Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 106 (2014)

Heft: 2

Artikel: Projekt Chlus: nachhaltige Lösungen im Spannungsfeld zwischen Umwelt, Technik und Wirtschaftlichkeit

Autor: Frantz, Holger / Heyer, Gregor / Alig, Marcus

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939737

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Projekt Chlus: nachhaltige Lösungen im Spannungsfeld zwischen Umwelt, Technik und Wirtschaftlichkeit

Holger Frantz, Gregor Heyer, Marcus Alig, Georg Grass, Peter Aliesch, Sabrina Schellenberg

Zusammenfassung

Das Projekt Chlus sieht den Bau eines neuen Wasserkraftwerks im Prättigau/Bündner Rheintal vor. Die geplante Anlage, mit der die bestehende Kraftwerkskaskade Klosters/Schlappin-Küblis um eine weitere Stufe ergänzt werden soll, verfügt über eine installierte Leistung von insgesamt 62 MW und produziert jährlich ca. 214 GWh Strom. Das Investitionsvolumen für das neue Kraftwerk beträgt rund 350 Millionen Franken. In der Planung der Anlage müssen ökologische, technische und wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt werden. Dabei wird das Kraftwerk den Umweltanforderungen sowohl dank technischer, als auch betrieblichen Lösungsansätzen gerecht. So trägt beispielsweise ein Ausgleichsbecken zur Reduktion von Auswirkungen durch Schwall/Sunk bei, und eine neu entwickelte Blockrampenfassung soll die Fischgängigkeit sicherstellen. Auch für die Definition der Restwassermengen ist die Fischgängigkeit ausschlaggebend, und mittels der Einstellung der Wasserfassung bzw. der Einleitung von zusätzlichem Wasser werden die notwendigen Voraussetzungen für den Geschiebetransport in der Landquart geschaffen. Ein Blick auf das energiepolitische und wirtschaftliche Umfeld zeigt, dass die Realisierung des Projekts heute nicht gesichert und wesentlich von den künftigen Weichenstellungen bei der Förderung der erneuerbaren Energieerzeugung abhängig ist.

1. Ein neues Kraftwerk zur Ergänzung der bestehenden Kaskade

Schon seit den 20er-Jahren des letzten Jahrhunderts wird die Wasserkraft im hinteren Prättigau zur Stromproduktion genutzt. Die damals entstandenen Kraftwerke Küblis, Klosters und Schlappin wurden im Laufe der Jahre erneuert und auf dem aktuellen Stand der Technik gehalten. Anfang dieses Jahrtausends konnten die Konzessionen für diese Anlagen um weitere achtzig Jahre verlängert werden. Im Jahr 2011 hat Repower mit dem Kraftwerk Taschinas ihre hydraulische Stromproduktion im Prättigau um 41 GWh pro Jahr erweitert.

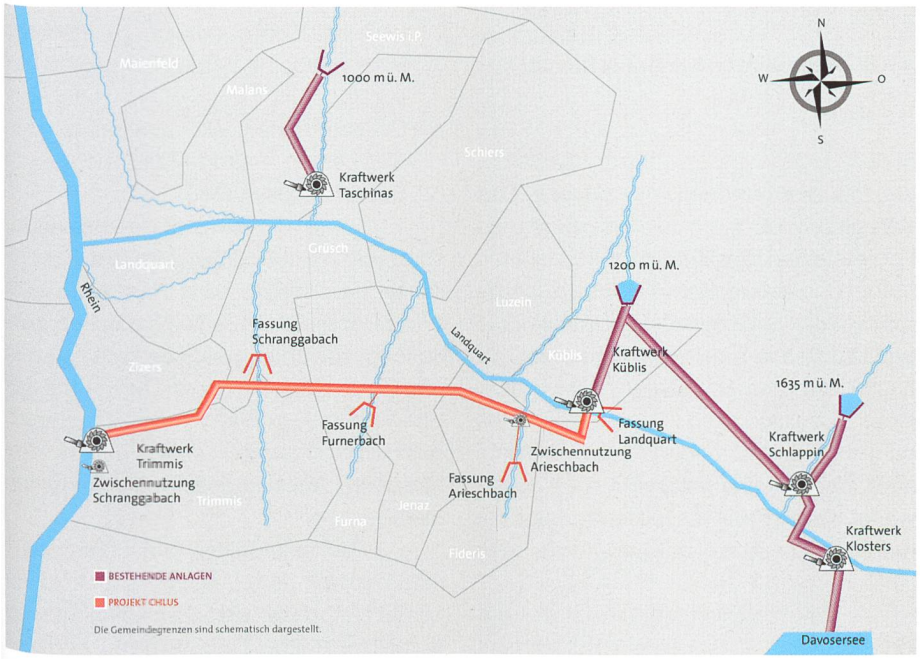


Bild 1. Das Projekt Chlus und die bestehenden Anlagen im Prättigau.

Das Kraftwerk Chlus soll die Kraftwerkskaskade im Prättigau um eine zusätzliche Stufe erweitern. Mit der neuen Anlage kann auch das verbliebene Gefälle zwischen dem Kraftwerk Küblis und dem Rhein genutzt werden. Das Kraftwerk wird in Kaskade mit den oberhalb liegenden, bestehenden Anlagen betrieben. Dabei übernimmt das Kraftwerk Chlus das Unterwasser des bestehenden Kraftwerks Küblis. Über einen Einlaufschacht wird dieses ins Triebwassersystem Chlus mit einer Ausbauwassermenge von 24 m^3/s eingeleitet. Ein nachfolgender ringförmiger Ausgleichsstollen und das Wasserschloss stellen Puffervolumen zwischen den beiden Kraftwerken zur Verfügung.

Im Verlauf der Projektierung sind verschiedene Linienführungen des Druckstollens mit einer oder mehreren Kraftwerksstufen intensiv geprüft worden, wobei sich die hier beschriebene Variante V3-W1-A als Bestvariante herauskristallisiert hat (siehe *Bild 2*).

Entlang des rund 16.1 km langen Druckstollens, welcher quer durch das Gebirge den bestmöglichen Weg zum Rhein einschlägt, bezieht die Anlage zusätzlich Wasser aus Fassungen an der Landquart in Küblis, am Ariesch-, Furner- und Schranggabach.

Die drei Seitenbäche sind wild und insbesondere der Ariesch- und Furnerbach stark geschiebeführend, weshalb an allen drei Gewässern vor den eigentlichen Coandafassungen Grobrechen und Kiesfänge vorgesehen sind. Die Ausbauwassermengen dieser Wasserfassungen bewegen sich zwischen 1 und 2 m^3/s.

Der wildeste Seitenbach ist der Furnerbach, welcher stark geschiebe- und schwemmholzführend ist. Die Durchgängigkeit für Schwemmholz und Geschiebe war das massgebende Kriterieum für die

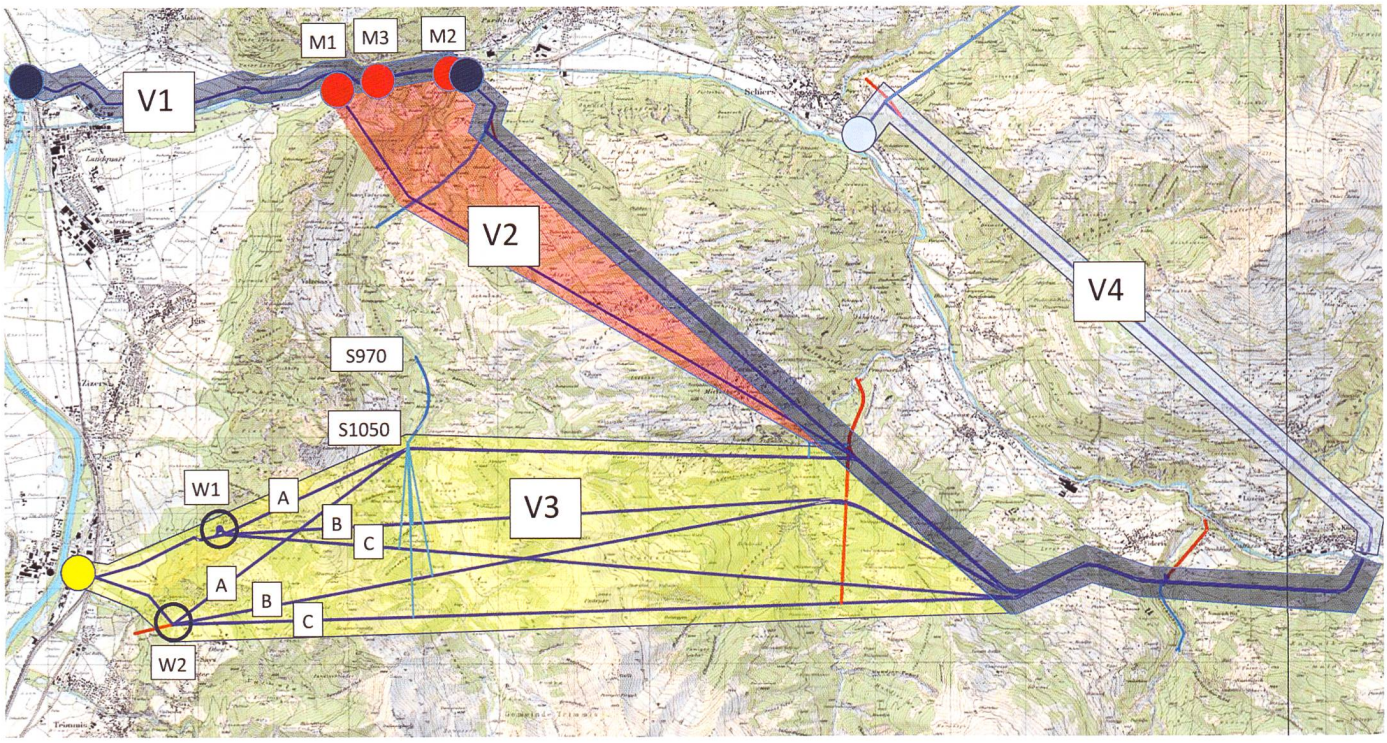


Bild 2. Situation Variantenfächer.

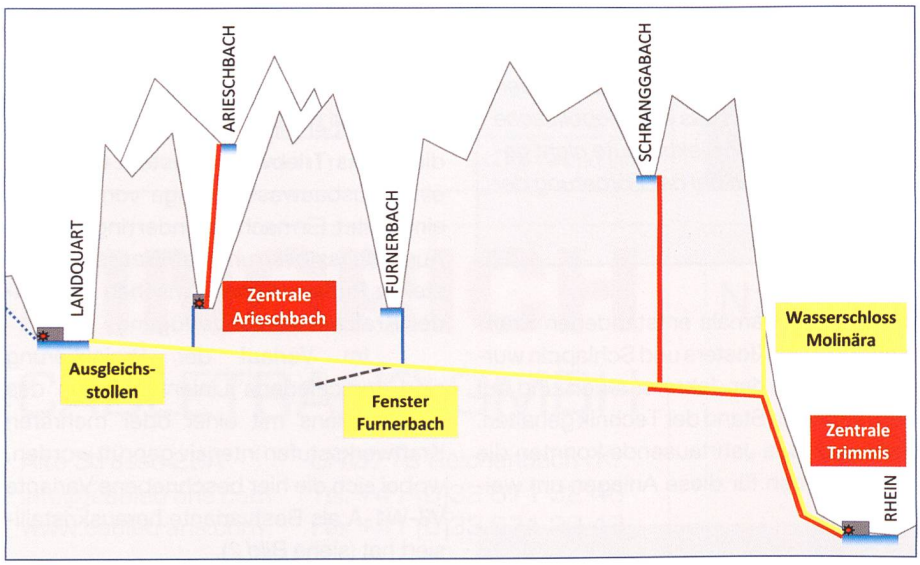


Bild 3. Schnitt des Triebwassersystems (gelb = KW Trimmis, rot = KW Arieschbach/ Schranggabach).

Wahl des Fassungskonzepts. Das Fassungsbauwerk ist deshalb als einfaches, massives Querbauwerk in einer ca. 10 m breiten Schlucht des Furnertobels konstruiert. Alle fassungsrelevanten Bauteile wie Kiesfang, Schützen, Coandarechen, Dotiereinrichtung, Schachtkopf usw. sind innerhalb der Hülle dieses Querriegels integriert. Der Bereich vor dem Fassungsbauwerk kann mit einem Spülstollen, welcher während des Baus der Fassung als Umleitstollen dient, von Geschiebe befreit werden.

Das von den Seitenbächen gefasste Wasser wird mittels Stollen und Schächten in den Druckstollen geleitet.

Am Ende des Druckstollens befinden sich Wasserschloss, Gesteinsrückhaltebecken und Drosselklappe. Das Wasserschloss besteht aus einem im Fels erstellten Wasserschlossschacht mit oberer und unterer Kammer. Es stellt Ausgleichsvolumen zwischen Druckleitung und Druckstollen zur Verfügung und dient auch dazu, den Druckstollen vor Druckstössen zu schützen. Solche entstehen bei abrupten Laständerungen, vor allem aber bei Notabschaltungen des Kraftwerks. Nach der Drosselklappe folgt die rund 2 km lange erdverlegte Druckleitung zur Zentrale in Trimmis.

Um das Energiepotenzial der Anlage optimal ausschöpfen zu können, kommen in der Zentrale Trimmis zwei kleinere Pelton-Turbinen und eine grössere Francis-Turbine mit total 55 MW installierter Leistung zum Einsatz.

Dieses Maschinenkonzept erlaubt die bestmögliche Ausnutzung des vorhandenen Energiepotenzials durch eine optimale Abstimmung des Maschineneinsatzes auf die verfügbare Wassermenge:

- Bei geringem Wasseranfall arbeiten nur die Pelton-Maschinen. Sie weisen grundsätzlich einen etwas tieferen Wirkungsgrad auf als eine Francis-Maschine, zeichnen sich aber durch hohe Effizienz bei Teillast aus.
- Bei mittlerem und hohem Wasseranfall ist die Francis-Maschine in Betrieb und kann im optimalen Bereich mit einem sehr hohen Wirkungsgrad arbeiten.
- Bei sehr hohem Wasseranfall werden die beiden Pelton-Maschinen nach Bedarf zugeschaltet.

Damit die zusätzliche Beeinflussung durch Schwall/Sunk im Rhein möglichst klein bleibt, wird das turbinierte Wasser in einem Ausgleichsbecken zwischengespeichert, bevor es kontrolliert in den Rhein eingeleitet wird. Damit wird das Schwall/Sunk-Verhältnis so weit reduziert, dass die Funktion der Lebensräume in den Mastrilser Auen ungeschmälert erhalten bleibt.

Die Fassung des Arieschbachs erfolgt deutlich höher, als der Druckstollen verläuft, sodass eine Zwischennutzung durch eine Pelton-Turbine mit 2.5 MW installierter Leistung möglich ist. Das Wasser

Anlagentyp	Wasserkraftwerk
Leistung	• Installierte Gesamtleistung: ca. 62 MW • KW Trimmis: ca. 55 MW • KW Arieschbach: ca. 2,5 MW • KW Schranggabach: ca. 4,5 MW
Produktion	• Gesamtproduktion: ca. 214 GWh/a • KW Trimmis: ca. 193 GWh/a • KW Arieschbach: ca. 7 GWh/a • KW Schranggabach: ca. 14 GWh/a
Wassernutzung und Wasserweg	Turbiniertes Wasser aus dem KW Küblis, Fassungen Landquart, Ariesch-, Furner- und Schranggabach, Druckstollen ca. 16,1 km, Druckleitung ca. 2 km

Tabelle 1. Technische Daten zum Projekt Chlus (gemäss Technischem Bericht Konzessionsprojekt, Stand: Februar 2014).

der Fassung Schranggabach wird in einem separaten Triebwassersystem (baulich im Triebwassersystem Trimmis integriert) zur Zentrale Trimmis geführt und dort mittels einer separaten Pelton-Turbine mit einer Leistung von 4.5 MW turbiniert.

Es wird mit einer Bauzeit von vier bis fünf Jahren gerechnet. Der Bau des Druckstollens ist für den Zeitbedarf massgebend, weshalb für den maschinellen Ausbruch zwei Tunnelbohrmaschinen zum Einsatz kommen.

Die Anlage mit einem Investitionsvolumen von rund 350 Millionen Franken wird mit einer installierten Leistung von insgesamt 62 MW ca. 214 GWh Energie pro Jahr erzeugen.

2. Vorgaben der Umweltschutzgesetzgebung und technische sowie betriebliche Lösungsansätze

Bei der Planung eines Wasserkraftwerks müssen zahlreiche Aspekte berücksichtigt werden. Insbesondere braucht es nachhaltige Lösungen, welche umweltmässig vertretbar, technisch machbar und wirtschaftlich umsetzbar sind. Dabei gilt es, den ökologischen Anforderungen so mit technischen und betrieblichen Lösungen nachzukommen, dass die Anlage möglichst wirtschaftlich gebaut und betrieben werden kann.

2.1 Ausgangslage

Bis zur Projektgenehmigung des Kraftwerks Chlus sind noch einige Hürden zu nehmen. Erst müssen die massgeblichen Verfahren für Wasserkraftprojekte durchlaufen werden. Im Kanton Graubünden sind dies zunächst das Konzessionsgenehmigungsverfahren gemäss Art. 52 Wasserrechtsgesetz des Kantons Graubünden (BWRG) und anschliessend das Projektgenehmigungsverfahren gemäss Art. 57 BWRG. Mit einer installierten Leistung von mehr als 3 MW besteht für das Projekt die Pflicht, sich einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) zu unterziehen. Damit wird parallel zum Konzessionsgenehmigungsverfahren auch ein UVP-Verfahren 1. Stufe, parallel zum Projektgenehmigungsverfahren ein UVP-Verfahren 2. Stufe durchgeführt. Zentrale Elemente sind hierbei jeweils die Umweltverträglichkeitsberichte (UVB), welche stufengerecht darlegen, dass mit dem Projekt und den projektintegrierten Massnahmen die schweizerische Umweltschutzgesetzgebung eingehalten wird. Prüfbehörden sind die kantonalen Umweltfachämter und das Bundesamt für Umwelt BAFU. Die Konzessions- und Projektgenehmigung erfolgt durch die Bündner Regierung.

Bis zum aktuellen Zeitpunkt wurden das Konzessionsprojekt und der UVB 1. Stufe erarbeitet, welche die Grundlage für das Konzessionsgenehmigungsgesuch darstellen. Im Rahmen einer Voruntersuchung wurde eine Relevanzanalyse aller Umweltthemen durchgeführt und ein Pflichtenheft für den Umweltverträglichkeitsbericht 1. Stufe erstellt. Dieser behandelt primär die Auswirkungen in der Betriebsphase. Relevante Umweltthemen sind die Auswirkungen hinsichtlich Abflussregime (Restwasser, Schwall/Sunk), Grundwasser, Wasserqualität, Geschiebetransport, Schwebstofftransport sowie die Gewässerlebensräume und Fischgängigkeit in den betroffenen Fliessgewässern. Zudem sind die möglichen Beeinträchtigungen auf Quellen/Bergwasser, Flora, Fauna, Boden, Landschaft, Wald, Landwirtschaft, nichtionisierende Strahlung, Kulturdenkmäler, archäologische Stätten und Naturgefahren zu untersuchen. Nachfolgend werden einzelne Themen der breiten Umweltpalette näher beleuchtet und die technischen und betrieblichen Lösungsansätze vorgestellt, mit denen die umweltrechtlichen Anforderungen erfüllt werden.

2.2 Reduktion von Schwall/Sunk mittels eines Ausgleichsbeckens bei Trimmis

2.2.1 Reduktion von Schwall/Sunk

Mit dem bestehenden Kraftwerksbetrieb der Stufen Davos bis Küblis wird flussabwärts nach der Einleitung des Wassers des Kraftwerks Küblis Schwall in der Landquart erzeugt. Dieser Zustand ist gemäss Art. 39a Gewässerschutzgesetz (GSchG) vom Kraftwerksbetreiber zu sanieren. Mit dem Projekt Chlus wird das Wasser, welches in Küblis turbiniert wird, via Druckstollen und Druckleitung Richtung Trimmis geführt und dort in den Rhein eingeleitet. Damit wird die Landquart bezüglich Schwall/Sunk vollumfänglich saniert, jedoch würde der Rhein ohne Massnahmen eine Erhöhung des Schwall/Sunk-Verhältnisses erfahren. Der Rhein ist bereits heute stark durch dieses Phänomen beeinträchtigt. Hier besteht ebenfalls eine Sanierungspflicht, der die einleitenden Kraftwerke nachkommen müssen. Studien der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) haben verschiedene Sanierungszustände für den Rheinabschnitt im Bereich der Mastrilser Auen zwischen Trimmis und Landquart untersucht. Die Einleitung des Kraftwerks Chlus darf den durch die IRKA-Studien definierten ökologischen Zielzustand (Schwallfaktor von 1.6) nicht massgeblich verschlechtern. Unter dieser Voraussetzung ist eine Dämpfung der Schwalleinleitung des Projekts Chlus über ein Ausgleichsbecken mit einem Volumen von 30 000 m^3 notwendig.

2.2.2 Ausgleichsbecken Trimmis

Das Ausgleichsbecken Trimmis (siehe *Bild 4*) ist unterwasserseitig der Zentrale angeordnet und durch einen unterirdischen Kanal mit dem Rhein verbunden. Das Becken wird wie folgt betrieben:

Mit Beckenbewirtschaftung:

Das Becken hat ein aktives Volumen von 30 000 m^3 und dient dazu, in Zeiten mit wenig Wasser im Rhein, d.h. im Winter den durch das Kraftwerk Chlus zusätzlich erzeugten Schwall/Sunk im Rhein teilweise auszugleichen indem die Schwallspitzen begrenzt und die Sunktäler aufgefüllt werden. In diesem Fall wird das Becken mit einer Regulierschütze bewirtschaftet. Die massgebende Anforderung an die Schwalleinleitung des Kraftwerks Chlus

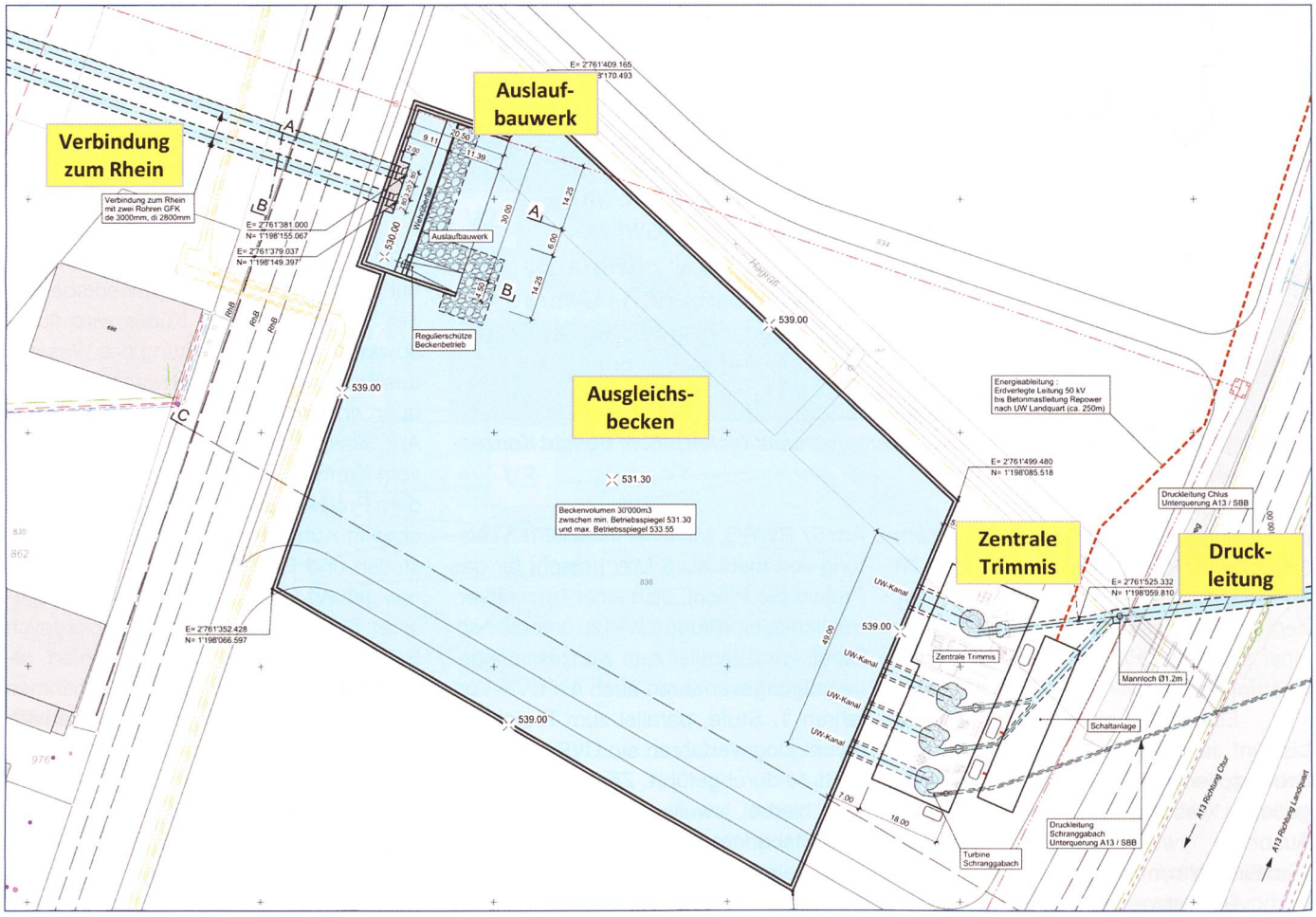


Bild 4. Situation Zentrale und Ausgleichsbecken Trimmis.

ist die maximale zusätzliche Erhöhung der Schwallspitze im Rhein um 7 m^3/s bei niedrigen Abflüssen im Winter. Die maximal zulässigen Schwallanstiegs- und -rückgangsraten betragen gemäss IRKA-Studie 0.3 $m^3/s/min$ resp. 0.15 $m^3/s/min$. Diese Werte werden bei der Rückgabe eingehalten.

Ohne Beckenbewirtschaftung:
Zuzeiten mit viel Wasser, d.h. von Frühling bis Herbst, wenn das Kraftwerk Chlus als Laufkraftwerk kontinuierlich läuft, wird das Becken nicht bewirtschaftet. In diesem Fall ist die Regulierschütze geschlossen, das Becken weist einen konstanten Wasserspiegel auf, und das turbinierte Wasser wird ohne Zwischenspeicherung über einen Wehrüberfall in die Verbindungsleitung zum Rhein geleitet.

Die Bewirtschaftung des Ausgleichsbeckens in Trimmis erlaubt, den durch den Betrieb des Kraftwerks Chlus entstehenden Schwall/Sunk im Rhein zu dämpfen. Allerdings ist, wie bereits erwähnt, der Rhein schon heute durch die bestehenden, oberliegenden Kraftwerke von Schwall/Sunk belastet. Welche Sanierungsmassnahmen an diesen Anlagen in Zukunft realisiert werden und ob der von der IRKA definierte Zielzustand überhaupt erreicht werden kann, ist aus heutiger Sicht nicht absehbar. Der Planungsbericht des Kantons zur Schwall/Sunk-Sanierung, terminiert auf Ende 2014, wird hierfür neue Anhaltspunkte liefern. Gegebenenfalls muss das Ausgleichsbecken zu einem späteren Zeitpunkt angepasst werden.

2.3 Sicherstellung der Fischgängigkeit in der Landquart dank einer Blockrampenfassung in Küblis

2.3.1 Fischgängigkeit

Ein Wasserkraftwerk, welches Wasser aus Fliessgewässern entnimmt, benötigt gemäss Art. 8 des Bundesgesetzes über die Fischerei (BGF) eine fischereiliche Bewilligung der kantonalen Behörde. Für Neuanlagen darf diese nach Art. 9 Abs. 1 Lit. b BGF nur dann erteilt werden, wenn die freie Fischwanderung sichergestellt ist. Eine klassische Wasserfassung mit Stauwehr würde ein unzulässiges Hindernis für Wanderfische darstellen. Eine Fischaufstiegshilfe (Fischpass) könnte dieses Problem lösen, stellt aber einen grösseren Widerstand für die Fischwanderung dar als ein naturnahes Gerinne. Bei der Wasserfassung der Landquart in Küblis wurde nach innovativen Lösungen gesucht, um den Widerstand für die Wanderfische so gering wie möglich zu halten.

2.3.2 Wasserfassung Landquart in Küblis

Hintergrund
Die Fassung Landquart in Küblis befindet sich ca. 500 m flussaufwärts des Unterwasserkanals des bestehenden Kraftwerks Küblis und trägt massgeblich zur Energieproduktion des neuen Kraftwerks Chlus bei.

Seit Jahren wird an der Landquart das Ziel verfolgt, die ehemaligen Laichgebiete im Raum Klosters für die Seeforelle wieder erreichbar zu machen. Verschiedene Massnahmen zur Wiederherstellung der Fischgängigkeit wurden bereits getroffen, und zusätzliche Hindernisse in der Landquart sind daher grundsätzlich nicht erwünscht.

Eine klassische Fassung mit Wehr und Seitenentnahme wäre am Standort Küblis der optimale Fassungstyp bezüglich Regulierbarkeit, Wassernutzung und Sedimentmanagement. Eine solche Fassung war zu Beginn der Planung vorgese-

hen, und Fischschutz, Fischaufstiegshilfen sowie Bypass für absteigende Fische waren nach neustem Stand der Technik implementiert. Trotz diesen Massnahmen konnte das Konzept der Fassung Küblis den sehr hohen fischökologischen Anforderungen nicht genügen.

Alternative Fassungskonzepte, welche hohe Umweltanforderungen erfüllen, sind für kleinere Bäche bekannt. Für Flüsse der Grösse der Landquart sind solche Fassungen jedoch Neuland. So wurde entschieden, einen alternativen Fassungstyp zu entwickeln und zu prüfen, welcher:

- betrieblich mit einer klassischen Fassung vergleichbar ist
- die Anforderungen seitens Umwelt erfüllt, vor allem die Beibehaltung der Durchgängigkeit des Flussbetts

Die neu entwickelte Blockrampenfassung stützt sich auf bewährte Konzepte wie Streichwehre, Blockrampen, Spülkanäle und konventionelle Wasserfassungen ab. Da es sich aber um einen Prototyp handelt, sind in der nächsten Projektphase Modellversuche vorgesehen.

Elemente der Blockrampenfassung

Für den Betrieb einer Wasserfassung an einem geschiebeführenden Fliessgewässer ist es wichtig, dass das gefasste Wasser möglichst frei von Sedimenten ist und dass die Geschiebekontinuität des Fliessgewässers erhalten bleibt. Um diese Ziele zu erreichen, ist in der Regel ein gewisser Aufstau nötig. Bei der Wasserfassung an der Landquart wird der Aufstau statt durch ein Wehr durch die Blockrampe erzeugt. Diese ist steiler als das natürliche Gerinne ausgebildet, und am Kopf der Blockrampe entsteht dadurch eine Schwelle, welche das natürliche Gerinne von der Blockrampe abgrenzt.

Parallel zur Blockrampe, zwischen dem kleinen Becken und dem Fuss der Blockrampe, verläuft der Fassungs- und Spülkanal. Am oberen Ende ist der Kanal sohleneben an die Landquart angeschlossen. Im unteren Bereich des Kanals ist eine Spülschütze angeordnet, welche im Normalfall geschlossen ist. Sie stützt den von der Schwelle der Blockrampe erzeugten und für die seitliche Wasserentnahme nötigen Einstau. Die im oberen Bereich des Kanals angeordnete Einlaufschütze ist im Normalfall geöffnet. Zwischen Einlauf- und Spülschütze befindet sich die eigentliche Triebwasserentnahme.

Die gefasste Wassermenge wird durch eine Regulierschütze hinter dem Einlaufrechen gesteuert. Über eine Freispiegelleitung gelangt das Wasser von der Fassung zum Entsandungssystem, bestehend aus drei parallelen Entsandungskammern, und weiter in das Triebwassersystem des Kraftwerks Chlus. Zwischen der Triebwasserentnahme und dem Fuss der Blockrampe ist ein Bypass für absteigende Fische angeordnet.

Betrieb der Blockrampenfassung

Die Strukturen sind so ausgelegt, dass die volle Ausbauwassermenge der Wasserfassung bereits bei tiefstem Oberwasserspiegel entnommen werden kann. Somit sind die betriebliche Flexibilität und die Fassungseffizienz mit einer konventionellen Lösung vergleichbar.

Das Wasser, welches nicht gefasst wird, fliesst direkt über die Blockrampe ab, was die Auffindbarkeit der Rampe für aufsteigende Lebewesen sicherstellt. Kurz unterhalb der Blockrampenfassung wird eine hydrologische Messstation eingerichtet, welche die Abflussmenge des Restwassers kontinuierlich erfasst. Die entnommene Wassermenge wird mit der Regulierschütze der Triebwasserentnahme geregelt: Stets wird sichergestellt, dass mindestens die jeweils erforderliche Restwassermenge die Messstation passiert.

Der Fassungs- und Spülkanal funktioniert als Kiesfang für die Wasserfassung. Der Einlauf zur Fassung ist im Vergleich zur Kanalsohle etwas höher angeordnet, damit kein Geschiebe in die Fassung gelangen kann. Der Vorraum der Blockrampe, der Kanal selber und Ablagerungen vor dem Triebwassereinlauf können gespült werden, was die Geschiebekontinuität der Landquart sicherstellt. Der Spülvorgang wird ausgelöst, indem die Spülschütze geöffnet wird und sich im Fassungs- und Spülkanal ein Kurzschluss um die Blockrampe bildet.

Eine in der Kanalwand angeordnete Tauchwand mit Grobrechen verhindert den Eintrag von Geschwemmsel ins Triebwassersystem. Ein feinmaschiger Fischschutzrechen ist dem Grobrechen nachgeschaltet. Der Rechenabstand des Fischschutzrechens ist vergleichsweise klein, und zudem sind die Rechenstäbe horizontal angeordnet, was den Fischschutz weiter erhöht. Sowohl am Ende des Fassungs- und Spülkanals als auch im Bereich zwischen den Rechenebenen befinden sich Eingänge zum Bypass. Fische, die den Hauptabstiegsweg über die Blockrampe nicht eingeschlagen haben,

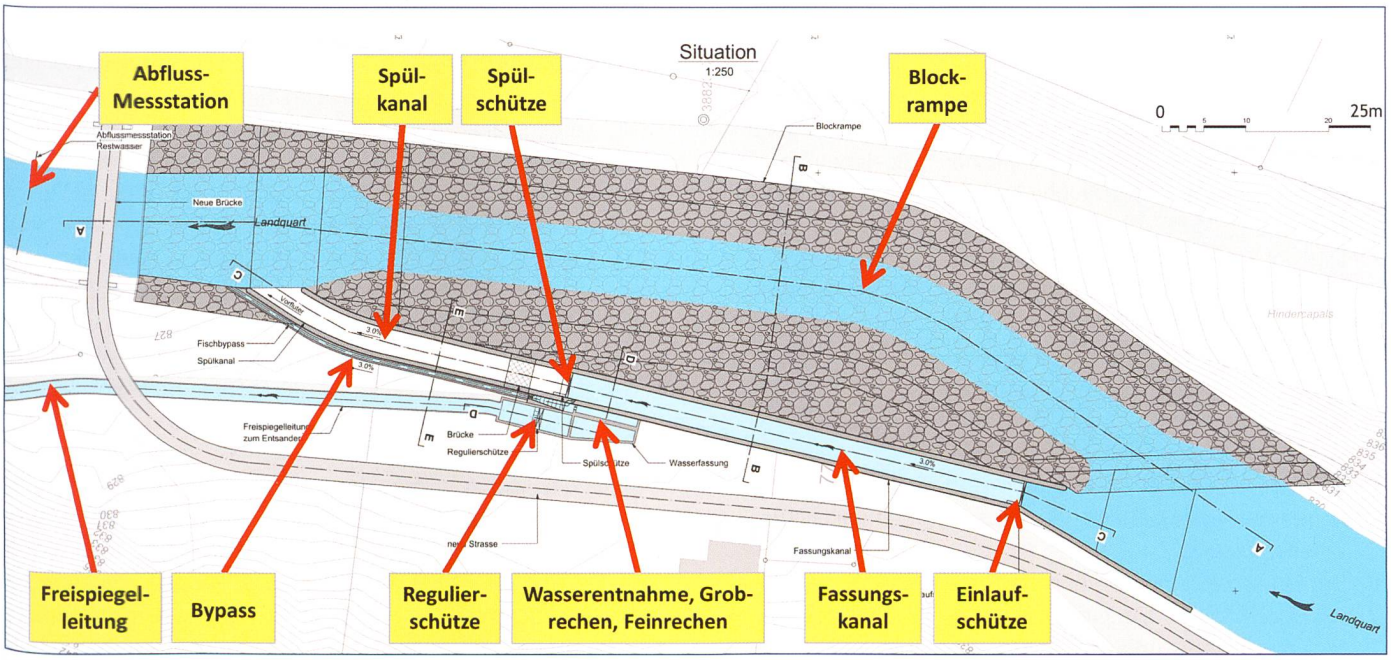


Bild 5. Situation der Blockrampenfassung Küblis.

können so sicher ins Unterwasser gelangen. Eine Sackgassenwirkung wird somit für absteigende Fische im Fassungs- und Spülkanal vermieden.

Auslegung der Blockrampe

Ein zentrales Ziel bei der Planung der Blockrampe ist die fischökologische Durchgängigkeit. Die grössenbestimmende Fischart für die Dimensionierung der Blockrampe ist die Seeforelle. Die Passierbarkeit schwimmender Fische wird mit der Begrenzung der Fliessgeschwindigkeiten auf dem Bauwerk und der Einhaltung von Mindesttiefen sichergestellt. Damit z.B. die Groppe und das Makrozoobenthos als bodenlebende Organismen die Blockrampe auch passieren können, ist die Blockrampe über ihre gesamte Länge mit natürlichem Sohlensubstrat ausgekleidet und im Einstieg und Ausstieg zur Flusssohle angeschlossen.

Vergleich klassische Fassung/Blockrampenfassung

Die Blockrampenfassung ist eine machbare Alternative zur konventionellen Fassung und hat auf die Baukosten und die Energieproduktion nur geringfügige Auswirkungen.

Aus ökologischer Sicht ist die Blockrampenfassung gegenüber der klassischen Fassung eindeutig besser. Hauptvorteile sind das gewährleistete Längskontinuum und die damit verbundene ökologische Durchgängigkeit. Vor allem zuzeiten, in denen beim konventionellen Fassungskonzept Wehrüberfall herrschen würde (Fassung ausser Betrieb oder mehr Restwasserabgabe als Ausbauwassermenge Fischpass) wird der Fischauf- und -abstieg mit der Blockrampenfassung besser beurteilt.

Aus technischer und betrieblicher Sicht bringt die Blockrampenfassung aber gegenüber einem klassischen Wasserfassungskonzept mit Stauwehr und seitlicher Entnahme gewisse Nachteile und Risiken mit sich:

- Die Blockrampenfassung ist ein Prototyp und Modellversuche sind nötig.
- Betriebliche Probleme können trotz Modellversuchen nicht vollständig ausgeschlossen werden, die Wasserfassung muss eventuell nach der Inbetriebnahme baulich angepasst werden.
- Der Betrieb und die Leittechnik sind komplizierter als bei einer klassischen Wasserfassung.
- Der Unterhalt ist teurer, nach grösseren Hochwasserereignissen sind möglicherweise aufwendigere Reparaturen nötig.

2.4 Restwassermengen, Fischgängigkeit und Geschiebetransport

Im Unterschied zu den vorangehenden Teilkapiteln, bei welchen jeweils ein technischer Lösungsansatz für eine umweltseitige Anforderung präsentiert wurde, handelt es sich hier um ökologische Kriterien, die dank betrieblichen Massnahmen erfüllt werden können.

2.4.1 Bestimmung der Restwassermengen

Die Art. 31 bis 33 des GSchG bilden die rechtliche Grundlage zur Bestimmung der Restwassermengen. Im Rahmen der Konzessionserneuerung der Kraftwerkstufe Klosters-Küblis wurde die Restwassermenge in der Landquart bei der Aue von Dalvazza auf 2 m^3/s erhöht. Zur Bestimmung der Restwassermengen für das Projekt Chlus bildeten diese 2 m^3/s die untere Grenze für die Untersuchungen in den Umweltbereichen Wasserqualität, Grundwasserhaushalt, seltene Lebensräume und -gemeinschaften, freie Fischwanderung, landwirtschaftliche Bewässerung sowie für die Bedeutung des Gewässers als Landschaftselement. Für die Bestimmung des minimalen Sockelabflusses in der Landquart ist die Gewährleistung der freien Fischwanderung für die Seeforelle das massgebende Kriterium. Mit Ausnahme der landschaftsästhetischen Aspekte können für alle anderen Umweltbereiche die gesetzlichen Bestimmungen mit der aktuell konzessionierten Restwassermenge eingehalten werden. Die landschaftsästhetische Bewertung fordert einem Abfluss von ca. 10 m^3/s in der Landquart im Abschnitt Felsenbach in der Chlus. Diese Anforderung wird im Rahmen einer Interessensabwägung gemäss Art. 33 GSchG den Interessen für eine Wasserentnahme gegenübergestellt werden. Die Bestimmung der Restwassermengen in den zu fassenden Seitenbächen Ariesch-, Furner- und Schranggabach waren bei Redaktionsschluss noch nicht bestimmt. Die endgültigen Restwassermengen werden von der Regierung im Rahmen der Konzessionsgenehmigung festgelegt.

Fischgängigkeit

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt erwähnt, ist beim Projekt Chlus die Fischgängigkeit das ausschlaggebende Kriterium für die Definition der Restwassermenge. Der Art. 31, Abs. 2 Lit. d. des GSchG fordert eine Restwassermenge, die die freie Fischwanderung gewährleistet. Die Landquart gilt als potenzielles Laichgewässer für die Seeforelle, welche auf der Roten Liste der gefährdeten Arten in der Schweiz steht. Mit ihren durchschnittlichen Abmessungen von ca. 18 cm Körperhöhe und ca. 85 cm Länge für einen grossen, laichenden Fisch stellt sie die massgebende Fischart für die Bestimmung der notwendigen Wassertiefe im Restwasserfall dar. Generell wird eine Wassertiefe von der 2.5-fachen Körperhöhe gefordert. Untiefen bis zur 2-fachen Körperhöhe sind auf einer Länge der 50-fachen Körperlänge tolerierbar. In Ausnahmefällen können auch Wassertiefen zwischen der einfachen und der 2-fachen Körperhöhe auf einer maximalen Länge von 5 m auftreten. Mit diesen Vorgaben wurden sechs kritische Referenzstellen in der Landquart untersucht. Als Basis diente hierfür ein Topografiemodell der Landquartsohle, welches mittels Laserscan-Vermessung per Flugzeug aufgenommen wurde und eine räumliche Auflösung von 40 Punkten pro m^2 aufweist. Das topografische Modell der Flusssohle diente als Grundlage für zweidimensionale hydraulische Berechnungen des Wasserspiegels mit dem Modell HydroAS.

Um die freie Fischwanderung der Seeforelle in der Landquart zu gewährleisten, wird eine Restwassermenge von ca. 3.2 m^3/s während der Fischaufstiegszeit von Juni bis November und ca. 2.7 m^3/s während des Fischabstiegs von Dezember bis März, jeweils bei der Aue von Dalvazza unterhalb der Mündung des Schanielabachs, gefordert.

2.4.2 Gewährleistung des Geschiebetransports

Die Landquart ist vor allem wegen ihrer Zuflüsse im vorderen Prättigau sehr geschiebehaltig. Gemäss Art. 43a GSchG darf der Geschiebehaushalt im Gewässer nicht durch Anlagen derart verändert werden, dass eine wesentliche Beeinträchtigung auf Tiere, Pflanzen, deren Lebensräume, den Grundwasserhaushalt und den Hochwasserschutz auftritt. Für das Projekt Chlus gilt als Massgabe, dass der Geschiebeeintrag in den Rhein gegenüber heute nicht reduziert wird. Zudem darf sich ein mögliches geändertes Geschieberegime nicht negativ auf die neuen Aufweitungsstrecken zwischen Schiers und Grüsch auswirken. Zu diesem Zweck wurde das eindimensionale Geschiebetransportmodell Mormo auf der Strecke zwischen Küblis und Landquart betrieben. Dieses wurde für die Verhältnisse der Periode von 1995 bis 2005 anhand von 250 Querprofilaufnahmen des BAFU und der Abflussdaten der BAFU-Messstation Felsenbach kalibriert.

Grundsätzlich ist die Geschiebetransportleistung der Landquart hoch. Wenn aber der Geschiebeeintrag aus den Seitenbächen die Transportleistung in der Landquart wie beim Hochwasser 2005 übersteigt, sind in der Landquart Auflandungen möglich, vor allem in den Mündungsbereichen der Seitenbäche.

Der mittlere Geschiebeeintrag in den Rhein wird im Durchschnitt auf ca. 30 000 m^3 pro Jahr geschätzt. Um diese Transportleistung auch zukünftig zu gewährleisten, sind die folgenden projektintegrierten Massnahmen erforderlich:

- Ab einem Abfluss Q_{10} wird die Fassung Landquart bei Küblis eingestellt.
- Ab einem Abfluss Q_7 wird zusätzlich das Wasser aus dem Unterwasserkanal der Kraftwerkszentrale Küblis in die Landquart geleitet.

3. Umfeld und Ausblick

Die vorangehenden Ausführungen zeigen anhand von einigen Beispielen, wie im Projekt Chlus die vielschichtigen und teilweise hohen Umweltanforderungen mit unterschiedlichen und neuartigen Lösungsansätzen sowohl technischer als auch betrieblicher Art angegangen wurden. Was hier für einige Bereiche exemplarisch dargestellt wurde, gilt auch für die übrigen Projektbestandteile. Nach den Ausführungen zu Technik und Ökologie soll nachstehend auch noch ein Blick auf das weitere und insbesondere das energiepolitische und wirtschaftliche Umfeld geworfen werden.

Die Energiepolitik des Kantons Graubünden wie auch die bundesrätliche Energiestrategie 2050 haben sich zum Ziel gesetzt, die Stromproduktion aus Wasserkraft zu erhöhen. Der Kanton Graubünden will die Stromproduktion aus Grosswasserkraft um jährlich 860 Gigawattstunden steigern, die Energiestrategie 2050 des Bundesrats sieht vor, 3200 Gigawattstunden Strom zusätzlich aus Wasserkraft zu erzeugen, wobei in einer ersten Phase bis 2035 eine Steigerung um 2000 Gigawattstunden erfolgen soll. Das Kraftwerk Chlus kann rund 214 Gigawattstunden Strom produzieren und trägt damit 11 Prozent zur Erreichung des Ausbauziels 2035 bei. Damit ist das Projekt Chlus das grösste unter 19 vom Bundesamt für Energie identifizierten Wasserkraftvorhaben und deshalb ein Projekt von nationaler Bedeutung. Das Kraftwerk verfügt über eine hohe Betriebsflexibilität und kann so einen Beitrag zur Integration der zunehmenden Produktion von unregelmässig anfallender Wind- und Solarenergie leisten.

Doch obwohl Qualität und Bedeutung des Projekts unbestritten sind, stellt das momentane energiepolitische und wirtschaftliche Umfeld das Vorhaben vor grosse Herausforderungen. Die aktuellen Fördermodelle für neue erneuerbare Energien, insbesondere das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Deutschland und die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) in der Schweiz, führen zu einer starken Verzerrung und künstlichen Absenkung der Marktpreise. Die schwache Wirtschaftslage in Europa, verbunden mit einer tiefen Stromnachfrage, trägt ein Übriges dazu bei. Dies führt dazu, dass in Europa heute keine Investitionen mehr in nicht subventionierte Kraftwerke getätigt werden. Zur Sicherung der Stromversorgung sollen deshalb im umliegenden Ausland Kapazitätszahlungen (Subventionen für das Bereithalten von weitgehend ungenutzter Kraftwerksleistung) eingeführt werden. Unter diesen Rahmenbedingungen ist auch die Realisierung von Wasserkraftanlagen, welche nicht in den Genuss von Fördergeldern kommen, schwierig. Repower begrüsst daher die Bestrebungen auf eidgenössischer Ebene, tragfähige und nachhaltige Lösungen für die Wasserkraft zu finden, und glaubt an die Zukunft dieser wichtigsten einheimischen erneuerbaren Energiequelle. Aus diesem Grund werden die Arbeiten am Projekt Chlus trotz des schwierigen Umfelds weiter vorangetrieben.

Die nächste wichtige Etappe sind die Konzessionsabstimmungen. Im Kanton Graubünden liegt die Wasserhoheit bei den Gemeinden, weshalb nun die zwölf Konzessionsgemeinden über die Erteilung der Konzession zur Wassernutzung entscheiden. Wenn die Gemeinden sich für die Konzessionserteilung entscheiden, beginnt anschliessend das zweistufige kantonale Bewilligungsverfahren, welches Konzessions- und Projektgenehmigung umfasst. Mit dem erfolgreichen Abschluss des Projektgenehmigungsverfahrens wird auch die Baubewilligung erteilt. Wenn der Bauentscheid getroffen ist und die Aufträge vergeben sind, beginnen die Vorbereitungsarbeiten sowie die eigentlichen Bauarbeiten mit einer Dauer von voraussichtlich rund vier bis fünf Jahren.

Damit dies jedoch geschieht und das wertvolle, nachhaltige Projekt Chlus umgesetzt werden kann, ist auf Ebene der Fördermodelle ein Paradigmenwechsel hin zu einem marktorientierten System mit gleich langen Spiessen für alle Technologien dringend notwendig. Dies ist die Voraussetzung für den weiteren Umbau des Energiesystems und den Erhalt einer stabilen, zuverlässigen Stromversorgung, zu der das Kraftwerk Chlus einen wesentlichen Beitrag leisten kann.

Literatur

Wasserrechtsgesetz des Kantons Graubünden (BWRG), vom Volke angenommen am 12. März 1995.

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. Januar 2014).

Bundesgesetz über die Fischerei (Fischereigesetz, BGF) vom 21. Juni 1991 (Stand am 1. Januar 2014).

Kirchhofer A., Breitenstein M, Zaugg B. 2007: Rote Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 0734. 64 S.

Baumann P., Kirchhofer A., Schälchli U. 2012: Sanierung Schwall/Sunk – Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1203. 126 S.

Schälchli U., Wyrsch F., Schumacher A. 2012: Alpenrhein D6 Quantitative Analyse von Schwall/Sunk-Ganglinien für unterschiedliche Anforderungsprofile, Arbeitspaket 1, Anforderungsprofile und Kolmation. Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA). 61 S.

Könitzer C., Zaugg C., Wagner T., Pedroli J.C., Mathys L. 2012: Wiederherstellung der Fischwanderung. Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1209: 54 S.

Anschrift der Verfasser

Holger Frantz, Ernst Basler + Partner AG
Zollikerstrasse 65, CH-8702 Zollikon
holger.frantz@ebp.ch,

Gregor Heyer, Pöyry Schweiz AG
Hardturmstrasse 161, CH-8037 Zürich
gregor.heyer@poyry.com

Marcus Alig, Repower AG
Glennerstrasse 22, CH-7130 Ilanz
marcus.alig@repower.com

Georg Grass, Repower AG
Talstrasse 10, CH-7250 Klosters
georg.grass@repower.com,

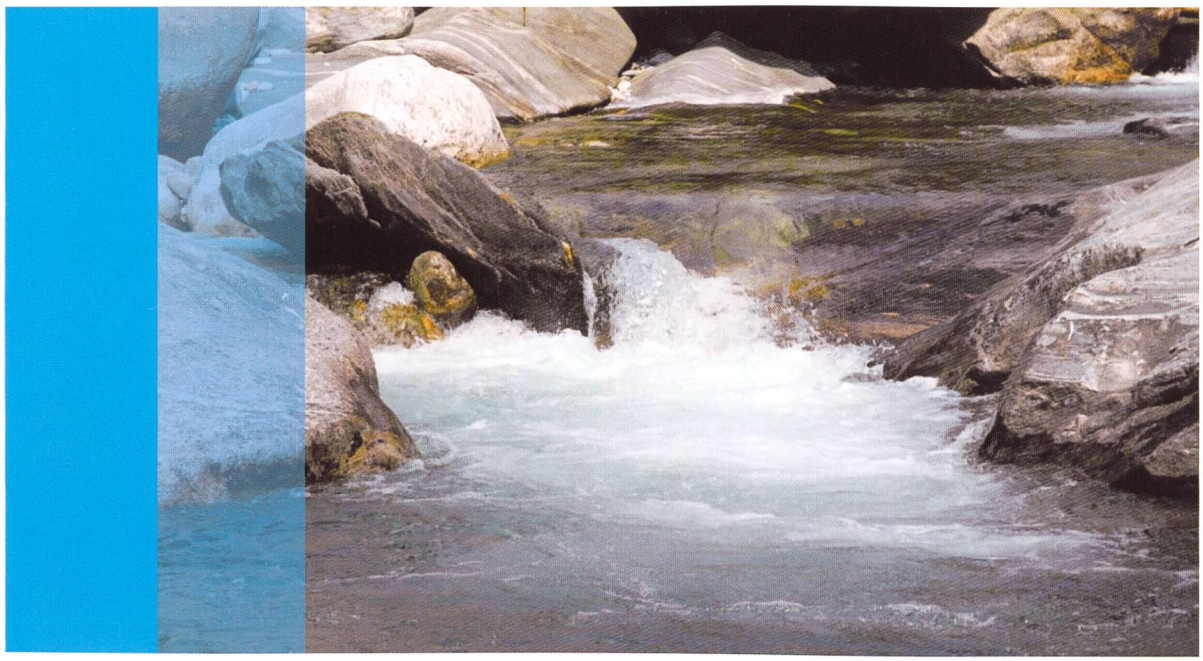
Peter Aliesch, Repower AG
Bahnhofstrasse 11, CH-7302 Landquart
peter.aliesch@repower.com,

Sabrina Schellenberg, Repower AG
Via da Clalt 307, CH-7742 Poschiavo
sabrina.schellenberg@repower.com

künz

Hans Künz GmbH | 6971 Hard - Austria
T +43 5574 6883 0 | sales@kuenz.com | www.kuenz.com

Kreativität, auf die Sie bauen können.



Rüesch
Engineering AG

Wasserkraftwerke
Wasserbau
Tiefbau
Konstruktion
Spezialtiefbau

www.rueesch.ch
071 354 74 40
Herisau
St.Gallen
Luzern