreibern lehnen jedoch bis dato alle betrieblichen Massnahmen mit Batterien ab.

Zur Beseitigung der Beeinträchtigungen von Schwall/Sunk im betroffenen Abschnitt der Moesa, kann bei der aktuellen Planungstiefe kein eindeutiger Favorit ausgemacht werden und es werden somit folgende Sanierungsvarianten favorisiert:

- Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, gross»
- Sanierungsvariante «Ausleitung und Ausgleichsbecken»

Grundsätzlich ist der ökologische Nutzen zur Beseitigung von Schwall/Sunk durch die Ausleitung am höchsten. Da die Ausleitung jedoch weitere negativen Auswirkungen auf das Ökosystem haben kann, muss der gesamte ökologische Nutzen dieser Sanierungsvariante relativiert werden, bevor keine vertieften Untersuchungen zu diesen Auswirkungen durchgeführt worden sind.

Für die untersuchten Sanierungsvarianten gilt festzuhalten, dass die modellierten Abflussganglinien nach Sanierung nur einen möglichen zukünftigen Abflussverlauf aufzeigen. Zielvorgaben können daraus nicht abgeleitet werden. Ändert sich der Betrieb der Kraftwerksanlagen oder die Hydrologie, ändern sich auch die Abflussganglinien aus den Ausgleichsbecken oder dem Ausleitkraftwerk.

6.4 Auswahl Massnahmen für Sanierungsvarianten

Für die in Kapitel 4.6 festgelegten Sanierungsvarianten muss basierend auf den Ergebnissen der Teilprojekte Technik und Umwelt und Umfeld eine Auswahl der Massnahmen erfolgen. In Tab. 6.6 ist die getroffene Auswahl für die Kosten-/Nutzenanalyse zusammengefasst. In Kapitel 6.6 wird die getroffene Auswahl weiter begründet und auf die Interessenkonflikte eingegangen.

Sanierungsvariante	Ausgewählte Massnahmen
Ausgleichsbecken, mittel	Becken So5 Flachböschung (mittel), Lo1, Gro2, Sa1
Ausgleichsbecken, gross	Becken So5 Flachböschung (gross), Lo1, Gro2, Sa1
Kavernen, mittel	Kaverne So, Lo, Gro, Sa
Betrieblich Massnahme mit Batterien	Batterie Soazza, Lostallo, Grono, Sasselio
Ausleitung	Ausleitung Soazza bis Monticello mit Wasserkraftnutzung
Ausleitung und Ausgleichsbecken	Ausleitung Soazza bis Monticello mit Wasserkraftnutzung + Becken Gro2 + Becken Sa1

Tab. 6.6 Auswahl der berücksichtigten Massnahmenvarianten für die Erstellung der Sanierungsvarianten

Für die Ausgleichsbeckenvarianten stehen für die Wasserrückgabe Soazza mit den Becken So1 und So5 zwei Massnahmenstandorte mit einem ähnlichen Kostenumfang zur Auswahl. Zwar ist der Massnahmenstandort So1 etwas kosteneffizienter, jedoch werden die Umweltauswirkungen in der Betriebsphase für die Massnahme So5 geringer als für So1 bewertet. Für die Sanierungsvarianten «Ausgleichsbecken, mittel» und «Ausgleichsbecken, gross» wurden daher die Massnahmenvarianten So5 mit flacher Böschung (mittel und gross) berücksichtigt. Bei den Wasserrückgaben Lostallo, Grono und Sasselio wurden keine unterschiedlichen Beckenvarianten geprüft.

Bei den Sanierungsvarianten «Kavernen, mittel» und «Betrieblich Massnahme mit Batterien» wurden keine unterschiedlichen Massnahmenvarianten geprüft.

Bei der Ausleitung hat sich gezeigt, dass die Massnahmenvariante mit einer Wasserkraftnutzung in Lostallo und Monticello gegenüber der Massnahmenvariante ohne Wasserkraftnutzung aufgrund der Produktionseinnahmen kosteneffizienter ist, weshalb für die zwei Sanierungsvarianten mit der Ausleitung die Massnahmenvariante mit Wasserkraftnutzung berücksichtigt worden ist.

6.5 Kosten/Nutzen-Analyse und Verhältnismässigkeit

Tab. 6.7 zeigt den ökologischen Nutzen, die Kosten und das Kosten-/Nutzenverhältnis der geprüften Sanierungsvarianten.

Sanierungsvariante	Ökologischer Nutzen	Gesamtkosten [MCHF, exkl. MWST]	Kosten/Nutzen - Verhältnis
Ausgleichsbecken, mittel	12.3	54.2	4.4
Ausgleichsbecken, gross	13.1	56.5	4.3
Kavernen, mittel	12.3	204.8	16.7
Betrieblich mit Batte- rien	8.3	423.6	51.0
Ausleitung	18.5	101.4	5.5
Ausleitung und Aus- gleichsbecken	21.5	122.83	5.7

Tab. 6.7 Kosten/Nutzen-Analyse der Sanierungsvarianten an der Moesa.

In Abb. 6.5 werden die entsprechenden Ergebnisse graphisch einander gegenübergestellt. Eine grüne Farbe indiziert eine vollständige Erfüllung der ökologischen Ziele. Eine gelbe Farbe indiziert, dass die ökologischen Ziele teilweise erfüllt werden.

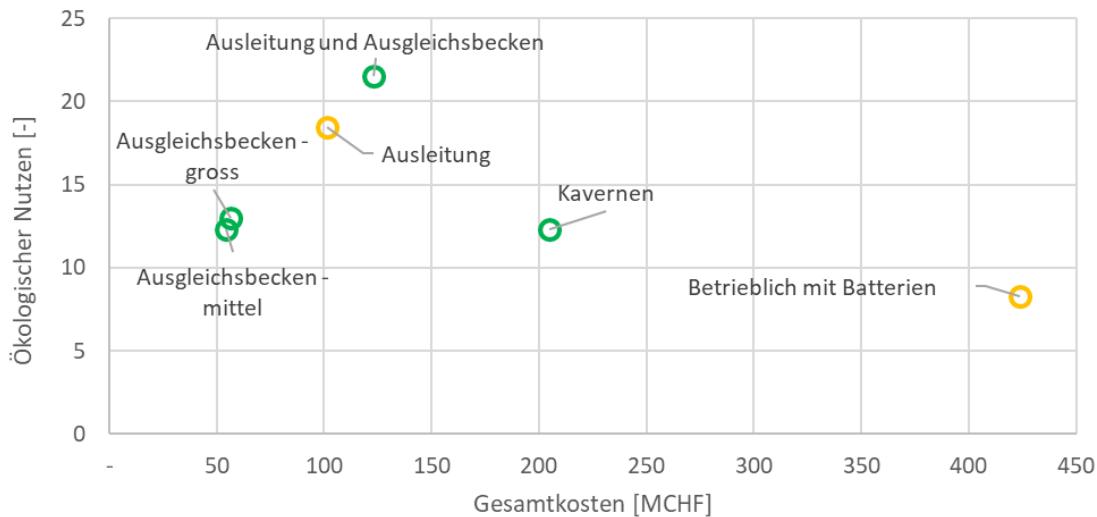


Abb. 6.5 Gegenüberstellung des ökologischen Nutzens und der Kosten der Sanierungsvarianten.

Die Ausgleichsbeckenvarianten weisen mit Abstand die tiefsten Kosten auf. Darauf folgen die zwei Sanierungsvarianten mit den Ausleitungen, welche zwar deutlich teurer sind, aber auch einen höheren ökologischen Nutzen als die Ausgleichsbeckenvarianten aufweisen. Insgesamt fällt somit das Kosten/Nutzen-Verhältnis nur knapp zugunsten der Ausgleichsbeckenvarianten aus. Zwischen der mittleren und der grossen Ausgleichsbeckenvariante, zeigt sich bei der grossen Variante ein leicht besseres Kosten/Nutzen-Verhältnis.

Zwischen der Sanierungsvariante «Ausleitung» und der Sanierungsvariante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» weist die reine Ausleitung ein leicht besseres Kosten/Nutzen-Verhältnis auf. Unter Berücksichtigung des Richtwertes von 132 Mio. CHF (vgl. Kapitel 5.5) werden sowohl die Ausgleichsbeckenvarianten als auch die zwei Sanierungsvarianten mit Ausleitung als verhältnismässig beurteilt. Die Ausgleichsbeckenvarianten liegen sogar deutlich unterhalb des Richtwertes der Verhältnismässigkeit. Festzuhalten ist auch, dass die Genauigkeit der Grobkostenschätzung für die Ausleitungen klar tiefer ist als für die Ausgleichsbecken.

Während die Kosten/Nutzen-Verhältnisse der Sanierungsvarianten mit Ausgleichsbecken und Ausleitungen in einer ähnlichen Grössenordnung liegen, fallen die zwei weiteren Sanierungsvarianten «Kavernen, mittel» und «betriebliche Massnahmen mit Batterie» deutlich ab. Beide diese Sanierungsvarianten weisen Kosten auf, welche deutlich über dem definierten Grenzwert der Verhältnismässigkeit liegen. Das Kosten/Nutzen-Verhältnis für die Sanierungsvariante mit vier Kavernen ist vier Mal höher als bei den Ausgleichsbeckenvarianten. Die Sanierungsvariante «betriebliche Massnahmen mit Batterie» weist den tiefsten ökologischen Nutzen auf und ist mit Kosten von über 400 Mio. CHF mit Abstand die teuerste der geprüften Sanierungsvarianten. Zudem liegt die gesetzlich erforderliche Zustimmung seitens des Kraftwerkbetreibers für die betrieblichen Massnahmen nicht vor.

Wie in Kapitel 6.1 erwähnt, gilt festzuhalten, dass die Gesamtkosten für die zwei Sanierungsvarianten mit Ausleitung abhängig sind vom gewählten Strompreisszenario und davon, ob Investitionsbeiträge berücksichtigt werden oder nicht. Unter Berücksichtigung eines Investitionsbeitrages von 50% würden die Gesamtkosten des Ausleitungskraftwerks Soazza – Lostallo – Monticello nur noch bei rund 2 Mio. CHF liegen,

womit beide Sanierungsvarianten mit Ausleitung die tiefsten Kosten mit dem besten Kosten/Nutzen-Verhältnis aufweisen würden. Beim höchsten Strompreisszenario (110 CHF/MWh) und gleichzeitiger Berücksichtigung eines Investitionsbeitrages Wasserkraft von 50% würden für das geprüfte Ausleitkraftwerk sogar Erträge resultieren bzw. der Investitionsbeitrag entsprechend gekürzt.

Wie im Teilbericht Schwall/Sunk [6] beschrieben, soll die Grösse der Retentionsvolumen in einer nächsten Projektierungsphase mit Bezug auf die Unsicherheiten der repräsentativen Abflussganglinien wie auch der Berechnungsmethodik präzisiert werden.

6.6 Interessenabwägung

Nachfolgend wird für die definierten Sanierungsvarianten auf die im Bericht Umwelt und Umfeld (Beilage 2) identifizierten kritischen Interessenskonflikte eingegangen und eine Einschätzung zur Bewilligungsfähigkeit gemacht.

6.6.1 Sanierungsvarianten «Ausgleichsbecken, mittel» und «Ausgleichsbecken, gross»

Für die Sanierungsvarianten mit vier Ausgleichsbecken bei allen vier Wasserrückgaben zeigen die Auswertungen, dass bei den untersuchten Beckenstandorten in Lostallo, Grono und Sassello zwar verschiedene Zielkonflikte bestehen, alle Konflikte jedoch als lösbar eingeordnet werden. Einzig bei den geprüften Beckenstandorten bei der Wasserrückgabe Soazza zeichnet sich bei allen geprüften Massnahmenvarianten mindestens ein wesentlicher Konflikt ab:

Auen

Die Zuleitungen aller geprüften Beckenstandort führen in ihren obersten Abschnitten durch die nationale Aue «Pomareda», was als wesentlicher Konflikt eingeordnet wird.

Für die Beckenstandorte So1 und So2 verläuft die Zuleitung im oberen Abschnitt unterirdisch durch die ehemalige Trasse der Rhätischen Bahn. Im Bahndamm verläuft ebenfalls die Kanalisation. Der Bahndamm verläuft in einem Abschnitt von 300 m durch den Rand der Aue Pomareda. Die unterirdische Zuleitung beeinflusst die Wirkung des Oberflächenwassers (Erosion, Sedimentation und Überflutung) und die damit zusammenhängenden Eigenschaften und Funktionen der Aue im heutigen Zustand nicht. Da sich die Sohle der Zuleitung und der Wasserrückgabe über dem Grundwasserhochstand befindet und die Grundfläche der Zuleitung innerhalb der Aue vernachlässigbar klein ist, werden auch kaum die bestehenden Grundwasserverhältnisse durch die Einbauten in der Tiefe verändert. Da durch die Zuleitung in diesem Abschnitt keine negativen Auswirkungen auf die Aue in der Betriebsphase absehbar sind und der Bahndamm bereits im heutigen Zustand nicht zum Auencharakter beiträgt, kann der Konflikt dieser Zuleitungsvariante relativiert werden. Grundsätzlich wäre eine optimierte Linienführung der Zuleitung technisch möglich, jedoch ebenfalls mit potenziellen Konflikten (mit der Durchgangsstrasse oder der Schaltanlage) verbunden.

Für die Beckenstandorte So3 und So5 muss die Aue Pomareda, für einen Abschnitt von 300 m, unterirdisch durchquert werden. Auch hier beeinflusst die unterirdische Zuleitung die Wirkung des Oberflächenwassers (Erosion, Sedimentation und Überflutung) und die damit zusammenhängenden Eigenschaften und Funktionen der Aue im heutigen Zustand voraussichtlich nicht. Da sich die Sohle der Zuleitung und der Wasserrückgabe über dem Grundwassermittelstand befindet und die Grundfläche der Zu-

leitung innerhalb der Aue vernachlässigbar klein ist, werden auch kaum die bestehenden Grundwasserverhältnisse durch die Einbauten in der Tiefe verändert. Da durch die Zuleitung in diesem Abschnitt keine negativen Auswirkungen auf die Aue in der Betriebsphase absehbar sind, kann der Konflikt dieser Zuleitungsvariante relativiert werden. Eine optimierte Linienführung, welche nicht durch die Aue Pomareda führen würde, ist für diese zwei Beckenstandorte nicht möglich.

Grund- und Quellwasser

Die Bewilligungsfähigkeit des Ausgleichsbeckens So1 wird als kritisch eingeschätzt, weil dessen Zuleitung nicht nur durch die nationale Aue, sondern auch durch die Schutzzonen der Grundwasserfassung der Gemeinde führt. Die Zuleitung führt durch die rechtskräftigen Schutzzonen S2 und S3 des Grundwasserpumpwerks. In der Schutzone S2 ist das Erstellen von Anlagen unzulässig. Ausnahmen sind nur möglich, wenn wichtige Gründe vorliegen und eine Gefährdung der Trinkwassernutzung ausgeschlossen werden kann (Anh. 4 Ziff. 23 GSChV). Es wird darauf hingewiesen, dass die Zuleitung gemäss Planzustand im Bereich der Schutzzonen entlang der bestehen Kanalisation führt. Die Gefährdung der Kanalisation auf die Trinkwassernutzung wird wesentlich höher eingeordnet als durch das unkritische Betriebswasser der Zuleitung.

Grundsätzlich sind alternative Linienführungen machbar, welche jedoch mit höheren Aufwänden einhergehen. Damit die Zuleitung nicht durch die Schutzzonen S2 und S3 führt, muss sie durch den rechtsseitigen Berg ausserhalb der Schutzzonen oder entlang der Moesa geführt werden. Sind die alternativen Linienführungen nicht machbar, müssen betreffend des Einbaus in die Schutzone S2 und S3 detaillierte hydrogeologische Abklärungen durchgeführt werden und eine Ausnahmebewilligung beantragt werden. Die Bewilligungsfähigkeit ist für die Beckenvariante So1 somit im Vergleich zu den anderen drei geprüften Beckenvarianten erschwert, jedoch nicht grundsätzlich ausgeschlossen.

Fazit

Keine der untersuchten Beckenvarianten bei Soazza wird als nicht bewilligungsfähig beurteilt und somit wird auch keine der vier untersuchten Massnahmenvarianten aus dem Variantenstudium ausgeschlossen. Am kritischsten wird die Bewilligungsfähigkeit für die Beckenvariante So1 beurteilt. Die geringsten Konflikte weist der Beckenstandort So5 auf. Durch das grosse Ausgleichsbecken So5 wird im Vergleich zum mittleren Ausgleichsbecken So5 eine zusätzliche Fläche von 4'300 m² verbaut. Da keine zusätzlichen Schutzgebiete vom grossen Becken So5 tangiert werden, wird das grössere Ausgleichsbecken jedoch nicht schlechter bewertet als das kleinere.

Aufgrund der grösseren Entfernung zur Wasserrückgabe sind die zwei Beckenvarianten So3 und So2 wesentlich teurer als die Beckenvarianten So1 und So5. Die zwei Beckenvarianten So1 und So5 haben einen ähnlichen Kostenumfang, jedoch wird die Bewilligungsfähigkeit der Variante So5 als besser eingestuft. Für die Sanierungsvariante mit vier Ausgleichsbecken werden für Soazza folglich die Massnahmen So5 mittel und So5 gross als Bestvarianten berücksichtigt. Die Sanierungsvarianten mit den vier Ausgleichsbeckenvarianten So5 (mittel und gross), Lo1, Gro2, Sa1 werden für das Variantenstudium als grundsätzlich bewilligungsfähig eingeordnet. Die Bewilligungsfähigkeit muss in der nächsten Planungsphase aufgezeigt werden.

6.6.2 Sanierungsvariante «Kavernen, mittel»

Im Rahmen des vorliegenden Variantenstudiums wurden für die Kavernen oder Speicherstollen keine konkreten Standortabklärungen resp. Untersuchungen der vorliegenden geologischen Verhältnisse durchgeführt. Da die genauen Standorte resp. die genauen Lagen der Kavernen oder Speicherstollen noch nicht definiert wurden, kann anhand des jetzigen Planungsstandes nicht abschliessend beurteilt werden, ob in den verschiedenen Umwelt- und Umfeldbereichen Konflikte vorliegen oder nicht. Für diese Massnahmenvarianten konnten daher teilweise nur vereinfachte Einordnungen zu den Zielkonflikten gemacht werden.

Für die Sanierungsvariante mit vier Kavernen bei allen vier Wasserrückgaben zeigen die Auswertungen, dass bei den vier Wasserrückgaben zwar verschiedene Interessenskonflikte bestehen, alle Konflikte jedoch grundsätzlich als lösbar eingeordnet werden. Aufgrund der geringen Planungstiefe der technischen Machbarkeit der Kavernen ist für diese Sanierungsvariante noch keine Bewertung zur Bewilligungsfähigkeit möglich. Dazu müsste vorerst eine detaillierte Machbarkeitsstudie durchgeführt werden.

6.6.3 Sanierungsvariante «Betriebliche Massnahmen mit Batterien»

Die betrieblichen Massnahmen in Kombination mit den Batterien bei allen vier Wasserrückgaben hat nur einen kleinen Flächenbedarf im Bereich der bestehenden Zentrale. Sie schneidet aus Sicht Umwelt sehr gut ab, weil keine Nutzungskonflikte vorliegen. Es besteht aber ein wesentlicher Konflikt bezüglich Energieproduktion. Der Betrieb von Batteriesystem in den benötigten Dimensionen führt zu einem grossen Energiebedarf und somit zu hohen Energieverlusten. Für den Betrieb der benötigten Batterie bei Soazza wird mit jährlichen Energieverlusten von rund 15 GWh gerechnet, was rund 7% der heutigen Jahresproduktion bei der Zentrale Soazza entspricht. Bei den Kraftwerken Lostallo, Grono und Sassello wird mit jährlichen Energieverlusten zwischen 0.8 bis 1.7 GWh gerechnet, was zwischen 1.3 bis 2.1% der heutigen Jahresproduktion dieser Zentralen entspricht. Da auch diese Verluste zu entschädigen sind, wird dieser Konflikt nicht als massgebend betrachtet.

Durch die betrieblichen Einschränkungen bei den vier Kraftwerken entsteht ein Flexibilitätsverlust, welcher jedoch mit der Batterie mehrheitlich wieder ausgeglichen werden könnte. Inwiefern die Kombination aus Wasserkraftwerk und Grossbatteriespeicher hinsichtlich Flexibilität und Einsatz gleichwertig ist mit den heutigen Anlagen, müsste in einer weiteren Planungsphase abgeklärt werden.

Die Sanierungsvariante mit betrieblichen Massnahmen und Batterien wird für das Variantenstudium zum heutigen Zeitpunkt als nicht bewilligungsfähig eingeordnet, da die gesetzlich erforderliche Zustimmung seitens der Kraftwerkbetreiber für die betrieblichen Massnahmen nicht vorliegt.

6.6.4 Sanierungsvariante «Ausleitung»

Im Rahmen des vorliegenden Variantenstudiums wurde für die Ausleitung keine konkreten Linienführungen definiert und keine detaillierten Standortprüfungen für die neuen Zentralen in Lostallo und Monticello durchgeführt. Wie und wohin die Energieableitung erfolgen soll, wurde ebenfalls noch nicht untersucht. Da die genauen Standorte resp. die genaue Lage der Zentralen und der Leitungen noch nicht definiert wurden, kann anhand des jetzigen Planungszustandes nicht abschliessend beurteilt werden, ob in den verschiedenen Umwelt- und Umfeldbereichen Konflikte vorlie-

gen oder nicht. Für die Ausleitung konnten daher teilweise nur vereinfachte Einordnungen zu den Zielkonflikten gemacht werden. Dabei zeigen sich unterschiedliche Zielkonflikte, wobei zwei Konflikte als wesentlich eingestuft werden:

Auen

In der neuen Restwasserstrecke der betrachteten Ausleitung resp. angrenzend an diese liegen die folgenden Auen:

Strecke Soazza bis Grono

- Aue Pomareda von nationaler Bedeutung
- Aue Rura von regionaler Bedeutung (durch Strasse von der Moesa isoliertes Auenstück mit Grauerlenbestand)
- Aue Rosera von nationaler Bedeutung
- Aue Tiesc von regionaler Bedeutung
- Aue Pascoletto von regionaler Bedeutung (flussaufwärts der Autobahnbrücke)
- Aue Pascoletto von nationaler Bedeutung (flussabwärts der Autobahnbrücke)

Strecke Grono bis Monticello

- Aue Ai Fornas von nationaler Bedeutung
- Aue Isola von nationaler Bedeutung

Aus Sicht des Auenschutzes ist eine möglichst naturnahe Wasserführung, sowohl hinsichtlich Wassermenge als auch Abflussregime anzustreben, was ganz grundsätzlich dem Vorhaben einer Ausleitung entgegensteht. Es gilt jedoch zu erwähnen, dass auch das heutige, durch Schwall/Sunk beeinflusste Abflussregime, eine Beeinträchtigung der Auenlebensräume darstellt und entsprechend eine Abwägung zwischen den negativen Auswirkungen von Schwall/Sunk und Restwasser erfolgen muss. Der Grad der Beeinträchtigung ist stark abhängig von den Restwassermengen. Diese Frage konnte in der vorliegenden Planungsphase nicht abschliessend beurteilt werden.

Die Festlegung der erforderlichen Restwassermengen nach Art. 31 ff GSchG ist Gegenstand der nächsten Planungsphase. Grundsätzlich müssen die Anforderungen von Art. 31 ff GSchG an die Restwassermengen erfüllt werden. Deshalb wird davon ausgegangen, dass die Auengebiete durch die betrachteten Ausleitungen nicht wesentlich beeinträchtigt werden oder sonst die Massnahme nicht bewilligungsfähig ist und nicht umgesetzt werden kann.

Für die betrachtete Ausleitung wird aufgrund des grossen Zwischeneinzugsgebiets, der verschiedenen Zuflüsse in der Restwasserstrecke eine Lösung hinsichtlich Restwasser als möglich und damit die Massnahme hinsichtlich Auen als potenziell bewilligungsfähig betrachtet.

Grund- und Quellwasser

Die gesamte Restwasserstrecke der Ausleitung zwischen Soazza und Monticello führt durch den Gewässerschutzbereich A_o und A_u. Angrenzend an die Restwasserstrecke der Ausleitung liegen zudem in den folgenden Gemeinden Grundwasserfassungen und Schutzareale:

- 2 Grundwasserpumpwerke und ein Grundwasserschutzareal der Gemeinde Lostallo (Vertikalbrunnen mit Grundwasserschutzzone S2 direkt angrenzend an die Moesa in Arabella; Vertikalbrunnen mit provisorischer undifferenzierter Grundwasserschutzzone)
- Grundwasserpumpwerk der Gemeinde Roveredo (Vertikalbrunnen mit Grundwasserschutzzone S2 angrenzend an die Moesa)

Durch die Ausleitung treten zwischen Soazza und Grono keine Schwallereignisse mehr auf und die Wasserführung in der Moesa wird im Abschnitt von Soazza bis nach Monticello gegenüber heute deutlich reduziert. Es ist davon auszugehen, dass infolge der reduzierten Wasserführung in der Moesa der Grundwasserspiegel absinkt, weil weniger Wasser der Moesa in das Grundwasser infiltriert. Damit könnte sich auch die Problematik des Trockenfallens der Moesa während sehr trockenen Perioden verschärfen. Gemäss Art. 31. Abs.2 lit. b. müssen Grundwasservorkommen weiterhin so gespiesen werden, dass die davon abhängige Trinkwassergewinnung im erforderlichen Ausmass möglich ist und der Wasserhaushalt der landwirtschaftlich genutzten Böden nicht wesentlich beeinträchtigt wird. In einer nächsten Planungsphase sind daher die hydrogeologischen Auswirkungen infolge der veränderten Wasserführung in der Moesa zu überprüfen.

Es kann aufgrund der vorliegenden technischen Abklärungen noch nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Anlagenteile, wie z.B. der Unterwasserkanal der Zentrale in Monticello, auch unter dem mittleren Grundwasserspiegel liegen werden. Daher werden voraussichtlich Ausnahmebewilligungen nach Art. 19 Abs. 2 GSchG notwendig.

Fazit

Aufgrund der geringen Planungstiefe zur technischen Machbarkeit der Ausleitung ist für diese Sanierungsvariante noch keine Bewertung zur Bewilligungsfähigkeit möglich. Dazu müsste vorerst eine detaillierte Machbarkeitsstudie durchgeführt werden. Insbesondere hinsichtlich der potenziellen negativen Auswirkungen auf die Grundwasserspeicher wird die Bewilligungsfähigkeit der Ausleitung als kritisch beurteilt. Bezüglich der Grundwasserthematik wie auch zur Abklärung von potenziellen Beeinträchtigungen der Auen und der Restwasserthematik sind vertiefte Untersuchungen notwendig. Die Bewilligungsfähigkeit kann somit erst in der nächsten Planungsphase und nach Durchführung einer technischen Machbarkeitsstudie aufgezeigt werden.

6.6.5 Sanierungsvariante «Ausleitung und Ausgleichsbecken»

Die Einschätzung zur Bewilligungsfähigkeit der Sanierungsvariante mit der Ausleitung Soazza – Lostallo – Monticello in Kombination mit den zwei Ausgleichsbecken Gro2 und Sa1 ist identisch mit der Sanierungsvariante «Ausleitung».

6.7 Vorschlag Bestvariante

Alle geprüften Sanierungsvarianten zeigen verschiedene Zielkonflikte auf, welche die Bewilligungsfähigkeit erschweren oder verunmöglichen können. Von den untersuchten Sanierungsvarianten werden zum aktuellen Stand der Untersuchungen nur die Sanierungsvarianten «Ausgleichsbecken, mittel» und «Ausgleichsbecken, gross» als grundsätzlich bewilligungsfähig beurteilt. Eine abschliessende Beurteilung der festgestellten Zielkonflikte ist in der jetzigen Planungsphase jedoch nicht möglich und muss zu einem späteren Zeitpunkt untersucht werden.

Für die Ausleitung und die Kavernen wurde keine detaillierte Prüfung der technischen Machbarkeit durchgeführt, weil diese Massnahmen im Rahmen der Vorauswahl der Massnahmen durch die Behörden nicht bestätigt wurden. Somit konnte für diese Massnahmen auch keine abschliessende Beurteilung der Konflikte in den verschiedenen Umwelt- und Umfeldbereichen gemacht werden. Eine abschliessende Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit dieser Sanierungsvarianten ist daher nicht möglich. Für die Sanierungsvarianten mit einer Ausleitung wird die Bewilligungsfähigkeit bei der aktuellen Planungstiefe, aufgrund der Restwasserthematik als kritisch beurteilt. Für die

Sanierungsvariante «Kavernen, mittel» werden die Konflikte bei der aktuellen Planungstiefe grundsätzlich als lösbar beurteilt.

Die Sanierungsvariante mit betrieblichen Massnahmen und Batterien wird für das Variantenstudium zum heutigen Zeitpunkt als nicht bewilligungsfähig eingeordnet, da die gesetzlich erforderliche Zustimmung seitens der Kraftwerkbetreiber für die betrieblichen Massnahmen nicht vorliegt.

Die Kosten von vier der untersuchten Sanierungsvarianten liegen unterhalb des ermittelten Richtwertes zur Verhältnismässigkeitsgrenze von 132 Mio. CHF; die Varianten «Ausgleichsbecken, mittel», «Ausgleichsbecken, gross», «Ausleitung» und «Ausleitung und Ausgleichsbecken». Die zwei Varianten «Kavernen, mittel» und «Betriebliche Massnahme mit Batterien» werden aufgrund der hohen Kosten als nicht verhältnismässig eingeordnet und werden daher bei der Wahl der Bestvariante ausgeschlossen.

Von den als verhältnismässig eingeordneten Sanierungsvarianten erfüllen die Varianten «Ausgleichsbecken, mittel», «Ausgleichsbecken, gross» und «Ausleitung und Ausgleichsbecken» die ökologischen Zielvorgaben in allen Untersuchungsstrecken. Die Varianten «Ausgleichsbecken, mittel» und «Ausgleichsbecken, gross» jedoch nur knapp. Eine Optimierung der Beckenvolumina ist in der nächsten Planungsphase noch durchzuführen. Aufgrund der ungenügenden Dämpfung von Schwall/Sunk unterhalb der Wasserrückgabe Grono, erfüllt eine reine Ausleitung, ohne Massnahmen bei den Zentralen Grono und Sassello, die Zielvorgaben nur teilweise.

Den höchsten ökologischen Nutzen erzielt die Sanierungsvariante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» mit dem zweistufigen Ausleitkraftwerk Soazza – Lostallo - Monticello und zwei Ausgleichsbecken von je 25'000 m³ bei Grono und Sassello. Durch die komplette Eliminierung des Schwalls bis zur Wasserrückgabe Grono verbessert sich der ökologische Zustand gegenüber der heutigen Beeinträchtigung von Schwall/Sunk deutlich. Auch basierend auf den sehr guten Befischungsresultaten in der Restwasserstrecke oberhalb der Wasserrückgabe Soazza kann zumindest bis zur Wasserrückgabe Grono gefolgert werden, dass sich nach einer Ausleitung eine natürliche Reproduktion mit einer selbsterhaltenden Forellenpopulation in den Aufweitungen der Moesa etablieren könnte. Bei einem zusätzlichen Retentionsvolumen zur Dämpfung der Betriebszuflüsse bei Grono und Sassello kann auch der unterste Bereich der Moesa weiter aufgewertet werden, womit auch die Bedingungen für die Äschen wesentlich verbessert werden. In Monticello wird der Schwall wieder in die Moesa eingeleitet. Durch das Retentionsvolumen von rund 113'000 m³ über den Ausleitstollen kann der Schwall bei einer optimierten Bewirtschaftung des Stollens gedämpft in die Moesa zurückgegeben werden.

Die Ausleitung weist zwar einen sehr hohen ökologischen Nutzen bezüglich der Be seitigung von Schwall/Sunk auf, als nachteilig erweist sich jedoch die Schaffung der neuen Restwasserstrecke. Die verringerten Abflussmengen können negative Auswirkungen auf die Gewässerfauna als auch auf die Auenlebensräume haben. Durch die Ausleitung des Schwalls besteht insbesondere das Risiko, dass während extremen Trockenphasen ein abschnittweises Trockenfallen häufiger auftreten könnte, womit sich der eigentlich positive Effekt der Eliminierung des Schwalls stark relativieren könnte. Die unterschiedlichen Auswirkungen einer Ausleitung müssen in einer nächsten Projektphase detaillierter abgeklärt werden, falls diese Sanierungsvariante in die engere Wahl für das weitere Vorgehen aufgenommen wird.

Gegenüber den Sanierungsvarianten mit einer Ausleitung fällt der ökologische Nutzen zur Beseitigung von Schwall/Sunk bei den Sanierungsvarianten mit vier Retentionsvolumen bei den Wasserrückgaben geringer aus. Auch wenn in den Wintermonaten die Schwallspitzen stark reduziert werden können, die Pegeländerungsraten stark gedämpft werden können und sogar der Sunk leicht angehoben werden kann, bleiben ab der Wasserrückgabe Soazza immer noch tägliche Abflussschwankungen bestehen. Trotzdem wird durch diese Sanierungsvarianten eine deutliche Verbesserung des ökologischen Zustandes erwartet. Die erzielte Dämpfung verbessert die für eine natürliche Reproduktion erforderlichen Bedingungen klar. Ob eine selbsterhaltende Forellen- und Äschenpopulation im Schwall/Sunk Abschnitt möglich wird, kann nicht prognostiziert werden, wird mit dem gedämpften Abflussregime, insbesondere für die Forellen, jedoch wahrscheinlicher. Positiv zu werten ist bei dieser Sanierungsvariante mit vier Retentionsvolumen gegenüber einer Ausleitung, dass sich die Abflussmengen in der Moesa insgesamt nicht verringern und die Sunkabflüsse, in Abhängigkeit des Kraftwerkseinsatzes der Zentrale Soazza, sogar leicht erhöhen können. Wie erwähnt, ist das Retentionsvolumen im Rahmen der nächsten Projektierungsphase zu optimieren und neben dem historischen Betrieb der letzten 5 Jahre auch auf die konzessionsrechtlichen Möglichkeiten des zukünftigen Betriebs abzustimmen und mittels Kosten/Nutzen-Analyse festzulegen.

Bei der Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, gross» ist das Retentionsvolumen bei Soazza gegenüber der mittleren Variante rund 20% grösser. Somit steigen auch die Möglichkeiten zur Dämpfung von Schwall/Sunk bei der grösseren Beckenvariante, auch wenn sich die Bewertungen der Indikatoren zwischen der mittleren und der grossen Variante nur geringfügig verbessern.

Die Gesamtkosten für die Ausgleichsbeckenvarianten sind mit rund 54 Mio. CHF («Ausgleichsbecken, mittel») bzw. 57 Mio. CHF («Ausgleichsbecken, gross») deutlich geringer als für die Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» mit rund 123 Mio. CHF. Da jedoch der ökologische Nutzen der Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» auch grösser ist, fällt das Kosten/Nutzen-Verhältnis nur knapp zugunsten der zwei Ausgleichsbeckenvarianten aus. Dabei gilt es einerseits zu berücksichtigen, dass die Gesamtkosten für die Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» bei einer Berücksichtigung eines Investitionsbeitrages deutlich geringer ausfallen würden. Andererseits muss auch festgehalten werden, dass durch die geringere Planungstiefe der technischen und umwelttechnischen Abklärungen, die Genauigkeit der Grobkostenschätzung für die Ausleitung im Vergleich zu den Ausgleichsbecken tiefer ist und dass damit bezüglich Kosten/Nutzen eine grössere Unschärfe vorliegt.

Zwischen den Ausgleichsbeckenvarianten und der Sanierungsvariante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» kann keine klare Bestvariante ausgemacht werden. Insgesamt werden die Zielkonflikte hinsichtlich Umwelt und Umfeld bei den Ausgleichsbeckenvarianten als weniger problematisch eingestuft als bei der Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken». Während für die Ausleitung die Bewilligungsfähigkeit eher kritisch beurteilt wird, werden die Ausgleichsbecken als grundsätzlich bewilligungsfähig beurteilt. Außerdem weisen die Ausgleichsbeckenvarianten mit Abstand die tiefsten Kosten auf und die Kosten/Nutzen-Verhältnisse sind ebenfalls leicht höher im Vergleich zur Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken».

Andererseits ist der ökologische Nutzen bezüglich der Beseitigung von Schwall/Sunk durch die Ausleitung deutlich höher. Zusätzlich ist festzuhalten, dass durch das Ausleitkraftwerk mit einer prognostizierten jährlichen Bruttoproduktion von 92 GWh erneuerbarer Energie ein zusätzlicher Nutzen vorliegt.

Zwischen der mittleren und der grossen Ausgleichsbeckenvariante weist die grosse Sanierungsvariante das bessere Kosten/Nutzen-Verhältnis auf. Gleichzeitig werden durch das grössere Ausgleichsbecken bei Soazza keine zusätzlichen Zielkonflikte verursacht. Die Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, gross» wird aus diesen Gründen gegenüber der Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, mittel» bevorzugt.

Für die Schwall/Sunk-Sanierung werden daher folgende zwei Sanierungsvarianten als mögliche Bestvarianten vorgeschlagen:

- Mittlerer ökologischer Nutzen Schwall/Sunk:
Sanierungsvariante «Ausgleichsbecken, gross» mit folgenden Massnahmen:
Vier Ausgleichsbecken: So5 mit Volumen 145'000 m³, Lo1 mit Volumen 10'000 m³, Gro2 mit Volumen 25'000 m³ und Sa1 mit Volumen 25'000 m³
Gesamtkosten: 57 Mio. CHF
- Grosser ökologischer Nutzen Schwall/Sunk:
Sanierungsvariante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» mit folgenden Massnahmen:
Zweistufiges Ausleitkraftwerk Soazza – Lostallo – Monticello und zwei Ausgleichsbecken: Gro2 mit Volumen 25'000 m³ und Sa1 mit Volumen 25'000 m³
Gesamtkosten: 123 Mio. CHF mit jährlicher Bruttoproduktion: 92 GWh

Beide vorgeschlagenen Bestvarianten beseitigen die Defizite von Schwall/Sunk in der Moesa mit einem Kostenumfang, der als verhältnismässig eingeordnet wird. Die Variante «Ausgleichsbecken, gross» wird als bewilligungsfähig beurteilt. Für die Variante «Ausleitung und Ausgleichsbecken» wurde aufgrund der deutlich geringeren Planungstiefe nur eine grobe Einschätzung der Bewilligungsfähigkeit gemacht. Entsprechend wird empfohlen für diese Variante, die für die Beurteilung der Bewilligungsfähigkeit benötigten Grundlagen zur technischen, umwelt- und umfeldtechnischen Machbarkeit detailliert zu untersuchen.

7. Weiteres Vorgehen und Vorschlag Planungsverfahren

Mit der Eingabe des vorliegenden Variantenstudiums per 30. Juni 2023 an die zuständige Behörde, erfüllen die betroffenen Kraftwerksgesellschaften, die ihnen mit den Verfügungen vom 9. Mai 2018 auferlegte Pflicht.

Im vorliegenden Variantenstudium werden verschiedene bewilligungsfähige und umsetzbare Sanierungsmassnahmen aufgezeigt und die technische und umwelt-/umfeldtechnische Machbarkeit sowie der ökologische Nutzen für die Sanierung Schwall/Sunk aufgezeigt. Als nächster Schritt liegt es an der zuständigen Behörde in Abwägung aller Interessen und nach dem Prinzip der Verhältnismässigkeit einen Variantenentscheid zu treffen.

Beim Variantenentscheid geht es um einen Grundsatzentscheid hinsichtlich Art, Standort und Grössenordnung der Massnahmen. So wird der Variantenentscheid nicht über alle Details einer Massnahme entscheiden können. Verschiedene Punkte, wie z.B. das exakte Speichervolumen eines Ausgleichsbeckens, gilt es in den weiteren Planungsphasen weiter zu konkretisieren. Es ist auch denkbar, dass mehrere Massnahmen einer weiteren Planungsphase bearbeitet werden, bevor ein abschliessender Massnahmenentscheid getroffen werden kann.

Falls vorliegend die Ausleitung in die engere Massnahmenwahl kommt, gilt es zuerst die noch offenen Abklärungen und Projektierungen auf Planungsstufe Machbarkeit nachzuholen, damit alle Nutzungs- und Schutzinteressen vergleichbar zu den anderen Massnahmen vorliegen.

Der Variantenentscheid erfolgt durch die Regierung des Kantons Graubünden nach Anhörung des BAFU und wird öffentlich aufgelegt. Den betroffenen Kraftwerksgesellschaften gilt es dabei die Pflicht für die Durchführung der nächsten Planungsphase für die Bestvarianten zu verfügen. Gleichzeitig mit dem Variantenentscheid durch die Regierung gilt es die entsprechenden Massnahmen direkt im Richtplan festzusetzen.

7.1 Weiteres Planungsverfahren

Nach Variantenentscheid durch die Regierung und Festsetzung der Massnahmen im Richtplan sind wiederum die betroffenen Kraftwerksgesellschaften dazu verpflichtet die weitere Planung durchzuführen.

Aufgrund der Grösse der Massnahmen, der vielfältigen zu beachtenden und im Detail abzuklärenden Konflikte, ist die weitere Planung wie auch das Bewilligungsverfahren als aufwendig und komplex zu beurteilen. Wichtig zu beachten ist, dass alle geprüften Massnahmen eine Anpassung der Konzession des jeweils betroffenen Kraftwerks erfordern.

Gemäss Art. 23 Abs. 1 lit. b BWRG ist die Bestimmung des Umfangs des verliehenen Nutzungsrechts obligatorischer Inhalt der Konzessionen. Der Umfang des Nutzungsrechts kommt in den bestehenden Konzessionen durch die gültigen Koten (Wasser-rückgabe) sowie oftmals durch die Leistung oder Ausbauwassermenge der untersten Kraftwerksstufe zum Ausdruck.

Alle geprüften Ausgleichsbecken und Speicherstollen führen zu einer Verschiebung der Wasserrückgabe flussabwärts. Das Ausleitkraftwerk ist als neue Nutzung zu werten und benötigt gar eine eigene Konzession.

Aufgrund der fachlichen Nähe der Sanierungsmassnahmen Schwall/Sunk zu konventionellen Kraftwerksprojekten, der Komplexität der Projekte und der Tangierung der bestehenden Konzessionen drängt sich ein Konzessions- und Projektgenehmigungsverfahren mit dem AEV als Leitbehörde auf. Für die meisten Sanierungsmassnahmen wird ein einstufiges Verfahren angestrebt. Im einstufigen Verfahren werden die Projektgenehmigung und die Genehmigung der Anpassung der Konzession im gleichen Verfahren durchgeführt. Allein für die Ausleitung wird davon ausgegangen, dass ein zweistufiges Verfahren notwendig ist. Für letztere Massnahme ist bereits aus heutiger Sicht klar, dass aufgrund der benötigten Verfahrenszeit ein Start der Umsetzung dieser Massnahme bis Ende 2030 sehr knapp ist.

Glossar – Fachbegriffe

Begriff	Beschreibung
Abflussganglinie	Zeitlicher Verlauf der gemessenen Abflussmengen oder Pegelstände
AGB	Ausgleichsbecken; künstliches Becken, welches ein Volumen zur Verfügung stellt, um den Schwall/Sunk-Betrieb im Gewässer auszugleichen oder zu dämpfen.
Ausleitung	Ausleitkraftwerk → Kraftwerk, welches unterhalb der aktuellen Wasserrückgabe gebaut und genutzt wird, Schwall/Sunk gedämpfter zurückzugeben.
Ausbauwassermenge (QA)	Maximale Wassermenge (Betriebswasser), die in einer Kraftwerkszentrale verarbeitet (turbiniert) werden kann.
Gutachterliche Einschätzung / Beurteilung	Experteneinschätzung zur Bewertung der Sanierungsmassnahmen analog zur VZH.
Massnahmenvarianten	Verschiedene Varianten von Ausgleichsbecken, Kavernen/Speicherstollen oder Ausleitungen die technisch, umwelt- und umfeldtechnisch geprüft wurden.
Sanierungsvarianten	Kombinationen von Massnahmenvarianten, eine Sanierungsvariante bildet ein Sanierungsszenario ab, welches bezüglich des ökologischen Nutzens bewertet werden kann
Untersuchungsstrecke (US)	Definierte Bereiche im Fluss die repräsentativ für einen Abschnitt des Flusses sind. Berechnet und ausgewertet werden nur diese Bereiche und nicht die gesamte Flusslänge.
VZH	Vollzugshilfe Schwall/Sunk-Massnahmen

Literaturverzeichnis

- [1] Strategische Planung Sanierung Schwall und Sunk: Defizitanalyse, Massnahmenplanung. Koordinationsgebiet: Misox. Kanton Graubünden
- [2] Tonolla D., Chaix O., Meile T., Zurwerra A., Büsser P., Oppliger S., Essyad K. 2017. Schwall/Sunk - Massnahmen. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1701: 133 S.
- [3] Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2019. Methode zur Bestimmung der Finanzierung von Ausleitkraftwerken als Schwall-Sunk Sanierungsmassnahme
- [4] Axpo Power AG: Schwall-Sunk-Sanierung Moesa, Variantenstudium, Teilbericht Umwelt und Umfeld, Axpo Bericht H18527, 30. Juni 2023.
- [5] Axpo Power AG: Schwall-Sunk-Sanierung Moesa, Variantenstudium, Teilbericht Technik, Axpo Bericht H18502, 30. Juni 2023.
- [6] Axpo Power AG: Schwall-Sunk-Sanierung Moesa, Variantenstudium, Teilbericht Schwall-Sunk, Axpo Bericht H18506, 30. Juni 2023.
- [7] Axpo Power AG: Schwall-Sunk-Sanierung Moesa – Bericht zum Hauptschritt 1. Axpo Bericht H17999. Im Auftrag der Calancasca AG, Elettricità Industriale SA, Officine Idroelettriche di Mesolcina SA, 24. Februar 2023.
- [8] Kanton Graubünden, Amt für Jagd und Fischerei: Interaktive Fischereistatistik, Fänge, Zeitreihe 2002 - 2022, Ganzer Kanton, Fließgewässer. URL: <https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/diem/ajf/fischerei/Fischereistatistik/Seiten/statistik.aspx> (Stand 06.07.2023).
- [9] Tarcisio Menegozzo, WWF, Flyer, Rettet die Moesa - das Juwel unter den Bündner Gewässern
- [10] Amt für Jagd und Fischerei Graubünden, Besatzstrategie 2025 Fischereibezirk VII, Chur, 9. Dezember 2020
- [11] Kanton Tessin, Departement für Raumplanung. 2014. GschG Planung: Strategische Planung Schwall/Sunk.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1	Projektperimeter Schwall/Sunk der Moesa mit den verschiedenen Kraftwerkszentralen mit Angabe der jeweiligen Ausbauwassermenge (Hintergrund: Swisstopo).	14
Abb. 3.2	Auengebiete und definierte Untersuchungsstrecken im Projektperimeter (Hintergrund: Swisstopo).	15
Abb. 4.1	Übersichtskarte mit den vorausgewählten Massnahmen und ihren Standorten an der Moesa (Quelle Hintergrundkarte: Swisstopo, 2023)	21
Abb. 6.1	Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerk Soazza	34
Abb. 6.2	Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerk Lostallo	36
Abb. 6.3	Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerk Grono	38
Abb. 6.4	Vergleich Bewertung Massnahmen Kraftwerk Sasselio	40
Abb. 6.5	Gegenüberstellung des ökologischen Nutzens und der Kosten der Sanierungsvarianten.	44

Tabellenverzeichnis

Tab. 4.1	Benötigte Retentionsvolumen zur Einhaltung der Zielvorgaben ...	18
Tab. 4.2	Übersicht aller untersuchten Sanierungsmassnahmen an der Moesa (* <i>Massnahmen, zu denen keine detaillierte Machbarkeitsstudie durchgeführt wurde; auf Wunsch der Behörden wurden sie vereinfacht untersucht</i>)	20
Tab. 6.1	Kostenvergleich der einzelnen Massnahmen für Soazza; bei Batterie äquivalentes Volumen gemäss Zieldefinition; Gesamtkosten als Barwert über 40 Jahre (bzw. 60 Jahre für Ausleitungen mit WK); Kosten Ausleitung mit und ohne Anrechnung Wasserkraft (Preisszenario 80 CHF/MWh).....	29
Tab. 6.2	Kostenvergleich der einzelnen Massnahmen für Lostallo; bei Batterie äquivalentes Volumen gemäss Zieldefinition; Gesamtkosten als Barwert über 40 Jahre (bzw. 60 Jahre für Ausleitungen mit WK); Kosten Ausleitung mit und ohne Anrechnung Wasserkraft (Preisszenario 80 CHF/MWh).....	31
Tab. 6.3	Kostenvergleich der einzelnen Massnahmen für Grono; bei Batterie äquivalentes Volumen gemäss Zieldefinition; Gesamtkosten als Barwert über 40 Jahre.	32
Tab. 6.4	Kostenvergleich der einzelnen Massnahmen für Sasselio; bei Batterie äquivalen-tes Volumen gemäss Zieldefinition; Gesamtkosten als Barwert über 40 Jahre.	32
Tab. 6.5	Zielerfüllung und ökologischer Nutzen der geprüften Sanierungsvarianten.	41

Tab. 6.6	Auswahl der berücksichtigten Massnahmenvarianten für die Erstellung der Sanierungsvarianten	43
Tab. 6.7	Kosten/Nutzen-Analyse der Sanierungsvarianten an der Moesa.	44

Beilagenverzeichnis

Beilage 1 Bericht Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa, Teilbericht Technik, im Auftrag OIM, ELIN und CAL (30.06.2023), Axpo

Beilage 2 Bericht Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa, Teilbericht Umwelt und Umfeld, im Auftrag OIM, ELIN und CAL (30.06.2023), Axpo (H 18527)

Beilage 3 Bericht Schwall/Sunk-Sanierung der Moesa, Variantenstudium, Teilbericht Schwall/Sunk, im Auftrag OIM, ELIN und CAL (30.06.2023), Axpo