



Bild: KWO / David Birri

Hochflexible Wasserkraft im Grimselgebiet

Das Pumpspeicherwerk Grimsel 4 schliesst eine Engstelle im Kraftwerkssystem

Nadja Ruch

Mit dem Pumpspeicherwerk Grimsel 4 erweitert die KWO ihr bestehendes Wasserkraftsystem im Grimselgebiet mit einem sehr flexiblen Kraftwerk. Das Projekt setzt dort an, wo künftig im Energiesystem zunehmend Bedarf besteht: bei kurzfristig verfügbarer Leistung, hoher Flexibilität und präziser Regelbarkeit. Grimsel 4 verbindet den Grimselsee als Oberbecken auf kurzer horizontaler Distanz mit dem Räterichsbodensee als Unterbecken und schliesst damit eine hydraulische Engstelle im Kraftwerkssystem der KWO. Dies erweitert die Freiheitsgrade der Betriebsführung und ermöglicht eine gezieltere und flexiblere Nutzung der vorhandenen Wasservorräte.

Derzeit können zwischen den beiden Seen im Kraftwerk Grimsel 1 lediglich $20 \text{ m}^3/\text{s}$ verarbeitet werden, während die Kapazität oberhalb (Oberaarsee – Grimselsee) bis zu $100 \text{ m}^3/\text{s}$ und unterhalb (Räterichsbodensee – Handeck – Innertkirchen) bis zu $70 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt. Künftig können im Kraftwerk Grimsel 4 ebenfalls $70 \text{ m}^3/\text{s}$ verarbeitet werden, womit die Durchflusskapazität auf der Stufe Grimselsee – Räterichsbodensee auf $90 \text{ m}^3/\text{s}$ steigt.

Das Triebwassersystem verbindet den Grimselsee und den Räterichsbodensee über Ober- und Unterwasserstollen. Aufgrund der kurzen Distanz zwischen den beiden Seen kann auf ein Wasser-

schluss verzichtet werden, ohne damit den dynamischen Betrieb der Anlage einzuschränken. Dies reduziert das Bauvolumen zusätzlich.

Energiespeicherung für volatiles Stromsystem

Das Ausbauprojekt Grimsel 4 ist als Pumpspeicherwerk ausgelegt und dient der zeitlichen Verschiebung der Energieproduktion. Überschüssige Energie, insbesondere aus Photovoltaik und Windkraft, kann aufgenommen und bei Bedarf wieder abgegeben werden. Im Zusammenspiel mit den bestehenden Kraftwerken übernimmt Grimsel 4 die Funktion eines hochdynamischen Systemelements. Die Anlage ist auf häufige Lastwechsel ausgelegt und kann kurzfristig zwischen Pump- und Turbinenbetrieb wechseln. Dadurch ergänzt sie die bestehenden Produktionsanlagen und erhöht die Reaktionsfähigkeit des gesamten Kraftwerkssystems. Grimsel 4 leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Netzstabilität und zur Versorgungssicherheit im Energiesystem.

Unterirdisch gebaut, landschaftsschonend integriert

Für das Pumpspeicherwerk Grimsel 4 werden die bestehenden Speicher und die existierende Infrastruktur genutzt. Die neu erstellten Anlagenteile sind komplett unterirdisch. Zusätzliche Stauseen oder



Grundablass der neuen Spitallamm-Mauer.

Bild: KWO / David Birri

IN KÜRZE



neue sichtbare Kraftwerksbauten sind nicht nötig und es wird kein zusätzliches Wasser gefasst. Dadurch bleibt der landschaftliche Eingriff gering, während der Nutzen für das Gesamtsystem wächst.

Der Gesamtprojektleiter bei der KWO, ETH-Bauingenieur Benno Schwegler, freut sich auf das Projekt. Die KWO realisiert mit Grimsel 4 ein Kraftwerk, das wesentliche technische Neuheiten beinhaltet. «Auch bei der vertraglichen Abwicklung wollen wir einen neuen Weg beschreiten. Die umfangreichen Ausbruch- und Betonarbeiten sollen in enger Zusammenarbeit mit dem Bauunternehmer in einer Allianz erfolgen.» Ziel sei, Bauzeit und -kosten zu optimieren, erklärt Schwegler.

Kavernenzentrale im Bau: Vortrieb, Sicherung, Montage

Die Bauarbeiten für das Pumpspeicherwerk Grimsel 4 starten im Juni 2026 mit dem Ausbruch des Erschliessungstollens (Ausführende Rotpletz, Lienhard + Cie) entlang des Räterichsbodensees. Bestehende Erschliessungstollen (Handeck – Gerstenegg) dienen als Zugang. Von diesen aus werden zusätzliche Erschliessungs- und Verbindungstollen vorgetrieben. Die Lüftung erfolgt über einen alten Bahnstollen. Zentrales Bauwerk ist die unterirdische Kavernenzentrale. Sie wird rund 70 m tiefer als die bestehende Zentrale Grimsel 1 und rund 100 m unter der Oberfläche im Fels angeordnet und so dimensioniert, dass sie zwei Maschinensätze, Nebenaggregate sowie Montage- und Krananlagen aufnehmen kann. Die Abmessungen der Kraftwerkszentrale betragen rund 76 x 24 x 42 m (L x B x H), das entspricht ungefähr der Höhe eines Hauses mit 14 Stockwerken.

Der Ausbruch erfolgt konventionell im Sprengvortrieb von oben nach unten und wird an die geologischen Verhältnisse des Grimselgebiets angepasst. Die Sicherung erfolgt mittels Ankern, Spritzbeton und Netzen; der Innenausbau ist überwiegend einschalig ausgeführt. Abgelagert wird das Ausbruchmaterial in einer bestehenden Deponie an der Gerstenegg, deren Inhalt im Rahmen der Bauarbeiten zur Spitallamm-Staumauer (2019 bis 2025) für die Betonherstellung genutzt wurde und somit wieder genügend Platz für die Lagerung neuen Ausbruchs bietet.

Planung und Einbau der Kraftwerkstechnik

Die Gesamtkoordination und den Einbau der Kraftwerksteile verantwortet Ueli Gasser, Maschineningenieur bei der KWO. Am Projekt arbeiten sowohl



Grimselsee (vorne) und Räterichsbodensee.

Bild: KWO / David Birri

interne Fachkräfte als auch externe Spezialisten mit, wie er erklärt. Externe Partner lieferten insbesondere die verschiedenen Anlageteile, die sie gemäss den von der KWO definierten Anforderungen entwickeln, herstellen und montieren. «Die Spezialisten der KWO formulieren diese Anforderungen, leiten daraus die Submissionsunterlagen ab und koordinieren die zahlreichen Arbeitspakete während der gesamten Projektabwicklung», erläutert Gasser. Zudem stelle die KWO eigenes Montagepersonal, baue die Elektro-schränke selbst und programmiere das Leitsystem.

Anspruchsvolle Logistik

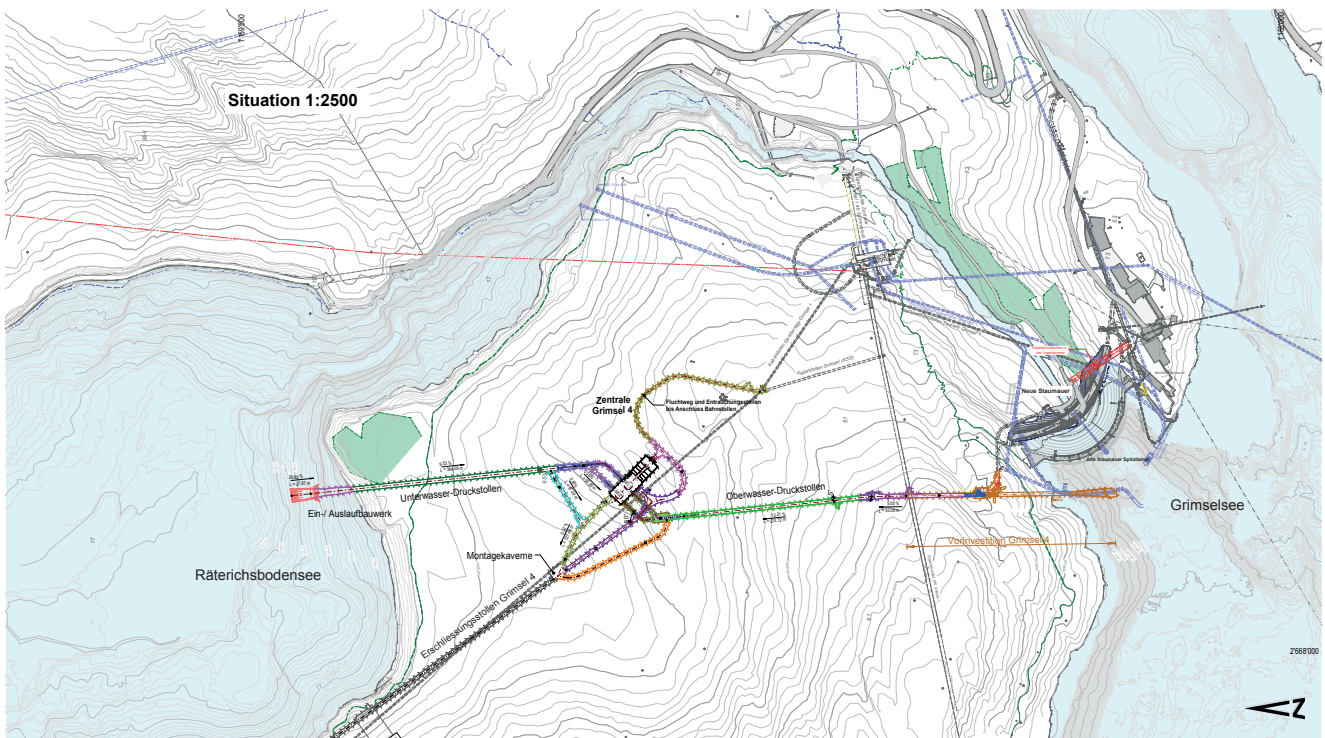
Der Einbau der elektromechanischen Komponenten beginnt im Oktober 2029 mit der Montage der

Saugrohre. Diese werden aufgrund ihrer Grösse in einzelnen Teilen angeliefert und dann vor Ort zusammengeschnitten. Die grossen elektromechanischen Anlageteile werden per Schwertransport an die Grimsel gefahren. Die Hauptmontagearbeiten finden von Februar 2031 bis Februar 2032 statt. Für die Montagearbeiten und künftige Revisionen steht ein Hallenkran mit einer Tragkraft von 180t zur Verfügung. Die Logistik und die Planung der Montagearbeiten ist auch deshalb anspruchsvoll, weil die Grimsel nur im Sommerhalbjahr mit Schwertransporten befahren werden kann. Die beiden Generatoren und die beiden Transformatoren, die grössten elektromechanischen Komponenten, definieren die Grösse des Erschliessungstunnels. Sie werden 2031 gestaffelt angeliefert. Parallel zu diesen Arbeiten startet im Juni 2029 die Montage der Stahlpanzerung im Bereich der Kraftwerkszentrale.

Die Vorarbeiten wurden beim Ersatz der Staumauer Spitalamm ausgeführt

Im Rahmen des Projekts «Ersatz Staumauer Spitalamm» wurde die im Winter 2024/25 notwendige Seeabsenkung genutzt, um zusätzliche bauliche Massnahmen beim neuen Grundablass umzusetzen. Dabei wurde – abgestimmt auf die Anforderungen des Staumauerprojekts – ein unterirdisches Bauwerk erstellt, das eine spätere Anbindung eines Pumpspeicherwerks technisch ermöglichen kann (Einstiegsbild).

Die Arbeiten wurden im Rahmen des bewilligten Projekts «Ersatz Staumauer Spitalamm» ausgeführt und dienen insbesondere der optimalen Nutzung



Skizze der unterirdischen Anlage von Grimsel 4.

Bild: KWO

der bestehenden Baustellen- und Logistiksituation während der Seeabsenkung. Nach Abschluss der Arbeiten wurde das Bauwerk mittels Drosselklappe gesichert und vom Seesystem getrennt, um den ordentlichen Betrieb des Grimselsees nicht einzuschränken.

Maschinen und Leistung: ausgelegt auf Dynamik und Regelbarkeit

Die elektromechanische Ausrüstung des Pumpspeicherwerks Grimsel 4 ist auf einen maximal flexiblen Betrieb ausgelegt. Installiert werden im Kraftwerk zwei vertikalachsige, reversible Pumpturbinen in drehzahlvariabler Ausführung. Etwas, das auch Ueli Gasser fasziniert: «Ja, die zwei reversiblen Pumpturbinen finde ich äusserst spannend – ein Maschinentyp, der bei KWO bisher noch nicht im Einsatz ist.» Jede Maschine ist für eine Durchflussmenge von bis zu 35 m³/s ausgelegt. Die installierte Turbinenleistung beträgt insgesamt rund 130 MW, die Pumpenleistung liegt bei 150 MW. Die Pumpturbinen von Voith sind mit Motorgeneratoren desselben Lieferanten ausgerüstet. In der Kaverne stehen auch Frequenzumrichter von Hitachi, die eine stufenlose Leistungsregelung im Pumpbetrieb ermöglichen und den Turbinenbetrieb optimieren.

Pumpspeicherwerk Grimsel 4	Technische Kennzahlen
Standort	Grimselgebiet, Kanton Bern
Betreiber	Kraftwerke Oberhasli AG (KWO)
Anlagentyp	Pumpspeicherwerk
Oberbecken	Grimselsee (Staukote rund 1909 m ü. M.)
Unterbecken	Räterichsbodensee (Staukote 1767 m ü. M.)
Maschinensätze	2 reversible, drehzahlvariable vertikalachsige Pumpturbinen
Ausbauwassermenge	70 m ³ /s (2x35 m ³ /s)
Installierte Turbinenleistung	130 MW
Installierte Pumpenleistung	150 MW
Fall- bzw. Förderbereich	83 m bis 183 m (206 m nach Erhöhung Grimselsee)
Kraftwerkszentrale	Unterirdische Kaverne, Masse ca. 76x24x42 m
Wasserwege	Ober- und Unterwasserstollen, Druckschächte, Masse Druckstollen OW ca. 6x6 m
Erschliessung	Erschliessungsstollen ab Gersteneegg, Länge ca. 1,8 km, Masse ca. 6,3x4,8 m (H x B)
Netzanbindung	220-kV-Schaltanlage Grimsel (Erweiterung), keine neuen Hochspannungsleitungen
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> - Vollständig unterirdische Bauweise - Nutzung bestehender Speicher - Ausgelegt für hohe Flexibilität und Systemdienstleistungen

Technische Daten des Pumpspeicherkraftwerks Grimsel 4.

résumé

Une énergie hydraulique hautement flexible dans la région du Grimsel

La centrale de pompage-turbinage Grimsel 4 supprimera un goulet d'étranglement dans le système hydroélectrique

Une nouvelle centrale de pompage-turbinage verra prochainement le jour dans la région du Grimsel: KWO (Kraftwerke Oberhasli AG) complète son système hydroélectrique existant avec la centrale Grimsel 4. Grâce à cette nouvelle installation, KWO jouira d'une flexibilité accrue non seulement au sein de son système de centrales, mais aussi en matière de production d'énergie.

La nouvelle centrale sera entièrement souterraine. Elle reliera directement le lac du Grimsel au lac de Räterichsboden et éliminera ainsi un goulet d'étranglement hydraulique dans le système de centrales de KWO. Chacune des deux machines est conçue pour un débit pouvant atteindre 35 m³/s. La puissance installée des turbines s'élèvera au total à environ 130 MW, tandis que la puissance de pompage atteindra 150 MW. La caverne abritera des convertisseurs de fréquence qui per-

mettront un réglage continu de la puissance en mode pompage ainsi que d'optimiser le fonctionnement des turbines. L'installation disposera d'une plage de réglage de la puissance de ±100% sur toute la hauteur de chute et de refoulement. Elle pourra ainsi adapter sa puissance avec précision aux exigences du système. Cela élargira la marge de manœuvre en matière de gestion de l'exploitation et permettra une utilisation plus flexible et plus ciblée des réserves d'eau disponibles. La centrale Grimsel 4 pourra notamment être utilisée sur le marché de l'énergie de réglage ainsi que pour compenser les fluctuations à court terme du réseau.

Les travaux de construction débuteront en juin 2026 et devraient être achevés en 2032. Les coûts d'investissement pour le projet s'élèveront à environ 300 millions de francs.

Die Anlage hat über den gesamten Fall- und Förderhöhenbereich einen Regelbereich von $\pm 100\%$ der Leistung (inkl. hydraulischer Kurzschluss). Sie kann ihre Leistung somit präzise an die jeweiligen Systemanforderungen anpassen und lässt sich insbesondere im Regelenergiemarkt sowie für den Ausgleich kurzfristiger Netzschwankungen einsetzen.

Netzanschluss über bestehende Infrastruktur

Das Pumpspeicherwerk Grimsel 4 wird über die bestehende 220-kV-Schaltanlage Grimsel, die im Rahmen des Projekts erweitert wird, an das Übertragungsnetz angeschlossen. Der Anschluss kann damit über bestehende Infrastrukturen erfolgen; neue Hochspannungsleitungen sind nicht erforderlich. Grimsel 4 fügt sich kompakt in die vorhandene Netzinfrastruktur ein und kann seine Leistung ohne zusätzliche netzseitige Eingriffe bereitstellen.

Anspruchsvolle Rahmenbedingungen

Der Bau eines unterirdischen Pumpspeicherwerks dieser Grössenordnung im Hochgebirge stellt hohe Anforderungen an Planung, Logistik und Sicherheit. Die geologischen Verhältnisse, die klimatischen

Rahmenbedingungen sowie die Bauarbeiten bei laufendem Betrieb erfordern sorgfältig abgestimmte Bauabläufe. Auch im Betrieb stellen die hohen Leistungsdynamiken und die häufigen Lastwechsel erhöhte Anforderungen an die Anlage dar. Grimsel 4 ist daher auf einen hohen Automatisierungs- und Überwachungsgrad ausgelegt.

Baustein eines stabilen erneuerbaren Energiesystems

Das Pumpspeicherwerk Grimsel 4 ist ein gezielt einsetzbares technisches Instrument zur Stärkung der Flexibilität und Stabilität des Energiesystems. Mit hoher Leistung, schneller Regelbarkeit und vollständiger Integration in bestehende Infrastrukturen zeigt das Projekt, wie die alpine Wasserkraft bei der KWO systemorientiert weiterentwickelt werden kann: leistungsfähig, landschaftsschonend und auf die Anforderungen eines erneuerbaren Energiesystems ausgerichtet.

Autorin

Nadja Ruch ist Senior Kommunikationsspezialistin bei der KWO und betreut das Ausbauprojekt Pumpspeicherwerk Grimsel 4 kommunikativ.
> KWO AG, 3862 Innertkirchen
> nadja.ruch@kwo.ch

ANZEIGE

SIEMENS



Revolutionieren Sie mit **SENTRON ECPD** Ihre Energieverteilung!

Erleben Sie mit SENTRON ECPD von Siemens die Zukunft der Energieverteilung. Dieses hochmoderne Schutzschaltgerät bietet ultraschnelles Schalten, flexible Konfiguration und herausragende Impulsfestigkeit. Ideal für fortschrittliche Energieprojekte jeder Grösse. Funktionen lassen sich bequem via App steuern, während Sie Platz sparen und den Ressourcenbedarf optimieren. SENTRON ECPD steht für Nachhaltigkeit, Effizienz und höchste Sicherheitsstandards. Entdecken Sie die innovative Schutzschalttechnik von Siemens und bringen Sie Ihre Energieverteilung auf das nächste Level.

[siemens.ch/smartinfrastructure](https://www.siemens.ch/smartinfrastructure)