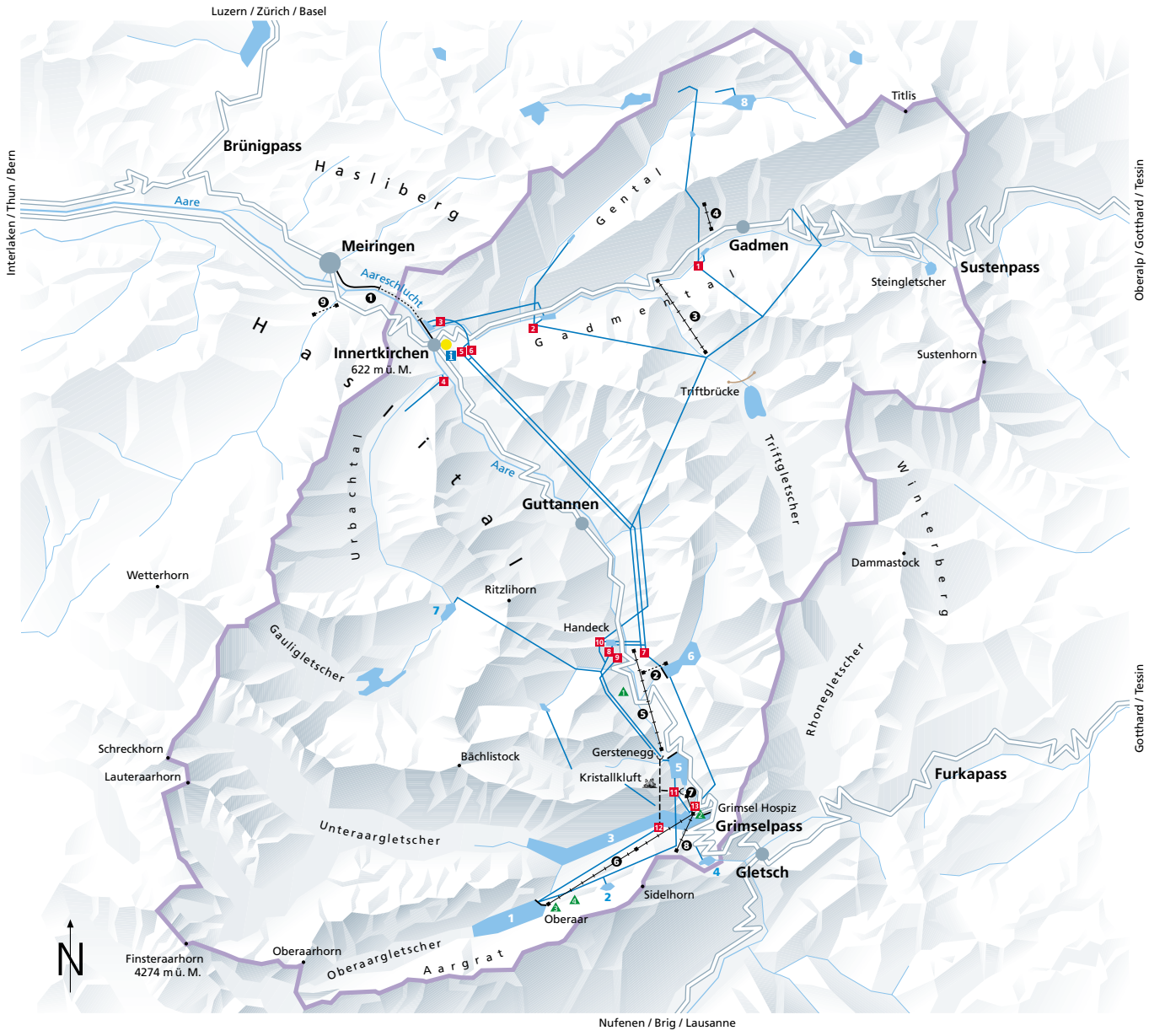
AUSBAU UND PROJEKTE DER KRAFTWERKE OBERHASLI AG 1983–2018

Umschlag 2

AUSBAU UND PROJEKTE DER KRAFTWERKE OBERHASLI AG 1983–2018

WASSEREINZUGSGEBIET KWO



Kraftwerke

1 Fuhren
2 Hopflauenen
3 Innertkirchen 2
4 Innertkirchen 3
5 Innertkirchen 1
6 Innertkirchen 1E
7 Handeck 1
8 Handeck 2
9 Handeck 2E
10 Handeck 3
11 Grimsel 1
12 Grimsel 2
13 Grimsel Nollen

Seen

1 Oberaarsee
2 Trübtensee
3 Grimselsee
4 Totensee
5 Räterichsbodensee
6 Gelmersee
7 Mattenalpsee
8 Engstlensee

Bahnen

1 Meiringen-Innertkirchen-Bahn (MIB)
2 Gelmerbahn
3 Triftbahn
4 Tällibahn
5 Luftseilbahn Handeck – Gerstenegg
6 Oberaarbahn
7 Sommerlochbahn
8 Sidelhornbahn
9 Reichenbachfall-Bahn

Grimselhotels

Handeck · Hotel- und Naturresort
Grimsel Hospiz · Historisches Alpinhotel
Oberaar · Restaurant und Berghaus
Bäregg · Ferien- und Alpinhütte

Firmensitz

Konzessionsgebiet
wasserführende Stollen
Zugangsstollen Kraftwerke Grimsel 1+2

VORWORT

Die Wasserkraft hat für die Stromerzeugung in der Schweiz mit einem Produktionsanteil von fast 60 % eine herausragende Bedeutung. Damit fällt auch der Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), als einer der grössten einheimischen Wasserkraftproduzenten, eine wichtige Rolle zu. Die KWO hat in den vergangenen 35 Jahren ihren Teil dazu beigetragen, die Schweiz und das angrenzende Ausland sicher und zuverlässig mit Strom zu versorgen und das Netz stabil zu halten. Zwischen 1983 und 2018 stand für die KWO vor allem die umfangreiche Modernisierung der Kraftwerksanlagen im Zentrum. So konnten Engpässe im Kraftwerkssystem behoben und der Betrieb insgesamt optimiert werden.

Werner Luginbühl
Präsident des
Verwaltungsrats

Daniel Fischlin
CEO

Innerhalb der vergangenen 35 Jahre hat sich das Umfeld für die Stromproduktion aus Wasserkraft stark verändert. Die Strombranche ist zunehmend international vernetzt, und die Subventionierung bestimmter Energieproduktionszweige durch viele Länder führt zu starken Wettbewerbsverzerrungen – mit zum Teil massiven Auswirkungen auch auf die Schweiz. Auch die KWO ist von diesen Entwicklungen betroffen. Sie hat daher die Pläne zum Ausbau ihrer Anlagen – in Absprache mit wichtigen Partnern – fortlaufend neu beurteilt und optimiert.

Seit 1999 haben sich die Kraftwerke Oberhasli für Besucherinnen und Besucher geöffnet und mit der «Grimselwelt» eine «Herzlich willkommen»-Kultur geschaffen. Touristen können die KWO-Infrastruktur nutzen, sie erhalten Einblicke in die Stromproduktion aus Wasserkraft, und die KWO zeigt transparent, wie sie arbeitet und was es braucht, damit schliesslich Licht brennt oder das Elektroauto geladen wird. Daneben bietet die Grimsel Hydro, das Technologiezentrum Wasserkraft der KWO, seit 2003 ihr Wissen und ihre Erfahrung auch Externen für Ausbauvorhaben und Projekte für Investitionen in die Wasserkraft an.

Insgesamt hat sich die KWO in den 35 Jahren von 1983 bis 2018 stark modernisiert und zahlreiche wichtige Investitionen getätigt. Einiges davon ist sichtbar, vieles ist aber im Berg verborgen. In diesem Buch sind die Ausbauten – realisiert oder lediglich geplant – und viele weitere ausgeführte Aktivitäten während dieser Periode beschrieben.

Voraussetzung für die beeindruckende Entwicklung war eine breite Unterstützung. Allen Beteiligten, vorab den KWO-Mitarbeitenden auf allen Stufen, den Aktionären, den Verwaltungsbehörden, den Projektverfassern, den Unternehmungen und den Lieferanten, sei dafür herzlich gedankt. Der Dank gilt auch den Bewohnerinnen und Bewohnern des Haslitals, welche die KWO und deren Vorhaben seit Jahrzehnten partnerschaftlich mittragen.

Werner Luginbühl
Präsident des
Verwaltungsrats

Daniel Fischlin
CEO

Innertkirchen, Januar 2019

INHALT

Die Kraftwerke Oberhasli 1983 – Übersicht 6

A

Ausbau und Erneuerung bestehender Anlagen 8

1. **Erneuerung der Leittechnik** 9
2. Neue ZLS und Sanierung des Betriebsgebäudes Innertkirchen 13
3. Umbau der Kraftwerksanlagen Handeck auf 220 kV 15
4. Neue 50-, 150-kV-Schaltanlage und Teilerneuerung 150/220-kV-Netzkupplung 18
5. Neue 220-kV-Schaltanlage Grimsel 21
6. Verbesserung der Hochwassersicherheit bei den Stauanlagen 23
7. Sanierung von Triebwassersystemen 25
8. Leistungsregulierter Pumpbetrieb im Pumpspeicherwerk Grimsel 2 31
9. Erneuerung des Pumpspeicherwerks Grimsel 2 33
10. Erneuerung des Kraftwerks Handeck 2 36
11. Erneuerung des Kraftwerks Handeck 1 38

B

Ausbau der Zentralwerkstatt zum Industriebetrieb Grimsel Hydro 40

1. Die Entstehung der Zentralwerkstatt 41
2. Von der Zentralwerkstatt über die Turbinenwerkstatt zu Grimsel Hydro 41
3. Die Erweiterung des Maschinenparks ab dem Jahr 2000 44
4. Der Ausbau des Werkstattgebäudes ab dem Jahr 2000 44
5. Beispiele von externen Aufträgen 47

C

Partnerschaftliche KWO 52

1. Bedeutung der KWO in der Region 53
2. Partnerschaft KWO–Oberhasli 53

D

Entwicklung im Tourismus 60

1. Wasserkraft und Tourismus: Grimselwelt 61
2. Touristische Öffnung von Werkbahnen 62
3. Sanierung der Hotels 65
4. Kraftwerksführungen 69

E

Projekt Grimsel-West 70

1. Konzept 71
2. Projektverlauf 71
3. Das optimierte Projekt 1996 72

F

Investitionsprogramm KWO plus **76**
1. Von Grimsel-West zu KWO plus 77
2. Konzept 77
3. Amortisationsvereinbarungen **77**
4. Gewässersanierung **78**
5. Teil 1: Parallelstollen Handeck–Kapf, Aufwertung und Sanierung Kraftwerk Innertkirchen 1 **79**
6. Teil 2: Aufwertung und Sanierung Kraftwerk Grimsel 1 **84**
7. Teil 3: Vergrösserung Grimselsee **86**
8. Der weitere Verlauf von KWO plus **91**

G

Grossprojekt Tandem: Aufwertung der Kraftwerke Handeck 2 und Innertkirchen 1 **92**
1. Konzept und Zusammenfassung 93
2. Erschliessungsstollen Handeck–Gerstenegg 94
3. Aufwertung Kraftwerk Handeck 2 **94**
4. Aufwertung Kraftwerk Innertkirchen 1 **103**

H

Projekte in Planung **112**
1. Sanierung der Stauanlage Spitallamm 113
2. Kraftwerk Handeckfluh 118
3. Kraftwerk Trift **122**

I

Geplante Projekte **132**
1. Kraftwerk Grimsel 1E 133
2. Pumpspeicherwerk Grimsel 3 141

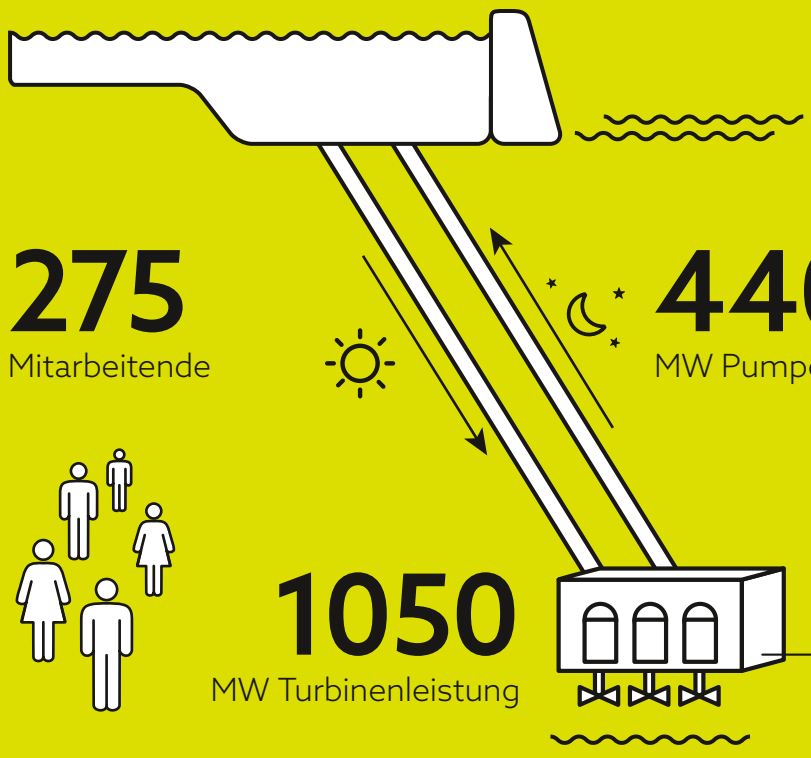
K

KEV-Kraftwerke **150**
1. KEV-Bedingungen für Kleinwasserkraft 151
2. KEV-Kraftwerk Grund 151
3. KEV-Kraftwerk Grimsel Nollen **156**

Die Kraftwerke Oberhasli 2018 – Übersicht **158**

KWO 1983

Nach der Ausbauetappe von 1970 bis 1982 mit dem Bau des Kraftwerks Handeck 3 und des Pumpspeicherwerks Grimsel 2 sowie dem Ausbau der Kraftwerke Grimsel 1, Hopflauenen und Innertkirchen 2 konnten die KWO nachfolgende Fakten und Zahlen verzeichnen.



96.5
Mio. Franken
Gesamtumsatz

275
Mitarbeitende

440
MW Pumpenleistung

1820
GWh Energieproduktion

1050
MW Turbinenleistung

1990
GWh Energieumsatz
inkl. Pumpenergie

210
Vollzeitstellen

9
Kraftwerke

Aufwertung Kraftwerke Handeck 2 und Innertkirchen 1 – Bau Parallelschacht. >

A AUSBAU, ERNEUERUNG UND SANIERUNG BESTEHENDER ANLAGEN

Über die letzten Jahrzehnte wurden die bestehenden Anlagen fortlaufend ausgebaut, erneuert und saniert und so auf dem neuesten Stand der Technik gehalten. Neue Leittechniksysteme in den Kraftwerken und in der Zentralen Leitstelle (ZLS) in Innertkirchen sichern die einwandfreie Betriebsführung. Hochspannungsanlagen, die ihre technische Lebensdauer erreicht hatten, wurden ersetzt und das Energieübertragungsnetz optimiert. Anlageteile wurden erneuert, saniert und optimiert. Stauanlagen mussten aufgrund neuer Erkenntnisse angepasst werden, damit der Hochwasserschutz bei ausserordentlichen Ereignissen sichergestellt ist.

Ziel der Leittechnikerneuerung war, die Kraftwerke mit Systemen und Komponenten auszurüsten, die dem Stand der Technik entsprachen und die eine Wartung für mindestens die nächsten 25 Jahre sicherstellten.

1. ERNEUERUNG DER LEITTECHNIK

1995 wurde beschlossen, unter dem Projektnamen ELTA die Leittechnik in den Anlagen der KWO in digitaler Technik in mehreren Etappen zu erneuern. Die vorhandene Leittechnik bestand damals aus elektromechanischen Apparaten aus den Sechzigerjahren oder aus analog elektronischen Geräten aus den Siebzigerjahren. In einer ersten Etappe wurden die Leittechnik der Kraftwerke im Gadmental, das Statistikrechner- und Zählererfassungssystem in der Zentralen Leitstelle (ZLS) in Innertkirchen sowie die Fernwirkübertragungsanlagen zwischen der ZLS und den Kraftwerken ersetzt.

Neue Leittechnik in den Kraftwerken im Gadmental

Die vorhandene Leittechnik in den drei Kraftwerken Fuhren, Hopflauenen und Innertkirchen 2 waren noch durchwegs in elektromechanischer Ausführung. Das automatische Anfahren und Abstellen der Maschinengruppen erfolgte mit mechanischen Schaltwalzen. Gleichzeitig mit dem Leittechnikersatz wurden in den drei Kraftwerken Sanierungen an hydraulischen und elektromechanischen Anlagen durchgeführt und die notwendigen baulichen Anpassungen in den Kraftwerkszentralen ausgeführt. Ziel der Leittechnikerneuerung war, die Kraftwerke mit Systemen und Komponenten auszurüsten, die dem Stand der Technik entsprachen und die eine Wartung für mindestens die nächsten 25 Jahre sicherstellten. Gesamthaft ging es im Wesentlichen um:

- digitale Kraftwerksleittechnik:
  - neue digitale Leittechnikanlage mit dezentral abgesetzten Vorortbedienungen inklusive der Sensoren und Aktoren für die Steuerung, Überwachung, Signalisierung und Messung des kompletten Kraftwerks mit den Aussenanlagen ab einem zentralen Kraftwerksleitstand und der Ankopplung an die ZLS in Innertkirchen;
  - neue digitale Turbinen-, Spannungs- bzw. cos-φ-Regler;
  - neue digitale Schutzrelais für die Generatoren, Transformatoren und Schaltanlagen;
  - neue digitale Energiezähler mit Transcoder;
  - neue Wassermessungen für Niveau und Durchfluss.

- Erneuerung und Sanierung der hydraulischen Anlagen:
  - An den Maschinenabschlussorganen (Kugelschieber) wurden die Hauptsteuerventile durch Wasserventile mit Ölvorsteuerung und den entsprechenden Ölhydraulikaggregaten ersetzt;
  - die hydraulischen und elektrischen Steuerungen der Sicherheitsdrosselklappen Speicherberg, Leimboden und Schaftelen wurden komplett ersetzt;
  - die verschiedenen Schützentafeln der komplexen hydraulischen Anlage bei der Wasserfassung Trift erhielten neue elektrische Steuerungen;
  - die Sicherheitsdrosselklappe Birchlaui im oberwasserseitigen Triebwassersystem der Turbine im Kraftwerk Fuhren musste komplett ersetzt werden.

- Erneuerung und Sanierung der elektromechanischen Einrichtungen und des Eigenbedarfs:
  - Bei den Generatoren wurden die Hilfserregermaschinen durchwegs durch statische Hilfserreger ersetzt;
  - neue Wechsel- und Gleichspannungsverteilungen;
  - neue Gleich- und Wechselrichteranlagen;
  - neue Akkubatterieanlagen;
  - neue Verkabelungen, z. T. mit Lichtwellenleitern;
  - Sanierung der Maschinenschaltanlagen;
  - Sanierung der 16-kV-Eigenbedarfsversorgung mit neuen Schaltanlagen, Transformatoren und Verkabelungen.

Bauliche Anpassungen
Im Zusammenhang mit der Leittechnikerneuerung waren auch bauliche Anpassungen nötig. Im Maschinensaal der Kraftwerke wurde anstelle der Schalttafelräume und der Steuerungstafeln ein Kraftwerksleitstand in Form eines Büros mit Bildschirmen und Bedienkonsolen für die Steuerung der gesamten Kraftwerksanlage eingerichtet. Weiter wurden die Klima- und Brandschutzmassnahmen angepasst und verbessert.

Kraftwerkskennzeichnungssystem (KKS)
Der Einsatz neuer Leittechniksysteme verlangte auch eine eindeutige und durchgängige Anlagenkennzeichnung mit dem genormten Kraftwerkskennzeichnungssystem (KKS). Die technische Anlagendokumentation (Hydraulikpläne, elektrische Übersichts- und Schaltpläne) musste entsprechend angepasst bzw. neu erstellt und mit dem KKS-System strukturiert werden. In den Anlagen wurden alle prozessbezogenen Komponenten und Räume mit Schildern mit den KKS-Kennzeichen beschriftet.

Neues Statistikrechner- und Zählererfassungssystem in der Zentralen Leitstelle (ZLS)

Mit dem Start des ELTA-Projekts in den Kraftwerken musste auch in der ZLS Innertkirchen die Leittechnik angepasst werden. Die Hardware und die Betriebssystemsoftware des bestehenden Statistikrechner- und Zählererfassungssystems wurden nicht mehr hergestellt, und deshalb waren Auskunft und Beratung durch die Lieferfirma schwierig geworden. Auch die Nutzung der speziell für die KWO hergestellten Anwendersoftware wurde zunehmend problematischer, da die Programmiersprache der Software sonst praktisch keine Anwendung mehr fand.

Der Einsatz von neuen Leittechniksystemen in den Kraftwerken und in der ZLS erforderte ein neues Statistikrechner- und Zählererfassungssystem, mit dem eine einwandfreie Betriebsführung der KWO-Anlagen und eine exakte Information der KWO-Partner möglich waren. Das System musste im Wesentlichen folgende Aufgaben lösen:

- Sammeln der Daten aus den Kraftwerken und der Unterstation Innertkirchen:
  - Wirk-, Blind- und Verlustenergie;
  - Wasserdurchfluss in den Maschinen und Stollen;
  - Niveau in Seen, Becken und Wasserschlössern;
  - Verlustwasser der Fassungen und Seen;
  - Betriebszustand und Betriebszeiten der Maschinen;
  - Betriebszustand der Schaltanlagen und Leitungen.
- Einlesen der Wetterdaten
- Energiestatistik der KWO:
  - Angebot;
  - Laststatistik;
  - Tages- und Monatsstatistik.

Maschinensaal Hopflauenen vor der Sanierung (Foto Robert Bösch).

Maschinensaal Hopflauenen nach der Sanierung.

Neuer Kraftwerksleitstand Hopflauenen, Ansicht vom Maschinensaal.

Neuer Kraftwerksleitstand Hopflauenen, Innenansicht.

01 Neue 16-kV-Anlage Kraftwerk Fuhren.
02 Fassung Trift.
03 Neue Drosselklappe Birchlaui.

01

02

03

Übermittlung Aaretal, Richtstrahlantenne Grimsel.

Um mit möglichst wenig Provisorien auszukommen, wurden in der Unterstation Innertkirchen und teilweise in den Kraftwerken gleichzeitig die Zähler ersetzt. In den Anlagen, die erst später erneuert wurden, mussten Transcoder eingebaut und als Provisorium mit den bestehenden Zählern verbunden werden.

Neue Fernwirkübertragungsanlagen zwischen der ZLS und den Kraftwerken

Übermittlung Gadmental

Die bestehenden Kanäle der damaligen Fernwirkübertragungsanlage ins Gadmental waren komplett ausgelastet und konnten für die neue Leittechnik der Kraftwerke Fuhren und Hopflauenen nicht mehr erweitert werden. Um für diese Übermittlungsaufgaben genügend Bandbreite zu erhalten, musste das Gadmental mit einer neuen Lichtwellenleiter-Verbindung als Ersatz der bestehenden TFH-Verbindung (Trägerfrequenz über die Hochspannungsleitung) erschlossen werden. Dazu wurde das alte Erdseil der 150-kV-Freileitung Innertkirchen–Hopflauenen–Fuhren durch ein neues mit integrierten Lichtwellenleitern ersetzt.

Übermittlung Aaretal

Die mehrkanalige Übertragungsanlage im Aaretal stammte aus den Siebzigerjahren und bestand aus zwei unabhängigen gleichwertigen Systemen: einem analogen Richtstrahl Innertkirchen–Grimsel–Handeck und einem Trägerfrequenzsystem über ein Koaxialkabel als unteres Erdseil in der 220-kV-Leitung Innertkirchen–Grimsel. Diese bestehenden Übertragungsanlagen konnten die Anforderungen der neuen Übermittlungsaufgaben der digitalen Telefonie, des PC-Netzes, der digitalen Kraftwerksleittechnik usw. nicht mehr erfüllen.

Deshalb musste für das Aaretal eine neue Übertragungsanlage realisiert werden. Diese wurde als Ringleitung Innertkirchen–Handeck–Grimsel–Innertkirchen mit Lichtwellenleitern (LWL) geplant. Vorerst wurde ein LWL-Kabel mit 72 Fasern zwischen Innertkirchen und Grimsel in den bestehenden Kabelrohrblöcken, Stollen und Schächten eingezogen bzw. verlegt. Wo erforderlich waren Abzweigungen zu den Kraftwerken, Mobiltelefon-Antennenstationen, Kabel-TV-Anschlüssen usw. möglich. Um die Redundanz der Fernwirkübermittlungsanlage im Aaretal und die Schliessung des Rings Grimsel–Innertkirchen zu erreichen, ergab sich zu einem späteren Zeitpunkt eine wirtschaftliche Lösung, indem LWL-Fasern im neu aufgelegten Erdseil der 220-kV-Tessinerleitung beschafft werden konnten.

In die erste Etappe des ELTA-Projekts wurden gesamthaft fast 20 Mio. CHF investiert. Die weiteren Etappen der Leittechnikerneuerung wurden später im Rahmen der KWO-plus- sowie der übrigen Erneuerungsprojekte realisiert.

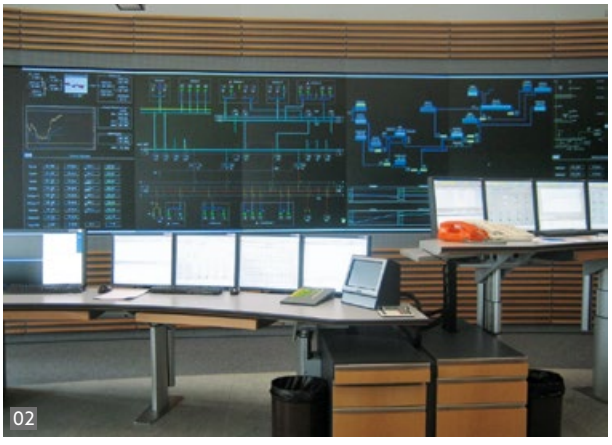
2. NEUE ZLS UND SANIERUNG DES BETRIEBSGEBÄUDES INNERTKIRCHEN

Die Zentrale Leitstelle in Innertkirchen als Betriebszentrum zur Steuerung und Überwachung der gesamten Kraftwerksgruppe der KWO entstand in der zweiten Hälfte der Siebzigerjahre mit dem Bau des neuen Betriebsgebäudes. Sie beanspruchte dort die ganze Gebäudefläche im 3. Obergeschoss.

Bereits 2006 wurde beschlossen, die ZLS zu erneuern. Der Ausbau KWO plus mit den neuen Anlagen, der liberalisierte Handel mit vermehrtem Einsatz des Pumpspeicherwerks Grimsel 2 sowie die immer komplexeren Bedingungen an die Leistungs-

01 Alte ZLS.
02 Neue ZLS.
03 Neue ZLS in Betrieb (Foto Robert Bösch).

01


02

03

und Spannungsregulierung stellten laufend höhere Anforderungen an die ZLS. Zudem zeigten die Einrichtungen nach 30 Jahren Betrieb entsprechende Abnutzungserscheinungen. Ein weiterer Grund war die Absicht, die Besetzung der Leitstelle ausserhalb der normalen Arbeitszeit auf eine Person zu reduzieren, was neue zusätzliche Anforderungen an die ZLS stellte.

Neue ZLS

Die neue Leitstelle benötigte lediglich noch rund die Hälfte der Fläche des 3. Obergeschosses im Betriebsgebäude. Drei grosse Mosaikbilder wurden durch eine Grossbildanzeige mit Rückprojektion ersetzt, die noch die Hälfte der bisherigen Anzeigefläche beanspruchte. Dazu wurden grosse Monitore mit einer maximalen Randbreite von 0.3 mm aneinandergereiht und so als ein grosser Monitor betrieben. Auf diesem konnten in Windowstechnik gleichzeitig Inhalte in mehreren Fenstern dargestellt werden. Die zugehörigen Bedien- und Steuerrechner wurden direkt in das Leittechniknetz integriert. Damit konnten die Bilder mit denjenigen auf den Bedienmonitoren der Leittechnik in allen Anlagen zusammen verwendet werden. Da sie von eigenem Personal programmiert und gewartet werden konnten, war eine optimale Nutzung sichergestellt. Klimatisiert wurde neu nur noch der Bedienraum. Die Klimaanlage für den Technikraum konnte durch eine einfache Rückkühlung für die Grossbildanzeige ersetzt werden.

Bei allen Sanierungsüberlegungen wurde speziell auf die Nachhaltigkeit der gewählten Massnahmen geachtet.

Sanierung des Betriebsgebäudes Innertkirchen

Die Bausubstanz und insbesondere die infrastrukturellen und gebäudetechnischen Anlagen des Betriebsgebäudes zeigten so starke Abnutzungserscheinungen, dass eine Sanierung ins Auge gefasst werden musste. Da die neue ZLS bauliche und haustechnische Auswirkungen auf die gesamte Infrastruktur des Betriebsgebäudes hatte, war es notwendig und sinnvoll, gleichzeitig auch die Sanierung aller betroffenen Gebäudekomponenten anzugehen.

Für die Sanierung wurden aufgrund einer vorliegenden Zustandsanalyse kurz-, mittel- und langfristige Massnahmen vorgesehen. Die kurzfristigen Massnahmen, die im Zusammenhang mit der Erneuerung der ZLS in Angriff genommen werden mussten, beinhalteten im Wesentlichen die Fassadensanierung im 3. Obergeschoss sowie den Fenster- und Storenersatz mit den dafür erforderlichen technischen Installationen.

Die mittelfristigen Sanierungsmassnahmen standen zum Teil auch im Zusammenhang mit den Umbauarbeiten im 3. Obergeschoss. Es war dies vor allem die Sanierung der Sanitärleitungen, der Klima- und Lüftungsanlage sowie der elektrischen Installationen im ganzen Gebäude. Weiter wurden teilweise Fenster und Storen im 1. und 2. Obergeschoss ersetzt. Bei den langfristigen Massnahmen standen die Sanierung der Alufassade im 1. und 2. Obergeschoss und der Ersatz von Hauptkomponenten in der Klimazentrale im Vordergrund.

Bei allen Sanierungsüberlegungen wurde speziell auf die Nachhaltigkeit der gewählten Massnahmen geachtet. Im Speziellen wurde für die Erneuerung der Lüftungs- und Klimaanlage eine so weit wie möglich energietechnische Sanierung vorgesehen.

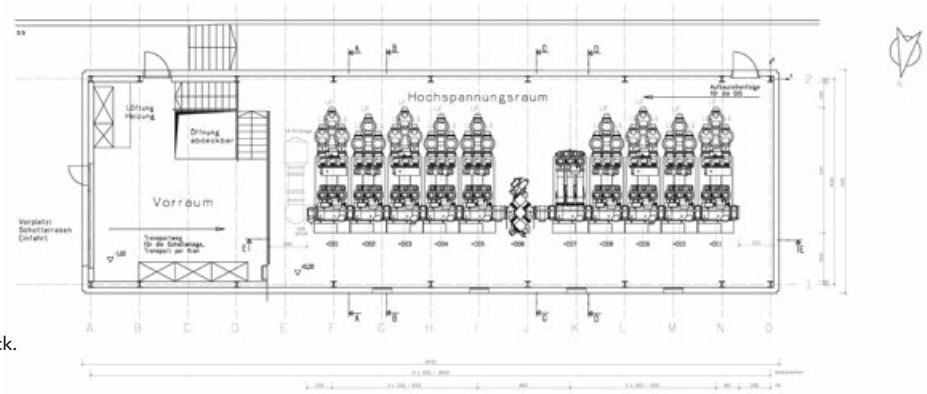
Die kurzfristigen Massnahmen wurden gleichzeitig mit der Erneuerung der ZLS ab Oktober 2006 bis im Sommer 2007 realisiert, wobei einzelne Komponenten der mittelfristigen Sanierungsarbeiten ebenfalls in diesen Zeitraum fielen. Die langfristigen Massnahmen wurden bis 2009 abgeschlossen. In die neue ZLS und die Sanierung des Betriebsgebäudes wurden gut 3.5 Mio. CHF investiert.

3. UMBAU DER KRAFTWERKSANLAGEN HANDECK AUF 220 kV

2004 wurde beschlossen, die Hochspannungsanlagen der drei Handeck-Kraftwerke, die ihre technische Lebensdauer erreicht hatten, zu ersetzen und bei dieser Gelegenheit eine Optimierung des Energieübertragungsnetzes vorzunehmen.

Die aufgetretenen Störungen und Schadensfälle an den über 50-jährigen Transformatoren und den 150-kV-Kabelanlagen waren ein klares Zeichen dafür, dass diese alten Betriebsmittel unbedingt ersetzt werden mussten. Allein das Kraftwerk Handeck 2 war mehrmals wegen Transformatorschäden ganz oder zumindest teilweise ausser Betrieb. Auch an den zwei im Bahnstollen Handeck–Guttannen verlegten, 6 km langen 150-kV-Kabelsträngen traten Störungen und Schäden auf. Vor allem die Ölverluste wurden problematisch. Dieser zwingend erforderliche Ersatz der alten Betriebsmittel konnte mit einer Optimierung der Netztopologie koordiniert werden.

01 Montage eines der neuen 220-kV-Transformatoren.
02 Bau der Schaltanlagenhalle Handeck.
03 Schaltanlagenhalle und Abspanngerüst der Leitungen nach Innertkirchen.
04 Ansicht der 220-kV-GIS-Schaltanlage Handeck.



Grundriss der 220-kV-GIS-Schaltanlage Handeck.

Netztopologie vor dem Umbau Handeck auf 220 kV

Die in den Kraftwerken Handeck produzierte Energie wurde auf 150 kV transformiert und nach Innertkirchen übertragen. Die Kraftwerke Handeck 1 und 3 waren über Öldruckkabel mit der 150-kV-Freiluftschaltanlage Handeck und von da über einen Strang der 220-kV-Doppelfreileitung mit Innertkirchen verbunden. Von der 220-kV-Doppelfreileitung Innertkirchen–Grimsel wurde somit nur ein Strang für die Energieübertragung aus den Kraftwerken Grimsel 1 und 2 genutzt, der zweite Strang wurde zwischen Handeck und Innertkirchen mit 150 kV betrieben. Die Energie des Kraftwerks Handeck 2 wurde über die zwei 6 km langen Ölkabelstränge bis Guttannen und von da über eine 150-kV-Doppelfreileitung nach Innertkirchen übertragen.

Netztopologie nach dem Umbau Handeck auf 220 kV

Das Spannungsniveau für die gesamte Kraftwerksgruppe Handeck wurde auf 220 kV angehoben. In der Handeck entstand mit einer neuen 220-kV-Schaltanlage und der Einschlaufung der beiden 220-kV-Leitungsstränge der alpenquerenden Tessinerleitung von Innertkirchen nach Peccia bzw. Robiei ein Netzknotenpunkt. Alle Handeck-Kraftwerke wurden an die neue Schaltanlage angeschlossen. Mit diesem Konzept konnten die bestehenden 220-kV-Leitungen im Aaretal optimal genutzt und die Verfügbarkeit und Versorgungssicherheit bei reduzierten Netzverlusten gesteigert werden. Zwischen Handeck und Innertkirchen wurde je ein Strang der Tessinerleitung und der KWO-Grimselleitung ausgekreuzt, um so die Wahrscheinlichkeit eines Totalausfalls der Verbindungen Innertkirchen–Handeck bzw. Innertkirchen–Grimsel bei einem Lawinenniedergang zu vermindern.

Die 150-kV-Übertragung im Aaretal fiel mit dieser Netztopologie weg, und dementsprechend konnte die 150-kV-Doppelfreileitung zwischen Guttannen und Innertkirchen zurückgebaut werden. Das Landschaftsbild auf dieser Strecke erfuhr eine Aufwertung. Die Energieübertragung aus den Kraftwerken in Innertkirchen und im Gadmental ist bis heute unverändert auf dem Spannungsniveau 150 kV.

Umbau mit neuer 220-kV-Schaltanlage

Die zwölf 150-kV-Einphasen-Transformatoren in den Kraftwerken Handeck 1 und 2 und der 150-kV-Dreiphasen-Transformator im Handeck 3 wurden durch fünf 220-kV-Dreiphasen-Transformatoren ersetzt. Die Transformatoren wurden mit 220-kV-Kunststoffkabeln mit der neuen gekapselten SF6-isolierten 220-kV-Schaltanlage (GIS) verbunden. Diese wurde in einem neu erstellten Gebäude untergebracht, das unterhalb des Zentralengebäudes Handeck 1 längsseitig angeordnet wurde. Der Neubau wurde in die drei Teile Hochspannungsraum mit der GIS-Schaltanlage, Vorraum mit den Treppen und den Leittechnikanlagen sowie Kabelkeller unterteilt.

Die GIS-Schaltanlage mit Doppelsammelschiene besteht aus vier Leitungs- und sechs Transformatorenfeldern, einem Kuppelfeld und einer Längstrennung. Dieses Konzept erlaubte eine optimale Netzbetriebsführung. Es ermöglichte im Winter bei der Bildung von Eiswalzen auf den Tessinerleitungen weiterhin deren Heizung ab der Unterstation Innertkirchen, und das bei gleichzeitiger Energieproduktion in den Handeck-Kraftwerken. Die Längstrennung ermöglichte zudem den Betrieb mit einer Leitung.

Für die Einschlaufung der Tessinerleitungen wurde beidseits der GIS-Schaltanlage ein Leitungsabspann- und Kabelendverschlussgerüst aufgestellt. Von diesem wurden die Leitungen mit 220-kV-Kunst-

Wesentliche Teile der 50- und 150-kV-Freiluftschaltanlage in Innertkirchen stammten noch aus der Gründerzeit der KWO und hatten das Ende ihrer technischen Lebensdauer zum grössten Teil bereits überschritten.

stoffkabeln mit einem Leiterquerschnitt von 1600 mm^2 in die GIS-Schaltanlage eingeführt. Der bisher mit 150 kV betriebene Strang der 220-kV-Doppelleitung Innertkirchen–Grimsel wurde an der Handeck direkt durchgeleitet.

In den Umbau der Kraftwerke Handeck auf 220 kV mit der neuen GIS-Schaltanlage wurden rund 21 Mio. CHF investiert. Mittlerweile sind die 220-kV-Anlagen der KWO ins Eigentum der Nationalen Netzgesellschaft Swissgrid übergegangen.

4. NEUE 50-, 150-KV-SCHALTANLAGE UND TEILERNEUERUNG 150/220-KV-NETZKUPPLUNG

Wesentliche Teile der 50- und 150-kV-Freiluftschaltanlage in Innertkirchen stammten noch aus der Gründerzeit der KWO und hatten das Ende ihrer technischen Lebensdauer zum grössten Teil bereits überschritten. Auch zwei 150/220-kV-Netzkupplungstransformatoren mit Baujahr 1959 bzw. 1964 waren am Ende ihrer Lebensdauer angelangt. Deshalb wurde im Jahr 2007 eine Teilerneuerung der Hochspannungsanlage Innertkirchen beschlossen.

Alte 150-kV-Freiluftschaltanlage Innertkirchen (Foto Robert Bösch).

01 Neubau der 150-kV-GIS-Schaltanlage Innertkirchen.
02 Situation Unterstation nach Neubau der 150-kV-Schaltanlage.
03 Übersicht der 150-kV-GIS-Schaltanlage.

Neue 150-kV-Schaltanlage

Die alte 150-kV-Freiluftschaltanlage bestand aus 19 Schaltfeldern und einem aufwendigen Sammelschienensystem mit Doppelsammelschiene und zwei Umgehungsschienen in Freilufttechnik. Ihre hohen Stahlgerüste hatten negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild und insbesondere auf die unmittelbar angrenzende Wohnzone. Die neue Anlage wurde daher als kompakte SF6-isolierte GIS-Anlage ausgeführt und in einem neu erstellten Gebäude untergebracht. Damit der sichere Weiterbetrieb der bestehenden Anlage während der Umbauzeit möglich war, wurde das neue Gebäude ausserhalb des aktuellen Anlagebereichs erstellt. Die Lage auf der Südseite des Werkareals war durch die bestehenden Kabeltrassen, die einfache Zufahrt und die Erweiterungsmöglichkeiten bestimmt. Die Kabelwege zu den neuen Standplätzen der Netzkupplungstransformatoren waren kurz, und für eine Gebäudeerweiterung bei einem späteren Ersatz der 220-kV-Freiluftschaltanlage war dort genügend Platz vorhanden.

Das Konzept der neuen 150-kV-GIS-Anlage sah eine Doppelsammelschiene mit doppelter Längstrennung und 17 Schaltfeldern vor. Dabei wurde der Anschluss einer neuen Maschine im Kraftwerk Innertkirchen 1 im Rahmen des Tandemprojekts bereits berücksichtigt. Die Verbindungen zum Kraftwerk Innertkirchen 2, zu den Endmasten der Leitungen nach Hopflauenen und Fuhren, zum Abspannportal der Leitung Wilderswil sowie zu den Netzkupplungstransformatoren wurden in neu erstellten Rohrblöcken mit kunststoffisolierten Kabeln ausgeführt. Die mit der Sanierung des Kraftwerks Innertkirchen 1 ersetzten Kabel wurden in die neue Schaltanlage umgelegt (siehe Kapitel F, Abschnitt 5).

01

02

03

Neue 50-kV-Schaltanlage

Die alte 50-kV-Schaltanlage bestand aus drei Schaltfeldern und wurde mit einem 150/50-kV-Transformator ab der 150-kV-Sammelschiene gespeist. Durch ein neues Anlagenkonzept konnte auf eine 50-kV-Schaltanlage in der bisherigen Form verzichtet werden: Ein 150/50/16-kV-Dreiwicklungs-Transformator übernahm die Funktion der bestehenden 150/50-kV- und 50/16-kV-Transformatoren und der 50-kV-Sammelschiene. Für die 50-kV-Leitung nach der Gemeinde Schattenhalb zur Reserveversorgung der BKW-Tochter EWR Energie AG wurde ein neues Schaltfeld in kompakter Freilufttechnik (Schalter, Trenner und Wandler gekapselt) unmittelbar neben dem neuen Dreiwicklungstransformator aufgestellt.

Für den neuen Dreiwicklungstransformator und den bestehenden Heiztransformator, der auch ab der 150-kV-Sammelschiene gespeist wird und der Enteisung der 220-kV-Leitungen ins Tessin und nach Bickigen dient, wurden innerhalb des bisherigen 150-kV-Anlagebereichs zwei neue Trafostandplätze erstellt. Die Lage dieser neuen Standplätze wurde bezüglich Kabelwege optimiert und auf die neuen Standplätze der Netzkupplungstransformatoren abgestimmt.

Teilerneuerung der 150/220-kV-Netzkupplung

In der Unterstation Innertkirchen waren die Netzspannungsebenen 220 kV und 150 kV über drei 150/220-kV-Netzkupplungstransformatoren mit einer Gesamtleistung von 500 MVA miteinander verbunden. Die zwei älteren Transformatoren hatten eine Leistung von je 125 MVA und mussten aufgrund ihres Alters und Zustandes ersetzt werden. Der dritte Transformator mit Baujahr 1973 und einer Leistung von 250 MVA war noch in gutem Zustand und konnte ohne Risiko weiter betrieben werden.

Die beiden alten 125-MVA-Netzkupplungstransformatoren wurden durch eine neue Einheit mit einer Leistung von 250 MVA ersetzt. Die Kapazität von 500 MVA war notwendig, um den Abtransport

Abbruch der alten 50-kV-Schaltanlage.

Neues 50-kV-Schaltfeld, gasisoliert.

der KWO-Energieproduktion sicherzustellen. Wegen Transportbeschränkungen musste der neue Transformator wie die bisherigen Netzkupplungstransformatoren als Transformatorgruppe in drei Einzelpolen hergestellt werden, jedoch ohne zusätzlichen Reservepol. Für die neuen und die bestehenden Netzkupplungstransformatoren wurden neue Standplätze längs der vorhandenen Verschiebegeleise in der Nähe der neuen 150-kV-Anlage gebaut.

Der Transformatorersatz wurde auf den Neubau der 150-kV-Anlage abgestimmt. Angestrebt wurde die gleichzeitige Inbetriebnahme, um bauliche und anlagetechnische Synergien zu nutzen und kostspielige Provisorien zu vermeiden. Die Arbeiten dauerten drei Jahre und kosteten rund 38 Mio. CHF.

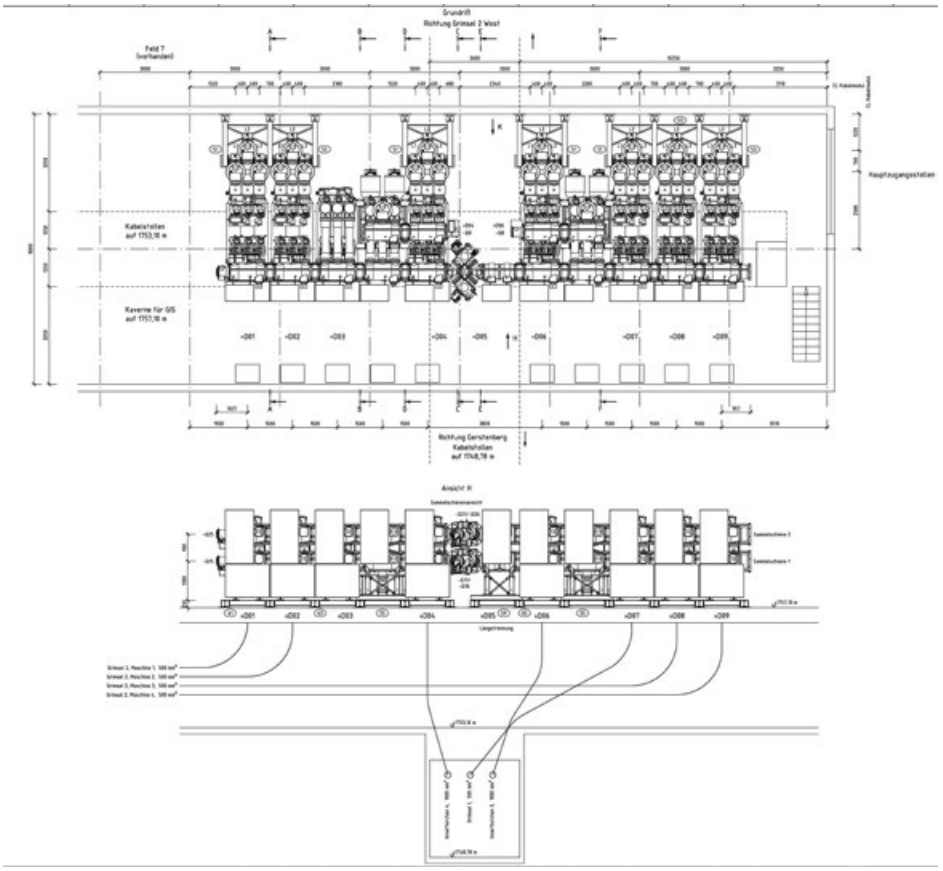
5. NEUE 220-KV-SCHALTANLAGE GRIMSEL

Die Schaltanlage Grimsel wurde 1978, auf 1750 m ü. M., als damals höchstgelegene gekapselte SF6-isolierte 220-kV-Schaltanlage montiert. Sie wurde in einer Felskaverne rund 2.5 km im Berginnern in der Nähe des Pumpspeicherwerks (PSW) Grimsel 2 untergebracht und 1979 in Betrieb genommen. Die Anlage mit Doppelsammelschienensystem umfasste sieben Schaltfelder, vier Maschinenfelder für das PSW Grimsel 2, ein Leitungsfeld für den Anschluss des benachbarten Kraftwerks Grimsel 1 sowie zwei Leitungsfelder für die Verbindung nach Innertkirchen. Die Verbindungen zu den beiden Kraftwerken Grimsel 1 und 2 sowie die 2.7 km lange Ausleitung zur Freileitung nach Innertkirchen wurden mit Öldruckkabel ausgeführt.

Seit sich der Betrieb des PSW Grimsel 2 als Folge des offenen Strommarkts stark intensiviert hatte, wurden vor allem die 220-kV-Leistungsschalter als

01 Neue 150/220-kV-Netzkupplungstransformatoren.
02 Alte 220-kV-GIS-Schaltanlage Grimsel (Foto Robert Bösch).

Grundriss der neuen 220-kV-GIS-Schaltanlage Grimsel.



Übersicht der 220-kV-GIS-Schaltanlage.

Ansicht der 220-kV-GIS-Schaltanlage.

Bei den Stauanlagen Mattenalp und Räterichsboden waren die Entlastungsorgane bzw. Teile davon zu knapp bemessen, um ein tausendjährliches Hochwasser abführen zu können.

Generatorschalter in den vier Maschinenfeldern durch den häufigen Pumpen- und Turbineneinsatz stark beansprucht. Die über 2000 Schaltzyklen pro Maschinenschalter und Jahr führten bei wichtigen mechanischen und elektrischen Komponenten der 220-kV-Leistungsschalter zu übermässigem Verschleiss und zu Einbussen in der Zuverlässigkeit. Analysen des allgemeinen Zustands hatten gezeigt, dass das Instandhalten der bestehenden GIS-Schaltanlage Grimsel u. a. wegen fehlender Ersatzteile nicht mehr gewährleistet war und die Anlage demzufolge ersetzt werden musste.

Die Schaltanlage Grimsel wurde durch eine neue, dem Stand der Technik entsprechende gasisolierte Schaltanlage (GIS) ersetzt. Da die bestehende Felskaverne ursprünglich für eine Schaltanlage für die beiden Pumpspeicherwerke Grimsel 2 und das nicht realisierte Grimsel 2 West gebaut worden war, konnte während der Montage und Inbetriebsetzung der neuen Schaltanlage die alte in Betrieb bleiben. Der Ersatz erfolgte so praktisch ohne Betriebsunterbrüche und Produktionsausfälle. Die bewährte Schaltanlagentopologie mit Doppelsammelschiene wurde beibehalten. Zur Verbesserung der Flexibilität und Verfügbarkeit im Kraftwerksbetrieb wurden zusätzlich eine Längstrennung für die Sammelschienen sowie eine Bypassverbindung für die beiden wichtigen Leitungsfelder der Energieableitung vorgesehen.

Für den Anschluss der Kabel an die neue GIS-Schaltanlage musste ein Teil der bestehenden Ölkabel ersetzt werden, da die Ölendverschlüsse nicht verwendet werden konnten und die Kabel wegen des neuen Standplatzes der Schaltanlage zu kurz waren. Bei den zwei Kabelausleitungen zur Freileitung an der Gerstenegg und bei der Kabelverbindung zum Kraftwerk Grimsel 1 wurden die ersten Teillängen von rund 500 m durch kunststoffisolierte Kabel ersetzt, ebenso die vier rund 350 m langen Kabelsysteme zu den Blocktransformatoren der vier Maschinengruppen im PSW Grimsel 2.

Der leittechnische Teil der neuen GIS-Schaltanlage musste einerseits die Anbindung an das bestehende Leittechniknetz der KWO sicherstellen. Anderseits mussten neben den üblichen Schaltanlagenfunktionen zusätzliche Steuerungs- und Schutzfunktionen im Zusammenhang mit den Maschinen des PSW Grimsel 2 integriert werden.

In den Ersatz der 220-kV-Schaltanlage Grimsel und in die erforderlichen Anpassungen an der 220-kV-Kabelanlage wurden 12 Mio. CHF investiert.

6. VERBESSERUNG DER HOCHWASSERSICHERHEIT BEI DEN STAUANLAGEN

Aufgrund einer Expertise aus dem Jahre 1983 zur Überprüfung der Ableitung eines tausendjährlichen Hochwassers wurde festgestellt, dass bei den Stauanlagen Mattenalp und Räterichsboden die bestehenden Entlastungsorgane bzw. Teile davon zu knapp bemessen waren, um ein tausendjährliches Hochwasser sicher und ohne Gefährdung der Stauanlagen abführen zu können. Weil das Grimsel-West-Projekt die Hochwasserprobleme generell zu einem grossen Teil gelöst hätte, wurden vorerst nur die Massnahmen ausgeführt, die auch bei einer Realisierung von Grimsel-West erforderlich gewesen wären. Die Aufsichtsbehörde des Bundes hatte jedoch festgelegt, dass ohne formellen Baubeschluss für Grimsel-West bis 1990 bei der Stauanlage Räterichsboden weitere Verbesserungsmassnahmen ausgeführt werden müssen.

Stauanlage Mattenalp (Foto Robert Bösch).

Verbesserung bei der Stauanlage Mattenalp 1986

Die Mattenalpsperre darf in keinem Fall überflutet werden, weil ihr rechter Flügel nicht auf Fels steht, sondern in die dort vorhandene Moräne eingebunden ist. Eine Überflutung der Krone würde zu Erosionsschäden im Moränenmaterial führen. Um die Sicherheit der Stauanlage zu gewährleisten, musste die Abflusskapazität der Hochwasserentlastung vergrössert werden. Dazu wurde 1986 ein vollständig neuer, von der Staumauer unabhängiger Hochwasserüberlauf im Bereich einer bestehenden kleinen Nebenmauer erstellt. Dieser Hochwasserüberlauf mit anschliessender Ablaufrinne wurde für eine Wassermenge von 80 m^3/s ausgelegt und konnte in seiner definitiven Form aus dem Fels ausgebrochen werden. Eine Betonverkleidung war nicht nötig.

Verbesserung bei der Stauanlage Räterichsboden 1986

Bei der Stauanlage Räterichsboden wurde 1986 als Übergangslösung bis zum Baubeschluss von Grimsel-West die Abflusskapazität des gemeinsamen Ablaufstollens von Grundablass und Saugüberfällen praktisch verdoppelt, indem der Stollendurchmesser von 3.30 m auf 4.20 m ausgeweitet wurde. Mit dieser Massnahme war es möglich, alle vier Saugüberfälle und den Grundablass in Betrieb zu nehmen.

Verbesserung bei der Stauanlage Räterichsboden 1996–2000

Da bis 1990 formell kein Baubeschluss zum Projekt Grimsel-West vorlag, wurden bei der Stauanlage Räterichsboden weitere Massnahmen für die Hochwassersicherheit notwendig. Aufgrund der Hochwasserereignisse im Jahr 1987 und neuer Erkenntnisse in der Hydrologie verlangte die Aufsichtsbehörde des Bundes die Überarbeitung der Expertise von 1983. Neue Vorgaben bezüglich der Abflussraten sowie eine zusätzliche Forderung, ein sogenannt «grösstmögliches Hochwasser», das 1.5-mal so gross wie das tausendjährliche Hochwasser angenommen wird, zu beherrschen, mussten berücksichtigt werden. Beim grösstmöglichen Hochwasser darf die Mauer bis zu einer gewissen Gefahrenkote überströmt und alle technisch vorhandenen Hochwasserentlastungsmöglichkeiten dürfen eingesetzt werden. Für die Stauanlage Räterichsboden wurden ein tausendjährliches Hochwasser von 200 m^3/s und ein grösstmögliches von 390 m^3/s festgelegt. Die 1986 sanierten Hochwasserentlastungen, die vier Saugüberfälle und der Grundablass, können lediglich 130 m^3/s abführen.

Diese Situation erforderte für die Stauanlage Räterichsboden eine neue Hochwasserentlastung. Hierfür wurde auf der Felsrippe in der linken Flanke wasserseits der Staumauer ein Halbtrichter mit einem Durchmesser von 24 m erstellt. Das Überfallbauwerk wurde in Stahlbeton direkt an das Mauerparament angebaut. An dieses anschliessend wurde im Fels auf der linken Talflanke ein Stollen ausgebrochen, der das überfallende Wasser vom Halbtrichter zurück ins Aarebett führt. Der Stollenauslauf, der rund 55 m talwärts des Auslaufstollens für Saugüberfälle und Grundablass liegt, wurde im Tagbau mit verkleidetem Rechteckprofil erstellt.

Zusätzlich waren weitere Ergänzungs- und Instandhaltungsarbeiten erforderlich:

– Zur Verhinderung einer Überflutung im extremen Hochwasserfall mussten im Bereich des rechten Mauerflügels die seeseitigen Moellons durch Betonriegel ersetzt werden.

Stauanlage Räterichsboden (Foto Schweizer Luftwaffe).

Überfalltrichter Räterichsboden (Foto Robert Bösch).

- Zum selben Zweck wurde im Bereich der Gerstenbachbrücke auf der Seeseite der Grimselstrasse ein rund 22 m langer Betonriegel erstellt.
- Bei den Saugüberfällen mussten Betonschäden repariert und im Zusammenhang mit der neuen Hochwasserentlastung die Belüftung angepasst werden.
- Für eine allfällig notwendige Bemannung der Räterichsbodensperre bei einem Hochwasserereignis musste im Bereich der Mauerkrone ein Unterstand für das Überwachungspersonal erstellt werden.

In die Verbesserung der Hochwassersicherheit bei den Stauanlagen Mattenalp und Räterichsboden wurden gesamthaft über 8 Mio. CHF investiert.

7. SANIERUNG VON TRIEBWASSERSYSTEMEN

Triebwassersystem Räterichsboden–Handeck 2/3

Das Triebwassersystem der Kraftwerke Handeck 2 und 3 stammt wie das Kraftwerk Handeck 2 aus den Jahren 1947 bis 1950. Die EMPA überprüfte 1985 den Korrosionsschutz im Druckschacht und empfahl, eine Sanierung in absehbarer Zeit vorzunehmen. Nach betrieblichen Abklärungen wurde beschlossen, eine Korrosionsschutzerneuerung in zwei Etappen 1991 und 1992, jeweils von Mitte Januar bis Mitte Mai, durchzuführen. Während der zwei Gesamtabstellungen von Handeck 2 und 3 und der Entleerung des Räterichsbodensees in der ersten Etappe wurden gleichzeitig noch die folgenden Reparatur-, Revisions- und Sanierungsarbeiten ausgeführt:

- Revision und Sanierung der beiden Drosselklappen Räterichsboden und Handeckfluh mit Ersatz des Antriebs und der Steuerung, damit die Klappen einer möglichen Rohrbruchwassermenge von 75 m^3/s genügen;

Die Sanierung von Triebwassersystemen umfasste in der Regel auch die Erneuerung oder den Ersatz von Abschlussorganen.

– Revision und Sanierung des Kugelschiebers der Isogyre-Pumpturbine im Kraftwerk Handeck 3;
– Reparaturarbeiten im Druckstollen Räterichsboden–Handeckfluh sowie im Zulaufstollen Grubenbach–Handeckfluh;
– Ausräumen der Schutt- und Schlammablagerungen aus den unterirdischen Reservoirkammern des Kraftwerks Handeck 2.

Damit all diese Arbeiten in zwei kurzen Etappen in den Wintern 1991 und 1992 an zum Teil schwer zugänglichen und lawinengefährdeten Standorten durchgeführt werden konnten, mussten entsprechende Installationsvorbereitungen und Sicherungsmassnahmen getroffen werden:
– In der Drosselklappenkammer Räterichsboden wurde ein Kran mit 20 t Tragkraft eingebaut.
– Die Handeckfluh auf ca. 1700 m ü. M. diente in beiden Wintern als Installations- und Montageplatz und konnte im Winter nur durch den gut 3 km langen Druckstollen von der Gerstenegg her erreicht werden. Notwendiges Material und Geräte mussten daher jeweils bis im Herbst mit der Standseilbahn transportiert und vorgelagert werden.
– Die Fassungen Mattenalp, Ärlenbach und Grubenbach wurden vor Wintereinbruch geöffnet und das Wasser abgeleitet. Da Lawinenniedergänge diese Abflüsse kurzfristig verhindern konnten, musste eine Überwachung installiert werden, um eine rechtzeitige Alarmierung der Montageequipen im Stollen und im Schacht sicherzustellen.
– Da im Winter die nächste Unterkunfts- und Verpflegungsmöglichkeit in Guttannen nur über lange, bei Lawinengefahr sogar gesperrte Arbeitswege zu erreichen war, wurde das Grimsel Hospiz unter der KWO-Hotelleitung als Baukantine betrieben.
– Für den Arbeitsweg benutzte das Montagepersonal (ca. 30 Mann) die Seilbahn vom Hospiz in die Zentrale Grimsel 1 und von da den Bus durch die bestehenden Stollen bis Gerstenegg. Der weitere Weg durch den Druckstollen bis Handeckfluh wurde auf Fahrrädern zurückgelegt, die extra dafür angeschafft wurden.

Für die Arbeiten im ersten Winter musste der Räterichsbodensee entleert werden und von Mitte Januar bis Mitte April leer bleiben. Der Grundablass blieb während dieser Zeit geöffnet. Die Seeentleerung erforderte entsprechende Massnahmen zum Schutz des Fischbestands in der Aare. Bei der Restentleerung und während der Offenhaltung des Grundablasses war das abfliessende Wasser stark mit Sedimenten belastet, die den Fischbestand ohne entsprechende Massnahmen beschädigt hätten. Gemäss Absprache mit dem kantonalen Fischereiinspektorat und unter Begleitung und Überwachung durch einen Fischereibiologen wurden deshalb folgende Massnahmen ergriffen:
– Der Aareabschnitt zwischen Räterichsboden und Handeck wurde im Herbst 1990 ausgefischt.
– Das Wasser im als gutes Fischgewässer bekannten Aareabschnitt zwischen Handeck und Innertkirchen wurde je nach Trübungsintensität des anfallenden Wassers aus dem Räterichsboden über das Kraftwerk Handeck 1 mit Frischwasser aus dem Gelmersee verdünnt. Dadurch konnten die Verluste am Fischbestand auf diesem Aareabschnitt weitgehend vermieden werden.
– Nach Abschluss dieser Entleerungsphase wurde das Aarebett zwischen Räterichsboden und Innertkirchen intensiv gespült.

Zur Verdünnung des Aarewassers und zur Ausspülung des Aarebettes waren ein paar Millionen Kubikmeter Wasser aus dem Gelmer- bzw. nach dem Wiederaufstau aus dem Räterichsbodensee erforderlich.

Triebwassersystem Grimsel-Gelmer

Der Wassernachschub Grimsel–Gelmer, Grimsel–Räterichsboden und Grimsel–Oberaar erfolgt über die Regulierkammer Grimsel, die sich in einer Kaverne unter dem Grimsel-Nollen befindet. An den Installationen der Regulierkammer (Abschlussorgane und Panzerungen) sowie an der Revisionstafelschütze beim Gelmersee, alles Komponenten aus der Anfangszeit der KWO, waren Sanierungs- und Erneuerungsarbeiten nötig. Diese begannen 1997 und erforderten zweimal eine vollständige Entleerung des Grimselsees, die erste im März 1999 und die zweite von Mitte Februar bis Mitte Mai 2000. Die Arbeiten verteilten sich auf die Standorte:

Gelmersee
Der 5 km lange Verbindungsstollen Grimsel–Gelmer kann vor der Einmündung in den Gelmerstausee mit einer Revisionstafelschütze geschlossen werden. Diese war unter Gelmerseedruck stark undicht. So musste bei Instandhaltungsarbeiten in der Regulierkammer oder im Verbindungsstollen der Gelmersee jedes Mal abgesenkt werden. Das wäre auch für die länger dauernden Sanierungs- und Erneuerungsarbeiten in der Regulierkammer der Fall gewesen. Deshalb wurde zuerst die Tafelschütze beim Gelmersee ersetzt.

Regulierkammer Grimsel
Die Sanierung und Erneuerung umfasste den Ersatz der Abschlussorgane. Dazu brauchte es zuerst Anpassungen der Infrastruktur und Vorbereitungen für die

Zugang zur Schützentafel Gelmer der Verbindung Grimsel–Gelmer.

Lagerkaverne vor der Regulierkammer.

Neue Abschlussorgane in der Regulierkammer.

Grimselsee-Entleerung über Grundablass Spitallamm.

Grimselsee-Entleerung Winde zum Betriebseinlauf.

Wintermontage. Der bestehende Zugangsstollen zur Regulierkammer war zu klein und musste ausgeweitet werden. Damit alles Material für die Wintermontage vorgelagert werden konnte, wurde im Zugangsbereich zur Regulierkammer eine Lagerkaverne von 30 m Länge, 7 m Breite und 8 m Höhe ausgebrochen und mit einem 20-t-Kran ausgerüstet. Um einen genügend grossen Montageplatz zu erhalten, wurde die Regulierkammer um rund 2 m verlängert.

Mit Ausnahme einer Drosselklappe, die 1976 für die neue 7-MW-Turbine des Kraftwerks Grimsel 1 eingebaut worden war, mussten alle Anlageteile in der Regulierkammer ersetzt werden. Grimselseeseitig wurden zwei neue Drosselklappen und gelmerseeseitig zwei Kugelschieber inkl. der anschliessenden Rohrteile eingebaut. Die Kugelschieber ermöglichen das Öffnen und Schliessen der Verbindung Grimsel–Gelmer unter Strömung. Zudem wurde für einen späteren Einbau einer Turbine zur Ausnützung des Gefälles zwischen Grimsel- und Gelmersee ein entsprechender Anschluss eingebaut.

Grimselsee

Die für die Regulierkammersanierung unumgänglichen Grimselsee-Entleerungen ergaben die Möglichkeit, auch die bestehenden Mängel an den grimselseeseitigen Anschlüssen zu beheben.

Der Kiessammler im Betriebseinlauf zur Regulierkammer war mit Kies gefüllt und musste gereinigt werden. Um das Eindringen von Grobkies in die Spülleitung zu verhindern, wurde ein Seiher montiert. Im Umleitstollen war die Revisionsschütze undicht, die metallische Dichtung musste wieder instand gestellt werden. Ebenso musste der Keilschieber aus dem Jahr 1928 revidiert und der Rostschutz der seeseitigen Panzerungen erneuert werden. Die Revisionsschützen der beiden Mauergrundablässe Seite Juchli und Nollen waren ebenfalls stark undicht und mussten revidiert werden.

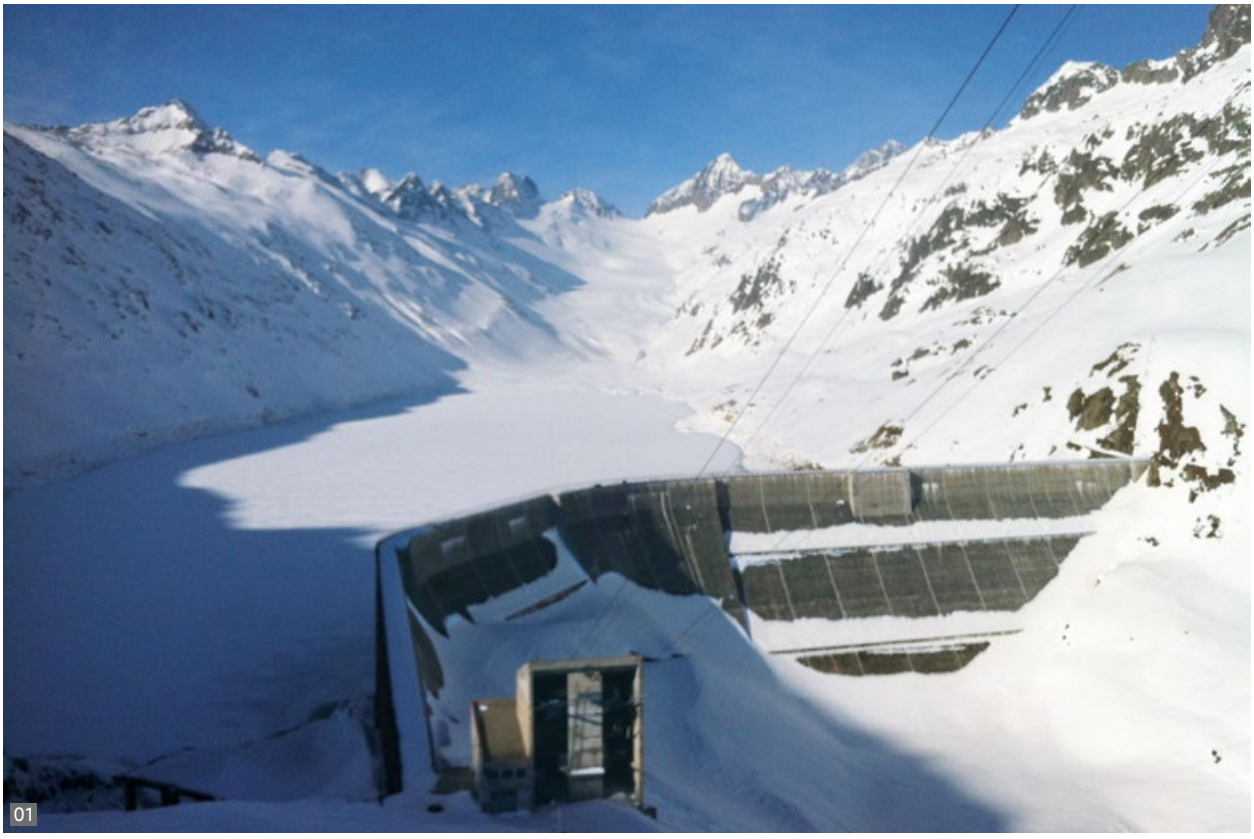
Während der Sanierungsarbeiten an den grimselseeseitigen Anschlüssen stand das Grimselseeniveau auf ca. 1820 m ü. M., der Zufluss wurde über den Spülstollen abgeleitet. Die Einläufe der Mauergrundablässe waren somit etwa 8 Meter eingestaut, sodass mithilfe von Tauchern und der bestehenden Windenanlage vor dessen Einläufen Schützentafeln eingefahren werden mussten.

Triebwassersystem Oberaar–Grimsel 1

Über die 34-MW-Doppelpeltonturbine im Kraftwerk Grimsel 1 wird Wasser vom Oberaarsee in den Räterichsbodensee abgearbeitet. Zum Triebwassersystem gehören die Drosselklappe im Betriebseinlauf in der Staumauer Oberaar, der Druckstollen Oberaar–Hausenegg, das Wasserschloss und die Sicherheitsdrosselklappe in der Hausenegg etwa 600 Meter westlich der Grimselpasshöhe sowie der gepanzerte Druckschacht, der von der Hausenegg unter dem Grimselsee durch zum Kraftwerk Grimsel 1 führt. Alle Komponenten dieses Triebwassersystems stammten aus den Jahren 1950 bis 1954 und bedurften einer umfassenden Revision und Sanierung.

Die Drosselklappe Oberaar wies nebst sicherheitstechnischen Mängeln eine starke Undichtheit in der Geschlossenlage auf. Eine Revision vor Ort war praktisch unmöglich und hätte zudem die Abstellzeit massiv verlängert. Druckstossberechnungen haben damals ergeben, dass in der Oberaar eine neue Drosselklappe als Sicherheitsorgan für den Erstabschluss eingesetzt werden konnte. Die Drosselklappe in der Hausenegg musste in Zukunft erst schliessen, nachdem die Klappe Oberaar geschlossen war. Augrund

01 Stauanlage Oberaar im Winter.
02 Stauanlage Oberaar, Grundablass.
03 Bergstation Sidelhornbahn und Zugang Wasserschloss Hausenegg.
04 Zugangsstollen zum Wasserschloss und Drosselklappenkammer Hausenegg.



Zur Sicherstellung der von der KWO geforderten Regelenergie musste oft wertvolles Speicherwasser aus den Stauseen abgearbeitet werden.

dieses Sicherheitskonzepts musste die Drosselklappe Hausenegg nicht komplett saniert werden, und es genügte eine kleine Revision.

Nach den umfassenden Vorbereitungen begannen die Arbeiten im Februar 2004 und dauerten bis zum August des gleichen Jahres. Im Wesentlichen wurden während dieser Zeit folgende Sanierungs- und Erneuerungsarbeiten durchgeführt:

- Sanierung des Windenliftes sowie diverser Hilfszüge in der Staumauer Oberaar;
- Modernisierung inkl. neuer Steuerung des Brückenlaufkrans in der Drosselklappenkammer;
- Ersatz der Drosselklappe Oberaar und Erneuerung der Steuerung;
- Sanierung der Revisionsschütze im Grundablass der Stauanlage Oberaar;
- Revision der Drosselklappe Hausenegg mit Erneuerung der Steuerung;
- Erneuerung der leittechnischen Anlagen und der Niederspannungsinstallationen in den Drosselklappenkammern Oberaar und Hausenegg;
- Erneuerung des Korrosionsschutzes im Betriebseinlauf und im Grundablass in der Oberaar;
- Erneuerung des Korrosionsschutzes in der Druckschachtpanzerung von der Hausenegg bis zum Kraftwerk Grimsel 1.

Als die Oberaarmaschine im Kraftwerk Grimsel 1 für den Wassernachschub vom Oberaarsee in den Räterichsbodensee wieder zur Verfügung stand, konnte im Zusammenhang mit dem KWO-plus-Projekt Teil 2 (Kapitel F, Abschnitt 6) mit den Demontagearbeiten an der 7-MW-Turbinengruppe Grimsel begonnen werden.

Die Sanierung der drei Triebwassersysteme verursachte Kosten von insgesamt 17 Mio. CHF.

8. LEISTUNGSREGULIERTER PUMPBETRIEB IM PUMPSPEICHERWERK GRIMSEL 2

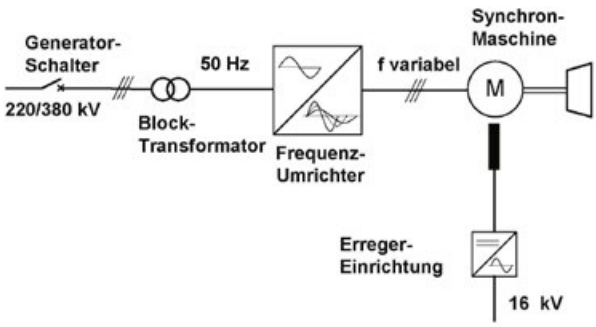
Zur Sicherstellung der von der KWO geforderten Regelenergie musste oft wertvolles Speicherwasser aus den Stauseen abgearbeitet werden. Mit einem leistungsregulierten Pumpbetrieb konnte dieser Verlust an Speicherwasser reduziert werden. Ende 2009 wurde deshalb für eine Maschinengruppe im Pumpspeicherwerk (PSW) Grimsel 2 ein entsprechendes Projekt in Angriff genommen.

Für eine Leistungsregulierung im Pumpbetrieb gibt es zwei Möglichkeiten: den hydraulischen Kurzschluss oder den drehzahlvariablen Antrieb. Ersterer war im PSW Grimsel 2 aus verschiedenen Gründen nicht möglich. Somit musste die Leistungsregulierung im Pumpbetrieb mit einem drehzahlvariablen Antrieb gelöst werden. Durch Variation der Drehzahl kann die von der Pumpe aufgenommene Leistung entsprechend geändert werden. Für eine solche Drehzahlvariation gibt es grundsätzlich zwei Konzepte:

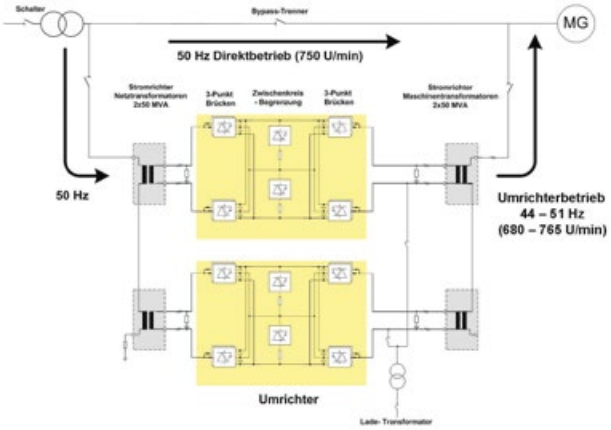
- die doppelt gespeiste Asynchronmaschine mit einem Umrichter von ungefähr 30 % der Maschinenleistung im Rotorstromkreis,
- die Synchronmaschine mit einem Umrichter im Hauptstromkreis, welcher der vollen Maschinenleistung entspricht.

Die doppelt gespeisten Asynchronmaschinen grosser Leistung begann man um die Jahrtausendwende in Pumpspeicherwerken einzusetzen, beispielsweise beim PSW Goldisthal in Deutschland mit zwei drehzahlvariablen 300-MW-Maschinensätzen. Das war auch noch Stand der Technik, als die beiden Pumpspeicherwerke Linth-Limmern im Kanton Glarus und Nante de Drance im Kanton Wallis gebaut wurden.

Prinzipschema der Drehzahlregulierung Maschine 1 im PSW Grimsel 2.



Schema des 100-MW-Frequenzumrichters für die Drehzahlregulierung.



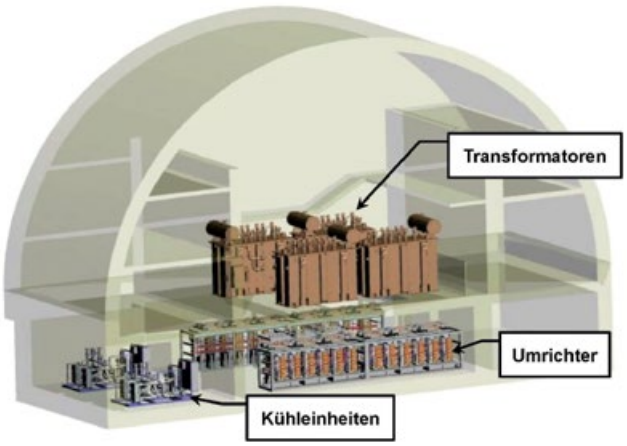
Ein wesentlicher Nachteil dieser Lösung ist der komplizierte Aufbau des Rotors der Asynchronmaschine. So stösst man vor allem bei der Abstützung der Rotorwicklungsenden zur Beherrschung der Zentrifugalkräfte an konstruktive Grenzen. Ausserdem wurde der Vorteil der kleineren Umrichterleistung durch die Forderung der Netzbetreiber zur Lieferung von Blindleistung bei Unterspannung teilweise aufgehoben.

Durch die Fortschritte in der Stromrichtertechnik konnten zusehends Frequenzumrichter mit höherer Leistung und zu tieferen Einheitskosten (CHF/MW) gebaut werden, sodass für die drehzahlvariablen Antriebe in den Pumpspeicherwerken die viel einfacheren und kostengünstigeren Synchronmaschinen eingesetzt werden konnten. Die weiteren Vorteile dieser Lösung sind:

– Die Synchronmaschine mit Vollumrichter läuft immer mit cos φ = 1 und kann entsprechend kleiner dimensioniert werden.
– Es braucht keine Brems- und bei einer reversiblen Pumpturbine auch keine Polumschalteinrichtung.
– Die netzseitige Blindleistung liefert der Umrichter. Der Phasenschieberbetrieb ist somit ohne Betrieb der Maschinengruppe möglich, was für einen Dreimaschinensatz wie im PSW Grimsel 2 bezüglich Instandhaltung nicht unerheblich ist.
– Der Umrichter mit der vollen Maschinenleistung kann die Anforderungen der Netzbetreiber in der Regel gut erfüllen.
– Das Anfahren und Umschalten der Maschinengruppe ist einfacher und schneller.

Wasserkraftwerke sind fast ausschliesslich mit Synchronmaschinen ausgerüstet, so auch die Motorgeneratoren im PSW Grimsel 2. Deshalb kam nur die Variante mit einem Frequenzumrichter, entsprechend der Maschinenleistung einem sogenannten Vollumrichter, infrage. Dabei wurde eine Umrichterschaltung gewählt, die es erlaubte, die gesamte bestehende Maschinengruppe Nr. 1 ohne Anpassungen weiterzuverwenden. Das hatte den Vorteil, dass die Maschinengruppe bei einer allfälligen Störung im Umrichter wie bisher weiterbetrieben werden konnte. Die bestehende Synchronmaschine mit der Nenndrehzahl von 750 min^{-1} arbeitet seither im Pumpbetrieb von 690 bis 765 min^{-1}, entsprechend einem Frequenzbereich von 46 bis 51 Hz. Im Turbinenbetrieb läuft die Maschine mit der Nenndrehzahl, da eine drehzahlvariable Turbine nur bei stark schwankender Fallhöhe sinnvoll ist, was im PSW Grimsel 2 nicht zutrifft. Der gemessene Wirkungsgrad beträgt 97.2 % bei 100 MW netzseitiger Umrichterleistung. Mit einer Leistung von 100 MW war das zu dieser Zeit der grösste Umrichter, der in einem Wasserkraftwerk eingesetzt wurde.

Der Umrichter wurde im Bereich der Traforevisionshalle in der Nähe der Maschinengruppe 1 aufgestellt. Auf der Ebene Maschinensaal wurden die Umrichtertransformatoren und im Untergeschoss die Komponenten der Leistungselektronik des Frequenzumrichters aufgestellt. Zwei Elemente des Projekts «Erneuerung PSW Grimsel 2», nämlich die Leittechnik und der Spannungsregler der Maschine 1, mussten gemeinsam mit dem Projekt des drehzahlvariablen



Disposition der Umrichteranlage im PSW Grimsel 2.

Pumpenantriebs realisiert werden. Auch die Inbetriebsetzung des Schaltfeldes «Maschinengruppe 1» musste beim Ersatz der 220-kV-GIS-Schaltanlage Grimsel mit den Arbeiten am drehzahlvariablen Pumpenantrieb koordiniert werden.

In die Umrüstung der Maschinengruppe 1 auf drehzahlvariablen Pumpenantrieb mit einem Regelband von ungefähr 50 MW wurden 21 Mio. CHF investiert.

9. ERNEUERUNG DES PUMPSPEICHERWERKS GRIMSEL 2

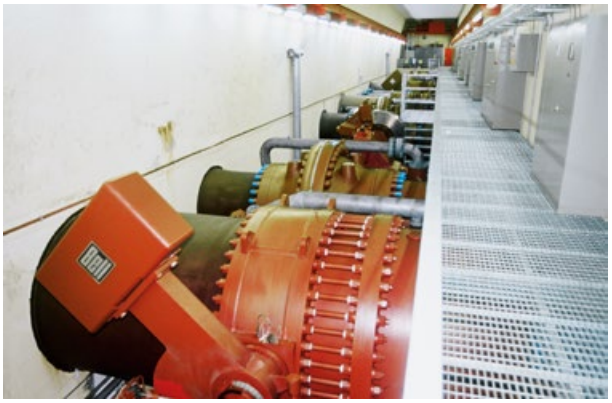
Das Pumpspeicherwerk (PSW) Grimsel 2 wurde in den Jahren 1973 bis 1980 gebaut. Die installierte Turbinenleistung der vier Dreimaschinensätze mit Turbine, Pumpe und Motor/Generator beträgt 350 MW. Das PSW Grimsel 2 produziert im Jahr durchschnittlich rund 500 GWh, den grössten Teil davon durch Wasserumwälzung zwischen Grimsel- und Oberaarsee und einen kleineren Teil durch Abarbeitung des Speichers Oberaarsee. Die gesamte Ausrüstung des PSW Grimsel 2 war noch im Originalzustand aus den Siebzigerjahren, und für viele Komponenten war die Instandhaltung nicht mehr gewährleistet.

Mit dem Erneuerungsprojekt sollten folgende Ziele erreicht werden:
– Sicherstellung einer hohen Verfügbarkeit;
– Reduktion des Instandhaltungsaufwands;
– Lebenserwartung der erneuerten Primäranlagen von 40 Jahren;
– Lebenserwartung der erneuerten Sekundär- und Leittechnikanlagen von 20 Jahren;
– Umsetzung der Sicherheitskonzepte für den Objekt- und Personenschutz (Haustechnik, Brandmelde- und Brandschutzanlage);
– Optimierung der Betriebsflexibilität mit einer geeigneten Kraftwerksleittechnik;
– Berücksichtigung der geplanten Erhöhung des Grimselsees. Eine spätere Anpassung wäre mit erheblichem Aufwand verbunden gewesen;
– Gewährleistung eines sicheren Betriebs mit drei Maschinen während der ganzen Erneuerungsphase.

Es ergaben sich folgende Schwerpunkte beim Erneuerungsbedarf:

Triebwassersystem

An den beiden grossen Sicherheitsdrosselklappen mit einem Tellerdurchmesser von 3.90 m, oberwasserseitig im Kessiturm und unterwasserseitig in der Nähe der Zentrale, waren keine grossen Revisionsarbeiten erforderlich. Hingegen mussten die leit- und haustechnischen Anlagen komplett ersetzt werden. Die Revision der grossen Seeabschlussdrosselklappe (Tellerdurchmesser 5.0 m) in der Oberaar sowie die Korrosionsschutzerneuerung im Druckschacht wurden im Hinblick auf den Bau des geplanten PSW Grimsel 3 vorerst zurückgestellt.



Schieberkammer PSW Grimsel 2.

Maschinenabschlussorgane

Die acht unterwasserseitigen Maschinenabschlussorgane (Drosselklappen) wurden einer Generalrevision unterzogen. Die acht oberwasserseitigen Maschinenabschlussorgane (Kugelschieber) waren bereits früher generalrevidiert worden.

Turbinen, Turbinenregler und Pumpen

An den vier Turbinen und Pumpen war eine umfassende Generalrevision durchzuführen. Der elektronische und der hydraulische Teil der Turbinenregler hatten das Ende ihrer Lebensdauer erreicht und mussten mangels Ersatzteilen komplett erneuert werden.

Lagerölversorgungen

Aufgrund fehlender Ersatzteile mussten auch die gesamten Lagerölversorgungen inklusive der Wärmetauscher ersetzt werden.

Kühlwassersystem

Die verzinkten Stahlleitungen waren stark korrodiert und wurden durch solche aus Kunststoff ersetzt. Zusätzlich wurde die Kühlwasserversorgung so aufgeteilt, dass seither bei Instandhaltungsarbeiten am Kühlsystem ein Betrieb mit zwei Maschinen möglich ist.

Generatoren und Generatorableitungen

An den Generatoren wurden eine Teilrevision und eine gründliche visuelle Kontrolle durchgeführt. Im Weiteren waren einige Nachverkeilungen der Statorwicklung erforderlich, und ein paar Wickelkopfabstützungen der Rotorwicklung mussten instand gesetzt werden. Die isolierten 13.5-kV-Generatorableitungen (Durescaschienen) mussten aufgrund der Messresultate nicht ersetzt werden. Die dazugehörenden Hochstrom- und Kurzschlusstrenner konnten nach einer umfassenden Revision auch noch weiterverwendet werden.

Erregereinrichtung und Spannungsregler

Die statischen Erregereinrichtungen entsprachen noch dem Stand der Technik aus den Anfangszeiten der Leistungselektronik. Für die Instandhaltung gab es schon länger keine Lieferantenunterstützung mehr, und demzufolge war eine Gesamterneuerung zwingend. Das Prinzip der statischen Erregung wurde beibehalten. Auch die analog elektronischen Spannungsregler hatten das Ende ihrer technischen Lebensdauer erreicht und wurden durch digitale Regler ersetzt.

Maschinentransformatoren

An den vier 100-MVA-Maschinentransformatoren war bloss eine Teilrevision notwendig. Hingegen mussten die Steuer- und Überwachungsapparate sowie die Öl-Wasser-Wärmetauscher ersetzt werden.

Leittechnik (Schutz-, Mess- und Steuereinrichtung)

Die Leittechnik wurde komplett erneuert und hinsichtlich Modularität, Struktur und Prozessanbindung analog zu den damals bereits ausgeführten Anlagen in den Kraftwerken Innertkirchen 1, Grimsel 1 und Handeck 2 aufgebaut. Das Kommunikationsnetzwerk musste entsprechend angepasst und erweitert werden.

< Maschinensaal PSW Grimsel 2.

Eigenbedarf und Haustechnik

Die 16-kV-Schaltanlage im PSW Grimsel 2 ist ein wichtiger Knotenpunkt im Eigenbedarfsnetz der KWO und zudem für die Generatoren des Grimsel 2 wesentlich, da diese ab dem 16-kV-Netz fremd erregt werden. Die Schaltanlage entsprach nicht mehr den aktuellen Anforderungen betreffend Personen- und Anlagenschutz, ein Ersatz war notwendig. Die Niederspannungsverteilungen wurden erneuert, die Aufteilung auf die Verbraucher aufgrund der Erfahrungen verbessert und wo nötig mit Fehlerstromschutz ausgerüstet.

Anlagen für Klima und Lüftung, Licht und Notbeleuchtung wurden insbesondere unter Berücksichtigung der zu erwartenden Lebensdauer revidiert, ergänzt oder erneuert. Die eigentliche Klimazentrale wurde nur im notwendigen Umfang revidiert, jedoch noch nicht erneuert. Diese muss beim Bau des geplanten PSW Grimsel 3 ersetzt und die Frischluftzufuhr neu gestaltet werden.

Brandschutz

Seit dem Bau des PSW Grimsel 2 in den Siebzigerjahren wurden die Brandschutzvorschriften im Hinblick auf den Personen- und Anlagenschutz wesentlich umfangreicher. Die erforderlichen Massnahmen und Verbesserungen waren vielfältig und haben sich über mehrere Teilprojekte des gesamten Erneuerungsprojekts verteilt. Sie umfassten im Wesentlichen:

- Ersatz der Kabel durch solche in flammwidriger und halogenfreier Ausführung;
- Einbau zahlreicher Brandschutzklappen;
- Ergänzung der Brandmeldeanlage;
- Ersatz der CO_2-Brandlöschanlagen durch Inertgas-Anlagen;
- bauliche Anpassungen mit zusätzlichen Türen aufgrund der geforderten Brandabschnitte.

Ausschreibungen und Evaluationen für die Erneuerung des PSW Grimsel 2 erfolgten ab November 2010 und die Wiederinbetriebnahmen der Maschinen 1 bis 4 jeweils im Sommer und Herbst 2012 bis 2015. Die Termine mussten auf die Projekte «Leistungsregulierung im Pumpbetrieb für das PSW Grimsel 2» und «Neue 220-kV-Schaltanlage Grimsel» abgestimmt werden. In die Erneuerung des PSW Grimsel 2 wurden 43.5 Mio. CHF investiert.

10. ERNEUERUNG DES KRAFTWERKS HANDECK 2

Die vier Peltonturbinen im Kraftwerk Handeck 2 haben eine installierte Gesamtleistung von 136 MW und produzieren im Mittel 220 GWh pro Jahr. Das Kraftwerk liefert einen wesentlichen Anteil am Wassernachschub für die Stufe Handeck–Innertkirchen. Eine hohe Verfügbarkeit dieses Kraftwerks war deshalb immer von zentraler Bedeutung.

Maschinensaal Kraftwerk Handeck 2 (Foto Robert Bösch).

01 Umbau der Turbineneinläufe.
02 Alte 13.5-kV-Maschinenschaltanlage.
03 Neue 13.5-kV-Maschinenschaltanlage.

Mit Ausnahme der Leit- und Fernwirktechnik, die für die Automatisierung 1975/76 erneuert wurde, sowie des Umbaus auf 220 kV (Kapitel A, Abschnitt 3), wurden keine grösseren Erneuerungen und Ersatzmassnahmen umgesetzt. Am über 50-jährigen Kraftwerk hatten wichtige Maschinen- und Anlageteile das Ende ihrer Lebensdauer erreicht. Die Ziele der Erneuerung waren, die hohe Verfügbarkeit des Kraftwerks Handeck 2 langfristig sicherzustellen, eine Hochlaufzeit der Maschinen von max. 5 Minuten zu erreichen, die Sicherheitskonzepte bezüglich Personen- und Objektschutz umzusetzen und den Instandhaltungsaufwand zu reduzieren.

Das gesamte Triebwassersystem des Kraftwerks Handeck 2 wurde nicht in das Projekt einbezogen, weil geplant war, die notwendigen Erneuerungen dieser Anlageteile im Tandemprojekt vorzunehmen. Der Schwerpunkt des Erneuerungsbedarfs lag bei der elektromechanischen Ausrüstung der Kraftwerkszentrale. Hier mussten wichtige Anlageteile wie die Generatorwicklungen (Stator und Rotor), die Generatorschaltanlagen mit den Generatorschaltern und Trennern, die Erregungs- und Spannungsreglersysteme, die 16-kV- und NS-Eigenbedarfsanlagen, die Schutz- und Leitsysteme, die Turbinenregler, die Düsenverstellsysteme, die Elektroinstallationen, die Lüftungsanlage, die Brandschutz- und Brandmeldeanlagen komplett erneuert werden. Bauliche Massnahmen umfassten primär Anpassungen oder Erweiterungen bestehender Räumlichkeiten sowie Verbesserungen des Brandschutzes durch Brandabschnitte.

Im Gegensatz zu vergleichbaren Erneuerungsprojekten in anderen Hochdruckkraftwerken wurden die bestehenden Maschinen und Abschlussorgane weiterverwendet und nicht komplett ersetzt. Dank der soliden Bauweise und der gut erhaltenen Substanz

Die Erneuerungsmassnahmen wurden in zwei Etappen von März 2009 bis Juni 2011 ausgeführt, sodass keine Wasserverluste entstanden.

konnte die Erneuerung der bestehenden Maschinen kostengünstig realisiert werden. Der komplette Ersatz einer Maschinengruppe (Turbine und Generator) hätte ungefähr dreimal so hohe Kosten verursacht.

Die Erneuerungsmassnahmen wurden in zwei Etappen von März 2009 bis Juni 2011 ausgeführt, sodass keine Wasserverluste entstanden. Investiert wurden in die Erneuerung des Kraftwerks Handeck 2 rund 34 Mio. CHF.

11. ERNEUERUNG DES KRAFTWERKS HANDECK 1

Das Kraftwerk Handeck 1 wurde in den Jahren 1925 bis 1932 zusammen mit den Stauanlagen Grimsel und Gelmer gebaut und ist somit die älteste Kraftwerksanlage der KWO. Bis zur Stilllegung und Erneuerung von zwei Maschinengruppen betrug die installierte Gesamtleistung der vier Peltonturbinen 100 MW und die durchschnittliche Jahresproduktion erreichte rund 200 GWh. Einige Teile der Kraftwerksausrüstung waren immer noch im Originalzustand. Gewisse Komponenten hatten jedoch das Ende ihrer Lebensdauer erreicht und mussten ersetzt, erneuert und modernisiert werden.

Maschinensaal Kraftwerk Handeck 1 (Foto Robert Bösch).

Schieberkammer Kraftwerk Handeck 1.

Bisher stammten rund 75 % des verarbeiteten Wassers im Kraftwerk Handeck 1 aus dem Grimselsee und etwa 25 % aus dem Einzugsgebiet des Gelmersees. Mit der Inbetriebnahme des Tandemprojekts geht der Anteil des Grimselseewassers stark zurück, weil das Wasser vom Grimselsee zum grössten Teil über die neue Grimselmaschine im Kraftwerk Grimsel 1 (KWO plus Teil 2) und den Tandemstrang mit wesentlich besserem Wirkungsgrad (kein Gefällsverlust Grimsel–Gelmer) abgearbeitet wird. Im Handeck 1 genügen deshalb in Zukunft zwei Maschinen. Folgerichtig wurde nebst den Allgemein- und Eigenbedarfsanlagen nur an zwei Maschinengruppen eine Erneuerung durchgeführt. Zwei Maschinen wurden stillgelegt.

Die Erneuerung umfasste folgende Arbeiten:
- Im Triebwassersystem wurden beim Gelmersee die Hydraulikaggregate der Drosselklappe und des Grundablasses inkl. Steuerung und Leittechnik zur Anbindung an das Leittechniknetz sowie die Seestandmessungen ersetzt.
- Die Kugel- und Keilschieber von zwei Maschinengruppen wurden durch neue Kugelschieber mit Betriebs- und Revisionsdichtung ersetzt. Diejenigen der stillzulegenden zwei Maschinengruppen wurden demontiert und an dessen Stellen Abschlussdeckel montiert.
- An den zwei Turbinen wurde eine Generalrevision durchgeführt, und die Turbinenregler wurden komplett ersetzt.
- Die Lagerölversorgungen mit den Wärmetauschern wurden ersetzt.
- Die Generatorkühler und die Abschlussventile wurden erneuert.
- Die Kühl- und Löschwasserleitungen aus Stahl wurden durch Kunststoffrohre ersetzt.
- Um die Kohlenstaubprobleme in den Griff zu bekommen, wurden die zwei Generatoren auf bürstenlose Erregung umgebaut und mit neuen Spannungsreglern ausgerüstet.
- An der Generatorschaltanlage wurden einzelne Komponenten ersetzt oder revidiert.
- Die Schutz- und Leittechnik der zwei Maschinen sowie der Allgemein- und Eigenbedarfsanlagen musste komplett ersetzt und das Kommunikationsnetzwerk entsprechend erweitert werden.
- Die gesamte Niederspannungsinstallation inkl. der Verteilungen wurde erneuert, und die Eigenbedarfstransformatoren wurden durch solche mit schwer entflammbarer Isolierflüssigkeit ersetzt.
- Die Beleuchtung wurde revidiert, ergänzt oder wenn nötig erneuert.
- Der Brandschutz wurde auf den neuesten Stand gebracht, indem Kabel in flammwidriger, halogenfreier Ausführung eingesetzt, Brandschutzklappen eingebaut, die Brandmeldeanlage ergänzt und die CO_2-Brandlöschanlagen durch Inertgasanlagen ersetzt wurden. Bauliche Anpassungen waren nötig für die erforderliche Aufteilung in Brandabschnitte.

Mit der Erneuerung des Kraftwerks Handeck 1 wurde 2013 begonnen, und die Wiederinbetriebnahme der Maschinen 1 und 2 erfolgte jeweils im Herbst 2014 und 2015. Im November 2016 konnte das Projekt, das rund 14 Mio. CHF gekostet hatte, abgeschlossen werden.

B

AUSBAU DER ZENTRAL-WERKSTATT ZUM INDUSTRIEBETRIEB GRIMSEL HYDRO

Innert Jahrzehnten entwickelte sich die Zentralwerkstatt zur Grimsel Hydro. Die Werkstatthalle wurde in mehreren Schritten erweitert und der Maschinenpark kontinuierlich ausgebaut. Neben diversen Arbeiten für die Kraftwerke Oberhasli AG führt Grimsel Hydro als Kompetenzzentrum für Wasserkraft Aufträge für Firmen im ganzen Alpenbogen aus. Grimsel Hydro ist heute gut am Markt positioniert.

1. DIE ENTSTEHUNG DER ZENTRALWERKSTATT

Im Jahr 1973 wurde auf dem freien Gelände zwischen der Unterstation Innertkirchen und der Grimselstrasse der Neubau einer Zentralwerkstatt erstellt. Diese neue Werkstatt ersetzte diejenige im alten Betriebsgebäude, die im Zusammenhang mit dem Ausbau der informationstechnischen Anlagen der KWO einer neuen Eigenbedarfsanlage hatte weichen müssen.

Der Zweck der neuen Werkstatt bestand aber nicht nur darin, die vorhandene zu ersetzen und zu ergänzen, sondern auch darin, eine Zentralwerkstatt für alle KWO-Kraftwerke aufzustellen. Arbeiten wie Laufradreparaturen, die bisher in den Werkstätten der Kraftwerke ausgeführt worden waren, sollten in Zukunft mit dafür geeigneten Einrichtungen und speziell ausgebildetem Personal in der neuen Werkstatt ausgeführt werden. Zudem war schon damals vorgesehen, «fliegende Equipen» aus der Zentralwerkstatt zur Unterstützung bei Revisions- und Reparaturarbeiten in allen Anlagen der KWO einzusetzen.

Das neue Werkstattgebäude bestand aus der Werkstatthalle mit dem Laufradreparaturteil, der Schlosserei und der mechanischen Werkstatt sowie dem Nebentrakt. Nebst verschiedenen Werkstatteinrichtungen war die Werkstatthalle mit Werkzeugmaschinen und einer Krananlage ausgerüstet. Im Erdgeschoss des Nebentrakts befanden sich die Malerei, die Schreinerei, das Werkstattmagazin, das Büro des Werkstattchefs sowie die sanitären Anlagen und die Garderobe. Im Obergeschoss des Nebentrakts waren ein Aufenthaltsraum sowie die Büros für den Anlagechef Gadmental und für das Personal der Instandhaltungsplanung untergebracht. Im Untergeschoss des Werkstattgebäudes fanden die Infrastruktureinrichtungen wie Ventilations-, Druckluft-, Heizungs- und Stromversorgungsanlagen sowie der Luftschutzkeller und ein Lagerraum Platz.

Das neue Werkstattgebäude wurde in Eisenbeton (Ortsbeton) ausgeführt. Der gesamte Gebäudekomplex war als Rahmenkonstruktion konzipiert, und die Zwischenwände im Nebentrakt wurden nicht als Trag-, sondern nur als Trennwände ausgeführt. So konnten spätere Dispositionsänderungen leichter verwirklicht werden.

2. VON DER ZENTRALWERKSTATT ÜBER DIE TURBINENWERKSTATT ZU GRIMSEL HYDRO

Mit der Inbetriebnahme der Zentralwerkstatt wurde etwa ein Dutzend Mitarbeitende diesem neuen Arbeitsplatz zugeteilt. Sie waren vorher in der Werkstatt der Unterstation oder auch in den Werkstätten der Kraftwerke beschäftigt gewesen. Zu Beginn war ihre Tätigkeit eigentlich dieselbe wie vorher in den dezentralen Werkstätten. Nicht nur die Mitarbeitenden wechselten von den dezentralen Werkstätten in die neue Zentralwerkstatt nach Innertkirchen, auch Werkstatteinrichtungen und Werkzeugmaschinen wurden zum Teil nach Innertkirchen verschoben.

Die Zentralwerkstatt entwickelte sich sukzessive. Es wurden immer mehr Arbeiten in Innertkirchen ausgeführt, z. B. Präzisionsarbeiten, die entsprechende Werkzeugmaschinen erforderten. Zu einer weiteren wichtigen Tätigkeit wurden die Laufradreparaturen, weil sich einerseits die Mitarbeitenden in Innertkirchen auf diese Arbeiten spezialisierten, anderseits praktisch alle Laufradreparaturen aus den KWO-Kraftwerken nun in der Zentralwerkstatt konzentriert wurden. So nahm der Personalbestand zu und erreichte

01 Ursprüngliche Zentralwerkstatt.
02 UBV in der bestehenden Zentralwerkstatt.

noch vor dem Jahr 2000 rund 20 Mitarbeitende. In der Zwischenzeit wurde die Leitung der Zentralwerkstatt einem in der mechanischen Bearbeitung erfahrenen und auf hydraulische Maschinen spezialisierten Maschineningenieur übertragen.

Auch die maschinelle Ausrüstung wurde in der Zentralwerkstatt fortlaufend erweitert. Ein Beispiel ist die Universalbearbeitungsvorrichtung (UBV). Diese wurde als Eigenkonstruktion mit Zukauf von Komponenten in der Zentralwerkstatt hergestellt. Sie gestattete, Dreh-, Fräs- und Bohrarbeiten auszuführen, für die es sonst eine kleinere Karussellmaschine gebraucht hätte. Dabei wurde das zu bearbeitende Werkstück auf einem Plattenfeld befestigt. Im Gegensatz zu einem Karussell drehte sich bei der UBV nicht das zu bearbeitende Werkstück, sondern das Werkzeug. Die Einrichtung konnte auch demontiert und vor Ort auf Montageplätzen eingesetzt werden. Dabei drehte sich die Bearbeitungseinheit, die mittels Adapter am Werkstück befestigt wurde, um das Werkstück herum.

Dank solchen Möglichkeiten mit der UBV kamen vermehrt auch Anfragen von extern, z. B. bei einem bereits einbetonierten Panzerrohr, bei dem noch eine vergessen gegangene Dichtungsnut hergestellt werden musste. Die Mitarbeitenden der Zentralwerkstatt bekamen dadurch Kontakt und Einblick in andere Kraftwerksgesellschaften. Dank diesem Erfahrungsaustausch wurde das Wissen fortlaufend erweitert, und dadurch wurden auch andere Kraftwerksgesellschaften auf die möglichen Dienstleistungen der Zentralwerkstatt der KWO aufmerksam. Vor allem die Erfahrungen und Kenntnisse in der Laufradbearbeitung weckten das Interesse von externen Kraftwerksgesellschaften, und dies führte zusehends zu Aufträgen in der Beratung und Ausführung von Laufradreparaturen.

Grimsel Hydro hat sich als Kompetenzzentrum für Wasserkraft gut am Markt positioniert.

Die Schweiss- und Schleifarbeiten der Laufradreparaturen waren sehr arbeitsintensive und strenge Handarbeiten. Deshalb hat die Zentralwerkstatt einen Schweiss- und Schleifroboter angeschafft, wie sie die Électricité de France (EdF) in ihrem Laufradreparaturzentrum in Albertville in Betrieb hatte. Die EdF-Robotersoftware wurde für die Anwendungen in der Zentralwerkstatt umgeschrieben und der Roboter noch vor dem Jahr 2000 in Betrieb genommen.

Die Turbinenwerkstatt, das Kompetenzzentrum für die Reparatur von Laufrädern

Das war der Schritt von der Zentralwerkstatt zur Turbinenwerkstatt mit entsprechenden Marktauftritten und Veranstaltungen, an denen die Möglichkeiten und das Leistungsangebot der Turbinenwerkstatt präsentiert wurden. Im Jahr 2000 beschäftigte die Turbinenwerkstatt rund 25 Mitarbeitende und hatte hauptsächlich folgende wichtige Einrichtungen in Betrieb: Schweiss- und Schleifroboteranlage, Schweissdrehtische, moderne Schweissinverter, Glühofen, einen hydraulischen Prüfstand, CNC-Drehbänke, Kopierdrehbänke, CNC-Fräsmaschinen und eine Grosssandstrahlerei.

Das Leistungsangebot der Turbinenwerkstatt umfasste Reparatur, Sanierung, Aufwertung, Verbesserung, Herstellung und Fertigstellung von Laufrädern als Schwerpunkt, aber auch von Düsennadeln und Düsenringen, von Leitschaufelsätzen, Labyrinthringen, Kugelschiebern sowie Drosselklappen. Weiter war die Turbinenwerkstatt in der Lage, Konstruktionen und Ausführungen von Spezialwerkzeugmaschinen, Revisionseinrichtungen, Montageeinrichtungen und Turbinenrad-Hebeeinrichtungen anzubieten.

Um den Bekanntheitsgrad der Turbinenwerkstatt auf dem Markt stetig zu steigern, wurden in Innertkirchen Turbinenworkshops mit Teilnehmern und Referenten aus der Schweiz und dem angrenzenden Ausland veranstaltet. Die Turbinenwerkstatt war auch auf Ausstellungen und Fachmessen, z. B. an den Powertagen in Zürich Oerlikon, präsent. Die Nachfrage nach den Produkten und Dienstleistungen der Turbinenwerkstatt stieg dadurch kontinuierlich. Die Werkstatt musste vergrössert und der Maschinenpark erweitert werden. Im Jahr 2004 wurde die Turbinenwerkstatt zur Dokumentation der Wichtigkeit und symbolisch als zukünftig selbstständiger Nebenbetrieb in eine eigene Abteilung der KWO umgewandelt, bisher war sie ein Ressort der Betriebsabteilung gewesen. Der Schritt zum selbstständigen Nebenbetrieb wurde im Jahr 2007 mit der gleichzeitigen Namensänderung zu Grimsel Hydro vollzogen.

Grimsel Hydro, das Kompetenzzentrum für Wasserkraft

Grimsel Hydro konnte sich unter dem neuen Auftritt am Markt gut positionieren, weil die Nachfrage nach ihren Produkten weiter stieg. Die externen Aufträge erreichten ausserordentliche Steigerungen, und so verzeichnete Grimsel Hydro im Jahr 2008 einen externen Bestellungseingang von 14.75 Mio. CHF. Der Personalbestand wuchs zeitweise auf über 60 Mitarbeitende, hat sich in den letzten Jahren jedoch wieder reduziert und beträgt heute noch rund 50 Mitarbeitende.

Grimsel Hydro funktioniert heute nicht mehr als eigene Abteilung bzw. als selbstständiger Nebenbetrieb. In der Zwischenzeit wurden Fachstellen der KWO und von Grimsel Hydro in den gemeinsamen Bereichen Technik und Service Instandhaltung zusammengelegt. Im Bereich Technik waren schon vor einigen Jahren Personen der KWO mit hydraulischem Fachwissen im Kompetenzzentrum Hydraulik von Grimsel Hydro eingesetzt worden. Dies förderte den aktiven Know-

Fundamentherstellung für die Anajak 1.

how-Austausch, sicherte langfristig das Fachwissen und erlaubte bei internen und externen Projekten einen optimalen Ablauf von der Projektierung über die Ausführung bis zur Wiederinbetriebsetzung der Anlagen.

Zu den bedeutendsten externen Aufträgen zum Start von Grimsel Hydro gehörten fünf neue Peltonräder für die Zentrale Tierfehd der Kraftwerke Linth-Limmern AG, ein neues Peltonrad für die Forces Motrices d'Orsières, eine Vollreparatur von zwei Peltonrädern für die Zentrale Biasca der Officine idroelettriche di Blenio SA, die Revision von zehn Kugelschiebern in der Zentrale Riddes der Forces Motrices de Mauvoisin SA und die Revision von vier Kugelschiebern in der Zentrale Castasegna der ewz Kraftwerke im Bergell.

3. DIE ERWEITERUNG DES MASCHINENPARKS AB DEM JAHR 2000

Die grössten und wichtigsten Investitionen in Werkzeugmaschinen und Einrichtungen waren folgende:

- Unmittelbar neben dem Schweiss- und Schleifroboter wurde die grosse CNC-Fahrständerfräsmaschine Anajak 1 aufgestellt. Damit konnten die mit dem Roboter aufgeschweissten Laufradschaufeln bis nahe an die digital aufgenommene optimierte Sollform gefräst und so der Schleifaufwand auf ein Minimum reduziert werden. Denn der Schweiss- und Schleifroboter schweisste relativ viel Material auf, war aber nicht sehr effizient im Schleifen.
- Eine CNC-Spitzendrehbank für den Durchmesserbereich von 600 bis 1200 mm wurde eingerichtet.
- Als Ersatz für die UBV wurde die CNC-Kombimaschine Anajak 2 für Fräs- und Dreharbeiten an grossen, komplexen Werkstücken von hydraulischen Maschinen und Abschlussorganen mit einem Gewicht bis 35 Tonnen und einem Durchmesser bis 4 Meter in der neuen Werkstatthalle in Betrieb genommen.

4. DER AUSBAU DES WERKSTATTGEBÄUDES AB DEM JAHR 2000

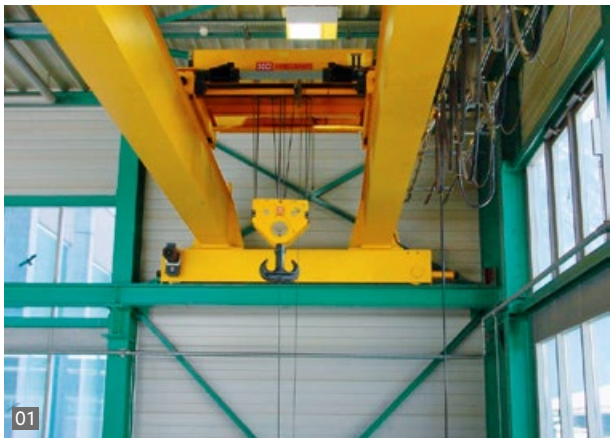
Neubau der Halle

Im Jahr 2000 wurde das Werkstattgebäude auf der Seite der Bahngeleise mit einer Halle in einer dreifeldrigen Stahlkonstruktion vergrössert. Im Hallenanbau wurden die Handarbeitsplätze für die Laufrad- und Abschlussorganreparaturen untergebracht.

Bereits zwei Jahre später musste infolge der Anschaffung der Anajak 2 das nächste Platzproblem gelöst werden. In der bestehenden Werkstatt hatte die neue Maschine keinen Platz, und zudem war ein äusserst massives Maschinenfundament erforderlich. Somit konnte die neue Maschine nur in einem Hallenanbau aufgestellt werden. Die Halle wurde Richtung Dorf um drei Felder in derselben Konstruktion verlängert. Die Handarbeitsplätze der Laufrad- und Abschlussorganreparaturen wurden in den verlängerten Teil der Halle verschoben, und im frei gewordenen Teil konnte das Maschinenfundament für die Anajak 2 gebaut werden.

Ende 2003 wurde beschlossen, die Halle um weitere drei Teile Richtung Dorf zu verlängern. Mit dem definitiven Abschlussteil hat die Halle nun 10 Felder und misst 74 Meter in der Länge, 14.5 Meter in der Breite und ist 9 Meter hoch. Nebst den ersten drei Feldern für die Anajak wird der Rest der Halle von

01 Hallenanbau im Jahr 2000 betriebsbereit.
02 Verlängerung des Hallenanbaus im Jahr 2002.
03 Letzte Verlängerung des Hallenanbaus 2006.
04 Fertigstellungsarbeiten bei der letzten Verlängerung des Hallenanbaus.



der Schweisserei, Schleiferei und Schlosserei genutzt. Für die letzte Hallenverlängerung musste ein Teil des Baumagazins abgebrochen werden. Längs der neuen Turbinenhalle wurde aufseiten Grimselstrasse ein Bockkran aufgestellt, mit dem der Glühofen, der Lagerplatz und auch der Baumagazinplatz bewirtschaftet werden können.

Aufstockung und energetische Sanierung des Bürotrakts

Der bestehende Bürotrakt war energietechnisch in einem schlechten Zustand, d. h. Fassade und Fenster waren dringend zu sanieren. Gleichzeitig musste die veraltete Elektroheizung ersetzt werden. Die Elektroinstallationen und das Computernetzwerk waren zum Teil behelfsmässig eingerichtet.

01/02 Montage der Passerelle.
03 Die fertiggestellte Passerelle.
04 Schutzdach für die Büroaufstockung.
05 Neue Büroräumlichkeiten.

Der Personalbestand von Grimsel Hydro war seit dem Jahr 2000 von ca. 25 auf zeitweise rund 60 Personen angewachsen. Das machte zusätzliche Büroarbeitsplätze erforderlich. Diese wurden durch einen neuen, einstöckigen Aufbau auf den bestehenden Bürotrakt geschaffen. Je nach Möblierung konnten so rund 15 zusätzliche Arbeitsplätze, ein Geräteraum für Drucker und Plotter sowie ein Besprechungs- und Vorführraum geschaffen werden.

Der neue Bürostock wurde mit einer Passerelle mit dem zweiten Stock des Betriebsgebäudes verbunden, und dies aus folgenden Gründen:

– Die Fachstelle Hydraulik der damaligen Engineering-Abteilung konnte in die neuen Büroräume ziehen und zusammen mit den Fachleuten von Grimsel Hydro das Kompetenzzentrum Hydraulik bilden. Dank dem kurzen Weg über die Passerelle blieb eine effiziente Zusammenarbeit mit den übrigen Fachstellen der Engineering-Abteilung gewährleistet.
– Dank der Verbindungspasserelle konnten die bereits sanierten sanitären Anlagen im Betriebsgebäude genutzt werden. Für die Aufstockung bedurfte es deshalb keiner zusätzlichen Anlagen.
– Dank der Passerelle benötigte der neue Bürostock keinen zusätzlichen Notausgang.

Die Büroaufstockung wurde in Leichtbauweise mit hinterlüfteter Fassadenverkleidung (Alupaneele) und Flachdach mit wasserdichtem Unterdach (Kaltdach) erstellt. Die Isolierglasfenster mit Sonnenschutzglas wurden in einer Holz-Metall-Konstruktion ausgeführt und mit Verbundraffstoren ausgerüstet.

Die Passerelle in leichter Fachwerkkonstruktion wurde beidseitig geschlossen und ist nicht geheizt. Sie kann im Sommer mit Öffnungen durchlüftet werden.

Im bestehenden ersten Stock wurden die Fenster ersetzt und die Fassade mit den Storenkästen neu abgedichtet. Die Sanierung des Flachdachs musste im Zusammenhang mit der Büroaufstockung als Erstes in Angriff genommen werden. Ausserdem mussten die Elektro- und Netzwerkinstallationen der umfangreichen IT-Anlagen mit CAD/CAM-Systemen komplett erneuert und vor allem konsequent vom Installationsbereich der Werkstatt getrennt werden. Ferner mussten die sanitären Anlagen saniert werden.

Die elektrische Direktheizung wurde demontiert, und für den ganzen Bürotrakt inklusive Aufstockung wurde ein neues Warmwasserheizsystem mit Wärmepumpe installiert. Die Wärmepumpe nutzt das Abwasser der Kälteanlage im Betriebsgebäude, die mit Grundwasser betrieben wird. Über eine Bypassleitung kann die Wärmepumpe auch direkt mit Grundwasser betrieben werden.

5. BEISPIELE VON EXTERNEN AUFTRÄGEN

Kraftwerk Kaprun: Laufraderneuerung mit Wirkungsgradverbesserung

Im Juni 2012 hat Grimsel Hydro vom Verbund Hydro Power AG in Österreich den Auftrag erhalten, für die Zwillingspeltonturbinen der Maschinen 1 und 2 der Kraftwerkshauptstufe Kaprun vier neue Laufräder mit verbessertem Wirkungsgrad zu liefern. Der Auftrag umfasste die hydraulische Entwicklung, Konstruktion, Planung, Herstellung, Lieferung und Montage der vier neuen Peltonlaufräder und der Gehäuseeinbauten sowie deren Inbetriebnahme. Die hydraulische Entwicklung der Laufräder wurde durch das Partnerunternehmen von Grimsel Hydro, das Turboinstitut in Slowenien, durchgeführt.

Die Laufräder wurden bei Franci in Italien, einem weiteren Partner von Grimsel Hydro, aus geschmiedeten, rostfreien Stahlrohlingen aus dem Vollen gefräst. Wegen der sehr kurzen Liefertermine mussten die vier Laufräder gleichzeitig auf vier Fräsmaschinen gefertigt werden.

Abschliessend wurden bei Grimsel Hydro die hydraulischen Flächen (Becherinnenflächen) poliert und die Abschlussprüfungen durchgeführt. Vor der Auslieferung wurden die Räder statisch ausgewuchtet. Die gesamte Erneuerung konnte unter Einhaltung der garantierten Wirkungsgradverbesserung im Dezember 2013 abgeschlossen werden.

Revision der Kugelschieber und Abschlussklappen für die Kraftwerke Sarganserland

Grimsel Hydro erhielt von der Axpo Power AG Hydroenergie in Baden den Auftrag, die Kugelschieber und Abschlussklappen in den Kraftwerken Mapragg und Sarelli der Kraftwerke Sarganserland AG zu revidieren. In der Zentrale Mapragg sind drei Maschinengruppen mit Francisturbinen und Pumpen und in der Zentrale Sarelli zwei Maschinengruppen mit Francisturbinen eingebaut. Es mussten folgende Abschlussorgane inkl. der Bypässe revidiert werden:

- Mapragg:
  - 3 Turbinenkugelschieber,
    Durchmesser 1500 mm, Gewicht 57 t;
  - 3 Pumpenkugelschieber,
    Durchmesser 1100 mm, Gewicht 35 t;
  - 3 Turbinensaugrohrklappen,
    Durchmesser 3200 mm, Gewicht 9 t;
  - 3 Pumpenzulaufklappen,
    Durchmesser 1400 mm, Gewicht 6 t;
- Sarelli:
  - 2 Turbinenkugelschieber,
    Durchmesser 1200 mm, Gewicht 35 t.

Die Revision umfasste den kompletten Ausbau, die Reinigung und Kontrolle, Bestandesaufnahme, Ausführung der Instandstellungen und Erneuerungen, den Zusammenbau und die Werksabnahme mit Funktionskontrolle, Dichtheits- und Druckprobe und die anschliessende Inbetriebnahme.

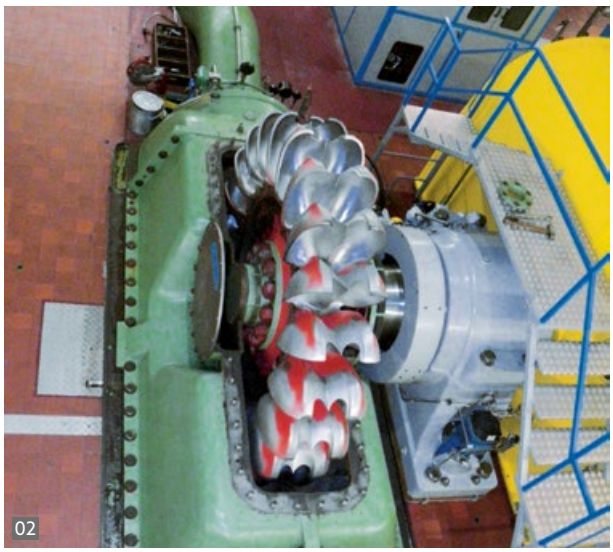
Die wasserhydraulischen Steuerungen der Kugelschieber wurden teilweise durch eine Ölhydraulik ersetzt, sodass die Kugelschieber mit Öldruck geöffnet und mit Wasserdruck geschlossen werden können. Die Steuerwasserleitungen wurden durch rostfreie Leitungen ersetzt. Zum Heben der Turbinen- und Pumpenkugelschieber wurde eine Hebeeinrichtung hergestellt. So konnten die Kugelschieber mit montiertem Antrieb transportiert werden. Das ergab den Vorteil, die Funktions- sowie die Dichtheits- und Druckprobe in der Werkstatt von Grimsel Hydro durchzuführen und die Schieber im fertig montierten Zustand abzuliefern.

Die Klappenteller der Turbinensaugrohrklappen wurden vor Ort im Saugrohr revidiert. Um die Öffnungs- und Schliesskräfte zu reduzieren, wurden die Antriebszylinder umgebaut und die Wassersteuerung angepasst.

Bei den Turbinenkugelschiebern im Kraftwerk Sarelli wurde der Reservedichtungsabschluss umgebaut. Revisionsseitig wurden neue feste und bewegliche Dichtungsringe hergestellt und eingebaut. Weiter wurden neue Ölhydraulikaggregate montiert, um die Steuerung auf Öl-Wasser umzubauen.

Die Revision der acht Kugelschieber und sechs Abschlussklappen dauerte vom April 2013 bis zum Dezember 2015.

01 Neues Peltonrad KW Kaprun in der Werkhalle Grimsel Hydro.
02 Turbine im KW Kaprun mit altem Peltonrad.



03 Turbinenkugelschieber Mapragg, revidiert.
04 Turbinensaugrohrklappe Mapragg, eingebaut.

Revision der Kugelschieber für das Etzelwerk
Grimsel Hydro erhielt von den Schweizerischen Bundesbahnen SBB den Auftrag, die 17 Kugelschieber des Etzelwerks zu revidieren. Damit die Revision in der relativ kurzen zur Verfügung stehenden Zeit durchgeführt werden konnte, wurde der Auftrag auf vier Lose (identische Kugelschieber in einem Los) aufgeteilt:

- Los 1: 12 Turbinenkugelschieber M 1–6, Durchmesser 550 mm;
- Los 2: 2 Pumpenkugelschieber M 3 und M 4, Durchmesser 650 und 750 mm;
- Los 3: 2 Turbinenkugelschieber M 7, Durchmesser 800 mm;
- Los 4: 1 Pumpenkugelschieber M 7, Durchmesser 800 mm.

Die Revision umfasste den kompletten Ausbau, den Transport nach Innertkirchen, die Zerlegung, die Reinigung und die Kontrolle der Einzelteile, die Bestandesaufnahme und die Ausführung der Instandstellungsarbeiten. Die Erneuerung des Korrosionsschutzes, der Zusammenbau, die Werksabnahme mit Dichtheits- und Druckprobe sowie die Funktionskontrolle, der Wiedereinbau und die anschliessende Inbetriebnahme gehörten ebenso zum Revisionsumfang. Die Arbeiten wurden von September 2016 bis Juni 2017 durchgeführt.

Turbinenkugelschieber Etzelwerk in Werkhalle Grimsel Hydro.

Turbinenlaufrad schleifen.

C PARTNERSCHAFTLICHE KWO

Die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) sind innert dem Kirchet in den Dörfern Innertkirchen, Gadmen und Guttannen der grösste Arbeitgeber. Fast jeder zweite Erwerbstätige ist bei der KWO beschäftigt. Knapp 80 % der Wertschöpfung in diesen Dörfern entsteht direkt oder indirekt durch die KWO. Diese herausragende wirtschaftliche Stellung im oberen Aaretal und im Gadmental ist mit einer grossen Verantwortung verbunden, erzeugt aber auch Erwartungshaltungen. Bewusst geht die KWO deshalb Partnerschaften ein und engagiert sich seit Jahren in der Region, damit sich das Haslital nachhaltig weiterentwickeln kann.

Im Interesse einer nachhaltigen Entwicklung der Region sollen konkrete Projekte erarbeitet und realisiert werden.

1. BEDEUTUNG DER KWO IN DER REGION

Die Kraftwerke Oberhasli sind im Haslital äusserst wichtige Arbeitgeber und tragen einen bedeutenden Teil zur regionalen Wertschöpfung bei. Eine Studie[1] aus dem Jahre 2014 belegt, dass die KWO 2013 einen direkten Beitrag von 78 % zur Wirtschaftsleistung in den beiden Gemeinden Innertkirchen und Guttannen und von 17 % in der Region Haslital und oberer Brienzersee leistet. Fast 50 % der Stellen innert dem Kirchet sind KWO-Stellen.

Die KWO trägt damit eine grosse Verantwortung, und dessen ist sie sich bewusst. Auch deshalb engagiert sich die KWO seit Jahren immer wieder ausserhalb ihres Kerngeschäftes, indem sie beispielsweise Vereine, Kulturprojekte oder andere Initiativen unterstützt, was der Region und den Menschen, die hier leben, zugutekommt. Einen speziellen Stellenwert innerhalb dieser Sponsoringaktivitäten hat die Partnerschaft KWO-Oberhasli, die von 2005 bis 2018 dauerte.

2. PARTNERSCHAFT KWO-OBERHASLI

Die Initiative Partnerschaft KWO-Oberhasli ist 2005 offiziell gestartet mit dem Ziel, die wirtschaftliche, gesellschaftliche und ökologische Entwicklung in der Region nachhaltig zu fördern. Wichtig war der KWO zudem, vermehrt ein offenes und partnerschaftliches Verhältnis mit den Gemeinden, den Behörden und der Bevölkerung zu pflegen. Dies auch vor dem Hintergrund des Investitionsvorhabens KWO plus, mit dem die KWO das Wasser an Grimsel und Susten effizienter nutzen wollte.

Zentrales Organ der Partnerschaft KWO-Oberhasli war eine Arbeitsgruppe, die sich aus Vertreterinnen und Vertretern der Region, die von der Landsgemeinde Oberhasli bestimmt wurden, und der KWO zusammensetzte. Die Arbeitsgruppe identifizierte und realisierte gemeinsam mit der jeweiligen Trägerschaft einzelne Projekte, für die die KWO jedes Jahr 200 000 Franken zur Verfügung stellte. Für die Region waren viele der Impulse, die das Engagement der KWO im Rahmen der Partnerschaft auslösten, nachhaltig und wichtig.

Folgende Kriterien waren für die Auswahl der Projekte entscheidend:
- Das Projekt steht im allgemeinen Interesse der Region.
- Das Projekt ist im Oberhasli angesiedelt.
- Das Projekt ist wirtschaftlich sinnvoll, gesellschaftlich erwünscht und ökologisch vorteilhaft.

[1] Rütter Sodecco: Regionalwirtschaftliche Wirkungen der Kraftwerke Oberhasli AG, KWO – 2013; 2014

Im Rahmen der Partnerschaft KWO-Oberhasli sind seit 2005 über 40 Projekte unterstützt worden. Einige haben es nicht über das Projektstadium hinaus geschafft, viele sind jedoch mittlerweile erfolgreich realisiert, darunter wichtige Impulsgeber wie der Bau des Grimseltors in Innertkirchen.

2008 Ausbildungszentrum Seilbahnen Schweiz: Das Ausbildungszentrum der Seilbahnen Schweiz (SBS) nutzt das ehemalige Zeughausareal in Meiringen. Für unterschiedliche Anwendungen in der Ausbildung wie Revisionsarbeiten, Simulationen, Montagen oder Rettungen haben die Verantwortlichen eine 12 Meter hohe Seilbahnstütze realisiert. Das Projekt konnte dank dem Beitrag der Partnerschaft KWO-Oberhasli verwirklicht werden.

2010 Nachtloipe Gadmen: Seit vielen Jahren können Langläuferinnen und Langläufer die Nachtloipe in Gadmen nutzen. Die Beleuchtung entsprach jedoch nicht mehr den Anforderungen, und es drängte sich eine generelle Sanierung auf. Diese umfangreiche Erneuerung kostete sehr viel und überstieg die finanziellen Möglichkeiten des Nordischen Skiclubs Oberhasli (NSCO). Ohne den namhaften Beitrag der Partnerschaft KWO-Oberhasli wäre es nicht möglich gewesen, dieses Projekt zu realisieren.

2011 Dokumentarfilm «Drama am Gauligletscher»: Es war ein tragischer Moment, als am 19. November 1946 um 14.25 Uhr die Dakota C-53 mit 280 km/h am Gauligletscher abstürzte. Fünf Tage nach dem Absturz gelang eine spektakuläre Rettung mit zwei Kleinflugzeugen, die auf dem Flugplatz in Unterbach bei Meiringen gestartet waren. Mit acht Bergungsflügen wurden alle Verunglückten ins Tal gebracht. Der Dokumentarfilm mit vielen sorgfältig recherchierten Szenen konnte durch die C-Films AG Zürich, auch dank einer finanziellen Unterstützung der Partnerschaft KWO-Oberhasli, realisiert werden.

2012 Boulderhalle Meiringen: Bouldern ist seit vielen Jahren populär, und die Kletterhalle Haslital AG erhielt die Möglichkeit, direkt neben der bestehenden Kletterhalle in Meiringen die ehemalige Pferdekuranstalt zu erwerben. Die Ausbaupläne passten. Die Partnerschaft KWO-Oberhasli unterstützte dieses Projekt.

2013 Renn- und Trainingszentrum Meiringen-Hasliberg: Damit der lokale und nationale Skinachwuchs am Hasliberg optimal trainieren kann, benötigt die Region ein Trainingszentrum nach internationalem Standard. Wichtig ist, dass die Sportlerinnen und Sportler bereits in der Vorsaison auf Kunstschnee trainieren können. Das Renn- und Trainingszentrum wurde im Gebiet Tschuggi realisiert. Die Partnerschaft KWO-Oberhasli unterstützte dieses Projekt mit einem Beitrag an Materialanschaffungen. Davon profitieren heute auch die einheimischen Jugendlichen.

01 Ausbildungszentrum Seilbahnen Schweiz, Meiringen.
02 Beleuchtung Nachtloipe Gadmen.
03 Dokumentarfilm «Drama am Gauligletscher».
04 Neue Boulderhalle Meiringen.
05 Renn- und Trainingszentrum Meiringen-Hasliberg.

Erweiterung Tierberglihütte.

2007–2015 Partnerschaft SAC-KWO: Die Kraftwerke Oberhasli und der Schweizer Alpen-Club haben 2007 beschlossen, gemeinsam Projekte zu realisieren. Im Vordergrund standen Arbeiten zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Gebäudetechnik, insbesondere der nachhaltigen Energieproduktion und -verwendung im alpinen Raum. Grundlage für den Start und den Aufbau der Zusammenarbeit zwischen KWO und SAC war das Projekt ökologische Energie- und Trinkwasserversorgung in der Trifthütte des SAC. Es folgten zwischen 2007 und 2015 Sanierungen und Erweiterungen der Tällihütte, der Dossenhütte, der Gaulihütte, der Oberaarjochhütte, der Finsteraarhornhütte sowie der Tierberglihütte.

Start der Zusammenarbeit zwischen KWO und SAC war das Projekt ökologische Energie- und Trinkwasserversorgung in der Trifthütte.

2008–2012 Dorfzentrum Grimseltor: In der Region innert dem Kirchet hat sich die regionale Wirtschaft zwischen 1990 und 2005 gut entwickelt, nicht zuletzt angetrieben durch die KWO mit dem Investitionsprogramm KWO plus und den touristischen Aktivitäten zwischen 1990 und 2005. Auch deshalb konnte die Berggemeinde Innertkirchen ihre Bevölkerungszahl (ca. 1000) weitgehend halten, die Steuerkraft steigern und damit auch ihre Infrastrukturen

Gestützt auf einen starken Volkswillen in Innertkirchen nahm der Gemeinderat die Realisierung eines neuen Dorfzentrums in Angriff.

für die Grunddienstleistungen des Alltags aufrechterhalten. Allerdings waren bereits damals die Lebensmittelgeschäfte klein, viele Geschäftsbetreiber sowie auch der Dorfarzt standen vor der Pensionierung, die Post war infrage gestellt, es gab zu wenig Parkplätze, und es fehlte ein attraktives Dorfzentrum.

Der Gemeinderat von Innertkirchen setzte sich während dreier Jahre intensiv mit diesem Entwicklungsbedarf auseinander. Gestützt auf einen breiten und starken Volkswillen in Innertkirchen nahm er die Realisierung eines neuen Dorfzentrums in Angriff. Das Ziel: wichtige Dienstleistungen zusammenführen, also Einkaufen, Postdienste, Tourismusinformation, lokale Produkte, attraktiven Begegnungsraum sowie einen multifunktionalen Saal an einem Ort anbieten. Das neue Zentrum sollte an der Gabelung der Passstrassen einen starken architektonischen Akzent setzen und die Passfahrer zum Anhalten bewegen. Diese Zukunftsvision der Gemeinde lag auch im Interesse der KWO. Der grösste Arbeitgeber innert dem Kirchet ist darauf angewiesen, dass die Standortgemeinde attraktiv bleibt.

- 2008: Das Siegerprojekt für die Neugestaltung des Dorfzentrums wird ausgewählt. Im Rahmen eines öffentlichen Architekturwettbewerbs gingen 60 Projekte ein.
- 2010: Für den Bau und den Betrieb des Dorfzentrums wird die Immobiliengesellschaft Grimseltor AG gegründet; Aktionäre sind die Gemeinde, die Finanzierungsgenossenschaft Grimseltor sowie die KWO.
- Dezember 2010: Das Projekt Grimseltor erhält die Baubewilligung.
- Mai 2011: Baubeginn
- 16. Mai 2012: Das Tourist Center nimmt den Betrieb auf.
- 24. Mai 2012: offizielle Eröffnung

Beim Bau des Dorfzentrums wurde der Kreditrahmen von 5 Mio. CHF eingehalten. Die Finanzierung erfolgte durch die Gemeinde, durch die KWO, durch Kantonsbeiträge sowie durch weitere Beiträge von Institutionen, Firmen und aus der Bevölkerung. Architektonisch und handwerklich setzt das markante Gebäude in Weissbeton ein Zeichen.

Dank dem Bau des Grimseltors kann die lokale Bevölkerung auch in Zukunft vor Ort einkaufen und Postdienstleistungen nutzen, denn zwei einheimische Frauen führen einen VOLG-Laden mit einer integrierten Postagentur. Grundlegende Serviceleistungen für die Gemeinde sind damit bis auf Weiteres sichergestellt. Erstmals verfügen die Gemeinden Innertkirchen, Gadmen und Guttannen auch über ein Tourist Center, das von Haslital Tourismus und Grimselwelt (touristische Angebote der KWO) betrieben wird. Ziel ist, mit den touristischen Partnern in der Destination, beispielsweise der Aareschlucht, dem Ballenberg und der Brienz-Rothorn-Bahn, eng zusammenzuarbeiten. Besucherinnen und Besucher des Tourist Centers können regionale Handwerksprodukte kennenlernen und sich die Herstellungsweise in einer Multivisionsshow erklären lassen. Ein kleines Sortiment an Artikeln aus Handweberei, Wollkarderei und Mineralien steht im Center zum Verkauf bereit.

Mit dem Grimseltor hat in Innertkirchen eine nachhaltige Entwicklung des Dorfkerns eingesetzt, die in den kommenden Jahren etappenweise fortgesetzt wird. So steht bereits in unmittelbarer Nachbarschaft ein neuer Wohnblock mit zehn Eigentumswohnungen, eine Wohnform, die in Innertkirchen bisher unüblich war. Dank dem Grimseltor wurde Innertkirchen als Arbeits- und Wohnort attraktiver, was letzlich auch der KWO bei der Rekrutierung von Arbeitskräften hilft.

Auch nach Auslaufen der Initiative Partnerschaft KWO-Oberhasli 2018 soll der Gedanke einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit zwischen der KWO, den Behörden, Gemeinden und Wirtschaftsvertretern und der Bevölkerung weitergehen. Auch in Zukunft wird sich die KWO im Oberhasli engagieren, das heisst Vereine, Kulturprojekte oder andere Initiativen unterstützen – als wichtige Wirtschaftskraft und als Partner in der Region.

Ansicht des Projekts von der Strassenkreuzung aus.

Touristinfo im Grimseltor.

D ENTWICKLUNG IM TOURISMUS

Seit 1999 haben sich die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) für Besucherinnen und Besucher schrittweise geöffnet. Die «Betreten verboten»-Mentalität, die bei Kraftwerken im Alpenraum vorherrschend war, wurde durch eine «Herzlich willkommen»-Kultur ersetzt. Das touristische Angebot bei der KWO beinhaltet die Nutzung von Kraftwerksbahnen, den Aufenthalt in Restaurants, Hotels und Berghäusern sowie die Teilnahme an Kraftwerksführungen.

Die in der Grimselwelt zusammengeführten Tourismusangebote sind ein gutes Beispiel für einen nachhaltigen Industrietourismus.

1. WASSERKRAFT UND TOURISMUS: GRIMSELWELT

Die KWO als Industriebetrieb ist auch im Tourismus tätig. Begonnen hat die touristische Entwicklung 1999. Bis dahin war die KWO ein rein technikorientierter Kraftwerksbetrieb, geprägt von einer «Betreten verboten»-Mentalität. Entsprechende Tafeln waren an allen Kontaktpunkten mit der Öffentlichkeit, an Staumauern, Fassungen, Bahnen und Wegen, zu Hunderten angebracht. Diese Tafeln wurden alle abmontiert. Dies hat auch das Bewusstsein der KWO grundlegend verändert.

Die Betreten-verboten-Tafeln waren ein Sinnbild des Selbstverständnisses der frühen Epoche des Wasserkraftausbaus. Die Natur war der Rohstofflieferant, und die Gebirgslandschaft verstand man als abgelegen und lebensfeindlich. Das Wasserkraftunternehmen hat die Natur in diesem Sinne gezähmt und im Dienste der Gesellschaft nutzbar gemacht.

In den Siebzigerjahren begannen sich dann die Werthaltungen der Bevölkerung zu ändern. Die Natur und die Bergwelt wurden von breiten Kreisen immer mehr als wichtiger Wert erkannt sowie zunehmend als Raum für die Freizeitgestaltung genutzt.

Der frühere ruppige Umgang der Industrie mit der Natur führte zum Aufbau der Naturschutzgesetzgebung, und die Wasserkraft mit ihren grossen Bauten und den Narben in der Landschaft geriet zunehmend in die Kritik. In der Folge scheiterten viele Wasserkraftprojekte, auch bei der KWO. Der Ausbau der Wasserkraft kam fast vollständig zum Erliegen.

Ende der Neunzigerjahre hat die KWO den Grundsatz definiert, dass die Wasserkraftnutzung in einem partnerschaftlichen Verhältnis mit der Natur stehen muss. Entsprechend wurde die Ökologie als ein Tätigkeitsschwerpunkt aufgebaut und wurden KWO-Projekte in diesem Sinne entwickelt. Durch die touristischen Angebote wurde die KWO zu einem Unternehmen, bei dem die Öffentlichkeit Gast ist. Damit wurde der Beweis angetreten, dass man Wasserkraftnutzung auf eine Weise machen kann, die hohen Wertvorstellungen im Umgang mit der Natur genügt. Den Mitarbeitern ist bewusst geworden, dass die Arbeit stets so ausgeführt werden muss, dass sie sich auch sehen lassen kann.

Das touristische Angebot der KWO wird unter dem Namen Grimselwelt vermarktet und umfasst fünf Bergbahnen, eine Flachbahn durch die Aareschlucht, ein Berghaus, zwei Hotels mit Restaurants sowie eine Organisation für Kraftwerksbesuche. Jährlich haben wir etwa 300 000 Gästekontakte, davon etwa 12 000 Kraftwerksbesuche und über 10 000 Logiernächte.

Für die Tourismusangebote musste nichts Neues gebaut werden. Bestehende, meist sehr alte Kraftwerkselemente wurden nutzbar gemacht, aufgewertet und ergänzt. Die vom Tourismus genutzten Infrastrukturen sind deshalb ausgesprochen authentisch und eigenständig. Die in der Grimselwelt zusammengeführten Tourismusangebote sind ein gutes Beispiel für einen nachhaltigen Industrietourismus. Für dieses Engagement wurde die KWO im Jahr 2010 mit dem wichtigsten Tourismuspreis, dem «Milestone», ausgezeichnet.

2. TOURISTISCHE ÖFFNUNG VON WERKBAHNEN

Pendelbahn Handeck–Gerstenegg

Die erste Werksbahn der KWO, die eine kantonale Betriebsbewilligung erhielt und dadurch auch von Gästen genutzt werden konnte, ist die Pendelbahn Handeck–Gerstenegg. 1974 wurde die 10-Tonnen-Seilbahn errichtet, die eine ältere, 1953 in Betrieb genommene Seilbahn ersetzt hatte. Die alte Bahn hatte ganz spezielle Einrichtungen. Sie führte in einer Kurve durch einen kurzen Tunnel und überquerte hoch über der jungen Aare einen Hängemast. Die Bahn ist in Betrieb, wenn die Passstrasse ab Handeck gesperrt ist, und sie wird deshalb insbesondere von Berggängern und Tourenskifahrern im Winter und im Frühjahr genutzt.

Gelmerbahn

Für den Bau der Staumauer im Gelmer und der Druckleitung zum Kraftwerk Handeck 1 erstellte die KWO 1926 eine Windenbahn. Nach Abschluss der Bauarbeiten wurde die Gelmerbahn für Wartungsarbeiten an den Anlagen instand gehalten.

2001 wurde die Bahn für den Erhalt einer kantonalen Betriebsbewilligung saniert. Das Originalwagengestell von 1926 erhielt einen offenen Aufbau aus Holz. Am 4. August 2001 wurde die Gelmerbahn für den Transport von Ausflüglern, Bahnfreunden, Bergsteigern und Wanderern geöffnet. Die kantonale Bewilligung gestattete jedoch nur den Transport von 8 Personen, obschon auf dem Wagen 24 Sitzplätze vorhanden waren. Da der Andrang zur Gelmerbahn kontinuierlich zunahm, gab es lange Wartezeiten, und die Bahngäste konnten es nicht verstehen, dass pro Fahrt nur 8 Personen transportiert wurden.

Deshalb wurde 2003 für die Gelmerbahn eine eidgenössische Konzession und Betriebsbewilligung beantragt. Nach Erfüllung der vom Bundesamt für Verkehr geforderten Auflagen, die weitere Investitionen in Erneuerungen und Anpassungen nötig machten, erhielt die Gelmerbahn die entsprechenden Bewilligungen und kann seither pro Fahrt 24 Personen befördern.

2017 wurde eine Sanierung des offenen Windenantriebs sowie des Maschinenfundaments im Gebäude der Bergstation vorgenommen. Dieser Antrieb wurde zum ersten Mal seit der Erbauung 1926 saniert und an den neusten Stand der Technik und der Sicherheit angepasst.

Die mit einer maximalen Neigung von 106 Prozent bis zur Eröffnung der Stoosbahn im Jahr 2017 steilste Drahtseilbahn erweist sich nach wie vor als Publikumsmagnet und verzeichnet während der Sommersaison 45 000 Gäste.

Die Gelmerbahn verzeichnet während der Sommersaison 45 000 Gäste.

Triftbahn

Gebaut wurde die Triftbahn 1960 zur Erschliessung der Wasserfassung Trift. Zwei Lastbarellen ermöglichten den Transport von Waren und Personal. 1992 wurde eine Barelle durch eine Kabine ersetzt. Im Sommer 2005 wurden zwei neue Kabinen angeschafft und die Bahn mit kantonaler Betriebsbewilligung für die Öffentlichkeit freigegeben. Ein neuer Antrieb und eine neue Steuerung sorgen dafür, dass die neue Bahn nur gut die Hälfte der ehemaligen Fahrzeit benötigt.

Bau der Gelmerbahn.

01 Tällibahn (Foto Beat Kehrli).
02 Erlebnis Gelmerbahn (Foto Rolf Neeser).
03 Triftbahn (Foto Rolf Neeser).
04 Sidelhornbahn und Staumauer Spitallamm (Bild KWO).

Im renovierten Grimsel Hospiz trifft zeitgenössische Moderne auf respektvoll restaurierte Vergangenheit.

Die Triftbahn verbessert die Erschliessung der SAC-Hütten Trift und Windegg. Im Juni 2009 wurde die Triftbrücke eröffnet, die sich zum Publikumsmagneten entwickelte und den Zugang zur Trifthütte sicherte. Sie ersetzte eine Brücke aus dem Jahre 2004, die für schlecht ausgerüstete Touristen gefährlich war und den starken Föhnwinden nur schlecht gewachsen war. Jährlich werden über 25 000 Fahrten mit der Triftbahn verbucht.

Tällibahn

Im August 2006 hat die Tällibahn die kantonale Betriebsbewilligung für die Benutzung durch Gäste erhalten. Dadurch werden das Berghaus Tälli mit Restaurant und Übernachtungsmöglichkeiten, der Klettersteig Tälli sowie ein attraktives Wanderwegnetz erschlossen. Der Weg übers Sätteli zur Engstlenalp wurde instand gestellt.

Sidelhornbahn

Im Jahr 2012 wurde die alte KWO-Werkseilbahn zur Hausenegg auf dem Grimselpass ersetzt. Diese diente der wintersicheren Erschliessung des Wasserschlosses und war 1957 erbaut worden. Da die Bahn im Inventar für schützenswerte Seilbahnen aufgelistet war, wurde der Rückbau in enger Zusammenarbeit mit der Denkmalpflege abgewickelt. Der alte Riemenantrieb, das Steuerpult und die Kabine wurden aufbewahrt und sind im Besucherzentrum Grimsel Hospiz für die Öffentlichkeit zugänglich. Die Ausstellungsstücke zählen zu den ältesten und am besten erhaltenen Technikzeugen der Schweiz. Insbesondere die Antriebseinheit ist technikgeschichtlich sehr interessant, da die Kraftübertragung über zwei grosse Keilriemenantriebe erfolgte.

Die neue Sidelhornbahn mit kantonaler Betriebsbewilligung wird wie die Tällibahn im Selbstfahrmodus betrieben. Weil die Werkbahn ohnehin revidiert werden musste, wurde die Anlage gleichzeitig so umgebaut, dass künftig auch Touristen davon profitieren können. Die Fahrt über den Grimselsee dauert vier Minuten, die Gondelbahn legt dabei eine Strecke von knapp einem Kilometer zurück und überwindet 260 Höhenmeter. Die Bergstation erschliesst die Bergwege im Sidelhorngebiet sowie die Panoramastrasse zur Oberaar.

3. SANIERUNG DER HOTELS

Grimsel Hospiz

Das Grimsel Hospiz ist ein Teil der Schweizer Geschichte. Im Jahr 1142 ist es das erste urkundlich erwähnte Gasthaus des Landes. Die Säumer überqueren in dieser Zeit auf der Passstrasse die Alpen. Im Grimsel Hospiz finden sie Zuflucht – daher der Name. Heute liegt das Fundament des damaligen Hauses meist unterhalb der Wasseroberfläche des Grimselsees. Das Anfang des 20. Jahrhunderts neu errichtete Hotel auf dem Nollen schrieb aber ebenfalls Geschichte. Als es 1932 öffnete, war es das erste elektrisch beheizte Hotel Europas. Und für damalige Verhältnisse äusserst luxuriös.

Von 2008 bis 2010 liess die KWO das Grimsel Hospiz renovieren und mit einem Anbau erweitern. Die zeitgenössische Moderne trifft hier auf die respektvoll restaurierte Vergangenheit. Die originalgetreu wiederhergestellten Säle (Arven- und Turmsaal) mit ihrem historischen Mobiliar aus den Dreissigerjahren zeugen von der damaligen Bauweise. Der zeitgenössisch gestaltete Zwischenbau sowie die erneuerten Gästezimmer nehmen bezüglich Materialwahl und

HOTEL
GRIMSEL HOSPIZ

< Winter-Ruheoase Grimsel Hospiz (Foto David Birri).

Gestaltung Rücksicht auf den Altbau und ergänzen diesen in äusserst geschickter Art und Weise. Nach der Erweiterung hat das Hotel 26 Doppelzimmer und 2 Einzelzimmer. Seit 2010 ist das Hotel Grimsel Hospiz Mitglied von Swiss Historic Hotels.

Gleichzeitig mit dem Grimsel Hospiz wurde auf dem Grimsel Nollen ein modernes, interaktives Besucherzentrum eröffnet. Hier erfährt der Besucher Wissenswertes zum Thema Stromzukunft und zur Produktion von Strom aus Wasserkraft. Auch die Umgebung des Grimsel Hospiz wurde neu gestaltet. Besucher können den Nollen auf einem informativen, zehnminütigen Rundweg erkunden. Höhepunkte sind die Hospiz-Kapelle aus der Pionierzeit und eine militärische Geschützstellung aus den Vierzigerjahren, die Grimsel-Festung. Vom Wasserreservoir, dem höchsten Punkt auf dem Grimsel Nollen, geniesst man einen atemberaubenden Ausblick über den Grimselsee bis hin zu den majestätischen Bergriesen.

Seit Januar 2011 bleibt das Historische Alpinhotel Grimsel Hospiz auch im Winter für Gäste geöffnet. Eine Gelegenheit, den hochalpinen Winter in exklusiver Ruhe zu erleben. Das Haus knüpft damit an die alte Tradition an, Säumern Schutz vor Wind und Wetter zu bieten.

Grimsel Hospiz mit Grimselsee (Foto Robert Bösch).

Hotel und Naturresort Handeck

Auch das Hotel Handeck war einst eine Unterkunft für Säumer. Wo heute das Haupthaus mit 21 Zimmern steht, war früher eine Scheune. Die älteste Mauer im Gebäude ist über 500 Jahre alt.

Seit 2005 wurde das Hotel und Naturresort Handeck sukzessive saniert und erweitert. Ein altes Steinhaus, in dem früher Kraftwerksmitarbeiter arbeiteten, wurde komplett entkernt und renoviert. Es entstanden 12 Doppelzimmer mit einer Einrichtung komplett aus der Region. Zusammen mit 6 weiteren Zimmern im Chalet hat das Hotel Handeck insgesamt 39 Zimmer zur Verfügung.

Hotel und Naturresort Handeck (Foto THE FOTOSTUDIO.CH).

4. KRAFTWERKSFÜHRUNGEN

Ganz im Sinne, dass Wasserkraft erlebbar wird, bietet die KWO verschiedene Kraftwerksführungen an. Die Angebote werden jährlich von über 12 000 Besucherinnen und Besuchern gebucht.

In 90 Minuten erklären ausgebildete Besucherführerinnen und Besucherführer das Pumpspeicherwerk Grimsel 2. Abschluss der Führung ist die Besichtigung der einzigartigen Kristallkluft. Weitere Anlagen, die besichtigt werden können, sind die Staumauern Oberaar und Räterichsboden, das Wasserschloss Kessiturm sowie das Kraftwerk Innertkirchen 1.

Führung im Kraftwerk Grimsel 2 (Foto Neil Barcley).

E PROJEKT GRIMSEL-WEST

Über fünfzehn Jahre beschäftigte sich die KWO mit dem Grossprojekt Grimsel-West. Die Energiepolitik forderte von Wasserkraftwerken in den Achtziger- und Neunzigerjahren die Umwandlung von Sommer- in Winterenergie. Verschiedene Projektvarianten wurden geprüft und weiterentwickelt. Da sich der europäische Energiemarkt über die Zeit verändert hat, wurde das Grossprojekt weiter optimiert.
Erst vor der Jahrtausendwende wurde Grimsel-West von der Investitionsplattform KWO plus abgelöst. Grosse Veränderungen am Strommarkt, auch bedingt durch die beschlossene Strommarktliberalisierung, sowie ein hartnäckiger ökologischer Widerstand gegen das Grossprojekt waren die Hauptgründe dafür.

1. KONZEPT

Das Grundkonzept von Grimsel-West war, Sommerstrom in Winterstrom umzuwandeln. Die KWO würde die Stromproduktion ausschliesslich auf Winterspitzenenergie konzentrieren und so einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung der Stromversorgung in der Schweiz leisten. Denn im Sommer war der Strombedarf klein und die Stromproduktion hoch, der überschüssige Sommerstrom musste exportiert werden. Im Winter war der Strombedarf hoch und die inländische Stromproduktion zu klein, um den gesamten Bedarf zu decken. Die Schweiz war in zunehmendem Masse auf Importe – vorwiegend Strom aus französischen Kernkraftwerken – angewiesen. Um die einheimische Wasserkraft im Inland besser zu nutzen, war eine Umlagerung der Stromproduktion vom Sommer in den Winter notwendig, und das sollte Grimsel-West bewirken.

Grimsel-West passte damals in den aktuellen energiepolitischen Rahmen. Die Schweizer Stimmbürgerinnen und Stimmbürger hatten sich für die Aufnahme des Energieartikels in die Bundesverfassung ausgesprochen und forderten ein zehnjähriges Moratorium für den Bau von Kernkraftwerken. Nach dieser Volksabstimmung lancierte der Bund sein Aktionsprogramm «Energie 2000», aufgrund dessen der Stromverbrauch nicht mehr weiter steigen sollte und so nur noch die Versorgungslücken im Winter zu schliessen waren. Dieser Anforderung kam Grimsel-West nach.

Im Weiteren war vorgesehen, mit Grimsel-West einige Schwachstellen im Kraftwerkssystem der KWO zu eliminieren, nämlich:

- bessere Nutzung des Gefälles zwischen dem Mattenalp- und dem Räterichsbodensee;
- Schaffung von fehlendem Retentionsvolumen für die ganzjährige Umwälzung von Wasser zwischen dem Oberaar- und dem Grimselsee bzw. zwischen dem Räterichsbodensee und Handeck;
- Verbesserung des Wassernachschubs aus dem Grimsel- und dem Oberaarsee zum Räterichsbodensee.

2. PROJEKTVERLAUF

Grimsel-West fand Ende November 1982 mit einem Kreditantrag für die Ausarbeitung einer Machbarkeitsstudie erstmals offiziell Eingang in den KWO-Verwaltungsrat. Im Mai 1984 erteilte der Kanton Bern der KWO eine entsprechende Projektierungsbewilligung. Mit dem neuen Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) vom 7. Oktober 1983 stellte sich zu der Zeit die Frage nach einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) für ein solches Projekt. Obschon noch keine Verordnung vorlag und der Bundesrat die einer Prüfung zu unterziehenden Anlagen noch nicht bestimmt hatte, beschloss der KWO-Verwaltungsrat im September 1985, für das Projekt Grimsel-West eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchführen zu lassen. Grimsel-West war somit das erste Wasserkraftanlageprojekt, für das eine UVP durchgeführt wurde. Dies bedeutete für alle Beteiligten ziemliches Neuland, was eine enge und intensive Zusammenarbeit mit den Umweltfachstellen erforderte.

Grimsel-West war das erste Wasserkraftanlageprojekt, für das eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt wurde.

Mit dem optimierten Grimsel-West-Projekt 1996 hätte sich die installierte Turbinenleistung der KWO um knapp 1600 MW und die installierte Pumpenleistung um rund 250 MW erhöht.

In nacheinandergeschalteten Phasen wurden in breit angelegten Studien mehrere Projektvarianten erarbeitet. Daraus ergab sich das Konzessionsprojekt 1988, für das die KWO am 30. Juni 1988 beim Regierungsrat des Kantons Bern ein Konzessionsgesuch mit allen Projektunterlagen und dem Umweltverträglichkeitsbericht einreichte. Die öffentliche Auflage des Gesuchs hatte 546 Einsprachen zur Folge.

Die Ergebnisse der UVP sowie verschiedene von der Talbevölkerung geäusserte Bedenken führten zu einer Überarbeitung des Konzessionsprojekts 1988 zum Konzessionsprojekt 1990 mit Anpassungen. Die wesentlichen Anpassungen waren der Verzicht auf das Becken Handeck (Nutzinhalt 2.4 Mio. m^3) und auf das Wochenausgleichsbecken Obere Trift (Nutzinhalt 5 Mio. m^3). Beide Becken wurden durch grosse Tunnelspeicher ersetzt. Das Konzessionsprojekt 1990 wurde am 7. Juni 1991 dem Regierungsrat des Kantons Bern als Ergänzung zum Konzessionsgesuch vom 30. Juni 1988 eingereicht. Im Rahmen der öffentlichen Auflage des Projekts gingen 1100 Einsprachen ein.

In der Zwischenzeit hatte sich die Situation auf dem europäischen Energiemarkt gewandelt. Um diesen veränderten Marktverhältnissen besser Rechnung tragen zu können, beschloss der Verwaltungsrat der KWO, das Projekt Grimsel-West weiter zu optimieren. Ziel der Optimierung war, das Projekt durch Vereinfachung der Anlagekonfiguration und Erhöhung der Turbinenleistung den Anforderungen eines liberalisierten Elektrizitätsmarkts anzupassen. Die Umsetzung dieser Zielvorgabe führte dann zum optimierten Projekt 1996.

3. DAS OPTIMIERTE PROJEKT 1996

Die Projektoptimierung war primär gekennzeichnet von der Verwendung des Räterichsbodensees als Zwischenspeicher für die neuen Kraftwerksanlagen Grimsel 5, Grimsel 4 und Innertkirchen 3 sowie als deren Verknüpfungspunkt mit den bestehenden Anlagen. Mit der Verwendung des Räterichsbodensees als Zwischenspeicher wurden die kostenintensiven Tunnelspeicher des Projekts 1990 eliminiert. Die Zwischenspeicherfunktion des Räterichsbodensees diente sowohl für die Abarbeitung des neuen Speichers Grimsel-West nach Innertkirchen als auch für den Pumpenbetrieb in den Speicher Grimsel-West. Die bereits bestehenden Kraftwerksanlagen wären nicht tangiert worden.

Mit dem optimierten Grimsel-West-Projekt 1996 hätte sich die installierte Turbinenleistung der KWO um knapp 1600 MW und die installierte Pumpenleistung um rund 250 MW erhöht. Für das Projekt 1996 wären Investitionen von knapp 2.9 Mrd. CHF notwendig gewesen.

Es waren folgende Funktionseinheiten vorgesehen:

Stauanlage Grimsel-West

Kernstück war wie in allen vorangehenden Projektvarianten auch im optimierten Projekt 1996 die Stauanlage Grimsel-West mit einer neuen Bogenmauer im Becken des Grimselsees, die diesen in ein neues Speicherbecken Grimsel-West mit 410 Mio. m^3 Nutzinhalt bei einer maximalen Staukote von 2020 m ü. M. und in ein vom Grimselsee verbleibendes Speicherbecken Grimsel-Ost mit 44 Mio. m^3 Inhalt bei unveränderter maximaler Staukote von 1908.74 m ü. M. geteilt hätte. Die charakteristischen Mauerdaten lauteten:

– Kronenkote 2023 m ü. M.;
– maximale Mauerhöhe 214 m;
– Kronenlänge 780 m;
– Betonstärke: Krone 13 m
  Mauerfuss 72 m;
– Betonvolumen 3.2 Mio. m^3.

Nebst den Zuflüssen des natürlichen Einzugsgebiets, dem Abfluss des Gauligletschers sowie dem umgeleiteten Zufluss der bestehenden Bächlizuleitung wäre das Speicherbecken Grimsel-West durch Pumpen von Wasser aus tiefer liegenden Gebieten gefüllt worden. Die Stauanlage Grimsel-West hätte die gesamte Hochwasserfracht eines tausendjährlichen Hochwassers aus dem direkten Einzugsgebiet und aus dem Gebiet Gauli aufnehmen können.

Ein Zugangsstollen ab der Handeck via Gerstenegg bis zur Mauerkrone hätte nebst der Stauanlage Grimsel-West unterwegs noch mehrere andere Baustellen erschlossen. Für den Zementtransport war ein Stollen vom Bahnhof Oberwald im Kanton Wallis bis direkt zur Baustelle der neuen Bogenmauer vorgesehen.

Fassung Gauli

Für die Abflüsse des Gauligletschers war ein rund 8 km langer Stollen zum Becken Grimsel-West vorgesehen. Die Fassung im Gauli wäre so angeordnet worden, dass sie weder das Gletschervorfeld noch die anschliessenden Wasserfälle beeinträchtigt hätte.

Höhere Fassungen Stein und Trift

Das Steinwasser wäre unterhalb des Hotels Steingletscher am Sustenpass gefasst und in einem rund 6 km langen Stollen zur neuen, höher gelegenen Fassung des Triftwassers geleitet worden. Von da wäre das Wasser beider Fassungen in einem ungefähr 12 km langen Stollen dem Kraftwerk Grimsel 5 zugeführt worden.

Kraftwerk Grimsel 5

Im Kraftwerk Grimsel 5 war eine 28-MW-drehzahlvariable Zubringerpumpe zum nur wenig höher gelegenen Räterichsbodensee vorgesehen. Die Förderleistung entsprach den maximalen Zuflüssen der höheren Fassungen Stein und Trift. Das erhebliche Puffervolumen des langen Zulaufstollens hätte auch Pumpunterbrüche während Spitzenlastzeiten gestattet.

Kraftwerk Grimsel 4

Mit dem Kraftwerk Grimsel 4 sollte einerseits das im Räterichsbodensee zwischengespeicherte Pumpwasser von Grimsel 5 und Handeck 3 in das Speicherbecken Grimsel-West gefördert und anderseits das Speicherwasser aus diesem Becken als oberer Stufe in den Räterichsbodensee abgearbeitet werden. Das Kraftwerk Grimsel 4 erhielt in dieser Konzeption auch die Funktion eines Umwälzwerks.

Für die Maschinenauslegung waren folgende Randbedingungen zu beachten:
– Abarbeitungszeit des Speichers Grimsel-West max. 800 Stunden;
– Transportgewicht max. 120 Tonnen;
– Pumpenfördermenge ca. 50 % des Turbinenschluckvermögens.

Weil damals drehzahlregulierte Maschinen mit grosser Leistung noch nicht möglich waren, musste die grosse Kotendifferenz mit zweidrehzahligen, d. h. polumschaltbaren Synchronmaschinen gemeistert werden. Aufgrund all dieser Bedingungen waren im Grimsel 4 zwei 110-MW-Pumpengruppen mit einer Fördermenge von total 80 m^3/s und zwei 180-MW-Francisturbinengruppen mit einem Schluckvermögen von total 165 m^3/s vorgesehen. Dabei hätten ein Generator der Francisturbinengruppe und ein Motor der Pumpengruppe über Umschaltungen einen gemeinsamen

200-MVA-Dreiphasen-Transformator benützt, bei dem gemäss den damaligen Abklärungen ein Transportgewicht von 120 t möglich gewesen wäre. Das Anfahren der Pumpen war mittels Kupplung von Motor und Generator vorgesehen.

Dieses wenig verbreitete Maschinenkonzept der polumschaltbaren Viermaschinensätze, Pumpen und Turbinen mit jeweils separaten elektrischen Maschinen, auf einen gemeinsamen Transformator geschaltet, war im vorliegenden Fall die beste Lösung, weil:

– die Pumpenfördermenge bei betrieblich sinnvollen ca. 50 % des Turbinenschluckvermögens festgelegt werden konnte;
– die Drehzahlpaare der Turbinen und der Pumpen unabhängig voneinander optimiert werden konnten, was einen hohen Wirkungsgrad ergab;
– die Kosten gegenüber dem Dreimaschinensatz durch den besseren Wirkungsgrad ausgeglichen wurden.

Kraftwerk Innertkirchen 3

Das Kraftwerk Innertkirchen 3 auf der linken Talseite, über Druckschacht und Druckstollen direkt an den Räterichsbodensee angeschlossen, war aufgrund der grossen Fallhöhe von rund 1150 m als Hauptproduktionsanlage für die Abarbeitung des umgelagerten Wassers vorgesehen. Das geplante Schluckvermögen von total 120 m^3/s berücksichtigte, dass ein Teil des Wasserstroms vom Grimsel 4 den Kraftwerken Handeck 2 und 3 zugeführt worden wäre.

Um Probleme im Aarelauf zwischen Innertkirchen und Brienzersee hinsichtlich Schwall und Sunk zu vermeiden, war vorgesehen, das Triebwasser über einen 18.5 km langen Unterwasserstollen auf der linken Talseite direkt in den Brienzersee zu leiten. Die Kraftwerkszentrale hätte so etwas tiefer positioniert werden können, wodurch aus dem zusätzlichen Gefälle ein Energiegewinn resultiert hätte.

Im Kraftwerk Innertkirchen 3 wären drei vertikalachsige Maschinengruppen eingebaut worden, je mit einer 6-düsigen 400-MW-Peltonturbine und einem 450-MVA-Synchrongenerator, in Block geschaltet mit einer 450-MVA-Einphasen-Transformatorgruppe. Die Energieübertragung war mit Hochspannungskabel zur Schaltanlage Innertkirchen vorgesehen.

Projekt Grimsel-West, Grimselsee.

F INVESTITIONS-PROGRAMM KWO PLUS

Das Ziel von KWO plus war, die Produktion besser auf die spezifischen Stärken der Wasserkraft und damit auf die Chancen im offenen Strommarkt auszurichten. Das Konzept von KWO plus sah vor, alte Kraftwerke zu sanieren und mittels Verbesserungen und Ergänzungen aufzuwerten, Energiegewinne durch Verminderung interner Verluste zu erzielen, eine Steigerung der Leistung durch Ertüchtigung bestehender und später durch den Bau neuer Kraftwerke zu erreichen, und den Winteranteil an der Energieproduktion zu erhöhen.

KWO plus hatte in allen politischen Lagern eine erfreuliche Akzeptanz und wurde als sanfte Alternative zu Grimsel-West wohlwollend entgegengenommen.

1. VON GRIMSEL-WEST ZU KWO PLUS

Im Jahr 1999 hatte sich der Verwaltungsrat der KWO auf ein neues Konzept für den weiteren Ausbau der Produktionsanlagen festgelegt: das Investitionsprogramm KWO plus. Damit verbunden sistierte er das Konzessionsverfahren zum Projekt Grimsel-West. Hauptsächlicher Anlass für die Entwicklung von KWO plus waren, die Veränderung der Anforderungen an die Produktion infolge der Öffnung des Strommarkts sowie der hartnäckige, ökologisch motivierte Widerstand gegen Grimsel-West. Das neue Konzept wich den kontroversen Umweltaspekten des früheren Projekts aus und nutzte gezielt die wirtschaftlich besten Elemente des Ausbaupotenzials an der Grimsel. Am 14. Dezember 1999 erfolgte eine entsprechende Information der Öffentlichkeit. KWO plus hatte in allen politischen Lagern eine erfreuliche Akzeptanz und wurde als sanfte Alternative zu Grimsel-West wohlwollend entgegengenommen.

2. KONZEPT

Das Ziel von KWO plus war, die Produktion besser auf die spezifischen Stärken der Wasserkraft und damit auf die Chancen im offenen Strommarkt auszurichten. Die Produktion sollte aber weiterhin diversifiziert bleiben und nicht wie im Projekt Grimsel-West ausschliesslich auf Winterspitzenenergie konzentriert werden. Zwecks Begrenzung des unternehmerischen Risikos und auch wegen der Vereinfachung der Bewilligungsverfahren wurde KWO plus in mehrere Teile gegliedert, die technisch und wirtschaftlich eigenständig waren und auch unabhängig voneinander gebaut werden konnten.

Das Konzept von KWO plus sah vor, alte Kraftwerke zu sanieren und mittels Verbesserungen und Ergänzungen Schritt für Schritt aufzuwerten, Energiegewinne durch Verminderung interner Verluste zu erzielen, eine Steigerung der Leistung durch Ertüchtigung bestehender und später durch den Bau neuer Kraftwerke zu erreichen und den Winteranteil an der Energieproduktion zu erhöhen. Im ursprünglichen KWO-plus-Konzept waren dafür folgende fünf Teilprojekte vorgesehen:

– Teil 1: Sanierung und Aufwertung des Kraftwerks Innertkirchen 1;
– Teil 2: Sanierung und Aufwertung des Kraftwerks Grimsel 1;
– Teil 3: Vergrösserung Grimselsee;
– Teil 4: neues Pumpspeicherwerk Grimsel 3;
– Teil 5: neues Kraftwerk Innertkirchen 3.

Dieses ursprüngliche Konzept wurde im Lauf der Projektbearbeitungen noch zum Teil geändert bzw. dem Projektverlauf angepasst. Die Projekte von Teil 1 und 2, die Massnahmen am Kraftwerk Innertkirchen 1 und Grimsel 1, wurden zuerst in Angriff genommen und auch entsprechend ausgeführt.

3. AMORTISATIONSVEREINBARUNGEN

Die Gesamtkonzession der KWO vom 12. Januar 1962 läuft am 1. Januar 2042 aus. Müssten die hydraulischen, d. h. die wasserbenetzten Teile von neuen Kraftwerksanlagen bis dahin vollständig abgeschrieben werden, würde dies zu Jahreskosten führen, die betriebswirtschaftlich nicht tragbar wären. Um für die neuen Kraftwerksanlagen eine sachgerechte und branchenübliche Amortisationsdauer zu ermöglichen,

Im Zusammenhang mit den Ausbauprojekten von KWO plus hat sich die KWO entschlossen, alle gewässerökologisch relevanten Fragen im Einzugsgebiet proaktiv anzugehen.

wurden mit dem Kanton Bern entsprechende Amortisationsvereinbarungen abgeschlossen.

Die Möglichkeit für solche Amortisationsvereinbarungen im Sinne von Artikel 67 Absatz 4 des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte bildet das Heimfallsrecht des Kantons Bern an den Kraftwerksanlagen der KWO. Das kantonale Wassernutzungsgesetz räumt dem Kanton die Berechtigung ein, bei Auslaufen der Konzession, am 1. Januar 2042, die hydraulischen Teile der Anlagen unentgeltlich zu übernehmen.

Mit dem Abschluss einer Amortisationsvereinbarung geht der Kanton somit kein finanzielles Risiko ein. Entscheidet er sich am Ende der Konzessionsdauer für eine Konzessionserneuerung zugunsten der KWO, so fallen von vornherein keine Kosten an. Die in der Vereinbarung vorgesehene Vergütung wird nicht fällig. Entscheidet er sich gegen eine Konzessionserneuerung für die KWO, so wird er aufgrund des Heimfallrechts Eigentümer der Kraftwerksanlagen und erhält damit einen entsprechenden Gegenwert. Beide Varianten sind für den Kanton letztlich kostenneutral.

4. GEWÄSSERSANIERUNG

Im Zusammenhang mit den Ausbauprojekten von KWO plus hat sich die KWO entschlossen, alle gewässerökologisch relevanten Fragen im Einzugsgebiet proaktiv anzugehen. Obschon die Untersuchungen zeigten, dass in einem Grossteil der von der KWO genutzten Gewässer gute ökologische Verhältnisse herrschten, haben die Untersuchungen doch auch einige ökologische Defizite aufgezeigt, die auf die Wassernutzung zurückzuführen waren. In einer vom Regierungsrat des Kantons Bern einberufenen Begleitgruppe wurde sowohl über Ausgleichsmassnahmen zu den Ausbauprojekten von KWO plus im Rahmen einer Schutz- und Nutzungsplanung als auch über die Gewässersanierung diskutiert und verhandelt. Mit den Massnahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Gewässersanierung wurden die ökologischen Defizite, die auf die Restwasserproblematik zurückzuführen waren, weitestgehend behoben.

Seit 1991 schreibt das eidgenössische Gewässerschutzgesetz (GSchG) in den Artikeln 80ff. die Sanierung der Restwasserstrecken bei bestehenden Wasserkraftkonzessionen vor. Mit der Gesetzesrevision wurde festgelegt, dass bis Ende 2012 angemessene Restwassermengen in den schweizerischen Gewässern fliessen. Damit wird eine natürliche Besiedlung durch Tiere und Pflanzen ermöglicht. Wegen Verzögerungen aus unterschiedlichen Gründen sind im Jahr 2012 in der Schweiz erst 37 % der als sanierungspflichtig eingestuften Fassungen saniert.

Die KWO hat in einem breit abgestützten Begleitgruppenprozess mit Vertretern der kantonalen Ämter, der Umweltverbände und des Bernisch Kantonalen Fischereiverbands umfangreiche Untersuchungsergebnisse der Gewässer diskutiert. Dabei zeigte sich, dass sich ein Grossteil der heute genutzten Gewässer bereits in einem guten ökologischen Zustand befindet.

Der breit angelegte partizipative Prozess war die Grundlage dafür, dass eine einvernehmliche und von allen Beteiligten gutgeheissene Gesamtlösung über den Umfang der Sanierungsmassnahmen erzielt wurde. Zur definitiven Verfügung der Restwassersanierung gingen keine Einsprachen ein. Die Planung und die Realisierung wurden von der KWO ausgeführt. Die Sanierung ist per Ende 2012 fristgerecht abgeschlossen worden.

Die höheren Restwassermengen, die Zugabe von Geschiebe ins Gadmerwasser und der Fischlift

Fuhren verbessern den Lebensraum für alle aquatischen Organismen, insbesondere für die bedrohten Bach- und Seeforellen, nachhaltig. Mit der Realisierung des Beruhigungsbeckens bei der Rückgabe des Wassers in Innertkirchen in die Aare werden auch die 2011 beschlossenen zusätzlichen Anforderungen des Gewässerschutzgesetzes erfüllt.

5. TEIL 1: PARALLELSTOLLEN HANDECK–KAPF, AUFWERTUNG UND SANIERUNG KRAFTWERK INNERTKIRCHEN 1

Die Massnahmen am Kraftwerk Innertkirchen 1 mussten aufgrund ihrer Dringlichkeit zuerst ausgeführt werden. Der Zulaufstollen Handeck–Kapf erlitt mehrere Schadenfälle (Einbrüche von Panzerungen und Auskleidungen), die nicht dauerhaft repariert werden konnten. Der Stollen musste dringend saniert und abgedichtet werden, dies wurde mit einer Aufwertung des Kraftwerks verbunden.

Um wesentliche Synergien bei der Arbeitsabwicklung und vor allem der Kraftwerksabstellung zu nutzen, wurden auch alle anderen fälligen Sanierungsmassnahmen an diesem 60 Jahre alten Kraftwerk vorgenommen. Die Terminplanung war derart, dass im Zeitpunkt des Zusammenschlusses des Parallelstollens mit dem bestehenden Stollen sämtliche Arbeiten, die eine Abstellung bedingten, gleichzeitig abgewickelt werden konnten.

Parallelstollen Handeck–Kapf

Das Kernstück von Teil 1 war der neue, 10 km lange Parallelstollen mit einem Durchmesser von 4.3 m zwischen dem Ausgleichsbecken Handeck und dem Wasserschloss Kapf oberhalb von Innertkirchen, der parallel zum bestehenden Stollen, etwas tiefer im Innern des Berges geführt wurde. Die dadurch gewonnene Querschnittsvergrösserung ermöglichte einerseits den Einbau einer massiven, armierten Betonauskleidung im geologisch schwierigen Teil des bestehenden Stollens und hatte anderseits im Kraftwerk Innertkirchen 1 einen Energiegewinn sowie eine Leistungssteigerung infolge geringerer Reibung zur Folge.

Die wichtigsten Merkmale für das Bauprojekt des Parallelstollens waren:
- Angriffspunkt und Installationsplatz auf der bestehenden Deponie Rotlaui;
- 300 m langer Zugangsstollen bis zum Startpunkt für die Tunnelbohrmaschine (TBM);
- Installationskaverne für die Montage der TBM;
- steigender Vortrieb mit der TBM Richtung Kapf und Richtung Handeck;
- Enddeponierung des Ausbruchmaterials in unmittelbarer Nähe des Zugangsstollens, südlich des Installationsplatzes im Griwald, auf einer vom Sturm geschädigten Waldparzelle, die nach der Deponierung wieder aufgeforstet wurde.

Dank den guten geologischen Verhältnissen, die den Verzicht auf Massnahmen zur Felssicherung erlaubten, sowie aufgrund von Projektoptimierungen sind bei der Bauausführung wesentliche Minderkosten entstanden. Das bot die Möglichkeit, den Parallelstollen in der Handeck für die Vergrösserung des Speichervolumens von Ausgleichsbecken und Reservoirkammern zu verlängern, ohne dass dadurch der Kredit massiv überschritten wurde.

Das gesamte Speichervolumen von Becken und Reservoirkammern betrug bis zu diesem Zeitpunkt nur 80 000 m^3, und so konnten die höher und tiefer gelegenen Kraftwerke nur kurzzeitig entkoppelt werden.

01 Bau Parallelstollen, Installationsplatz Rotlaui.
02 Zugang zum Parallelstollen in der Rotlaui.
03 Deponie Griwald.
04 Ausbruch Parallelstollen mit Tunnelbohrmaschine.
05 Sanierung der Maschinen im KW Innertkirchen 1.

Das ergab stark eingeschränkte Möglichkeiten, im Tandembetrieb die installierten Leistungen in den ertragreichsten Spitzenstunden voll einzusetzen. Ausserdem konnte auch die Isogyre-Pumpe im Kraftwerk Handeck 3 jeweils nur kurzzeitig eingesetzt werden.

So wurde der neue Parallelstollen Handeck–Kapf, der unterhalb des Beckens Handeck mit dem alten Stollen zusammengeschlossen wurde, als Reservoirstollen verlängert. Die total 3.2 km lange Verlängerung führt mit einem Radius von 400 m von der rechten Talseite rund um die Kraftwerke Handeck auf die linke Talseite und dann noch ca. 1.5 km nordwärts. Sie konnte mit der bereits in Betrieb stehenden TBM mit einem Durchmesser von 4.3 m aufgefahren werden. Die Parallelstollenverlängerung ergab ein aktives Reservoirvolumen von 45 000 m^3. Der Reservoirstollen wurde mit einem Durchstich an die bestehenden Reservoirkammern angeschlossen, und damit wurden die Fallhöhenverluste zwischen den Reservoirkammern und dem Ausgleichsbecken eliminiert.

Die Vergrösserung des Reservoirvolumens auf total 125 000 m^3 bringt eine deutlich bessere Entkopplung des Betriebs der Kraftwerke Handeck 1, 2 und 3 vom Kraftwerk Innertkirchen 1, wodurch über 10 GWh/Jahr von Schwach- und Mittellast zu Spitzenlast verlagert werden können. Das grössere Reservoirvolumen ermöglicht einen vermehrten Einsatz der Isogyre-Maschine im Kraftwerk Handeck 3 als Umwälzwerk zwischen dem Becken Handeck und dem Räterichsbodensee.

Aufwertung und Sanierung Kraftwerk Innertkirchen 1

Das Kraftwerk Innertkirchen 1 wurde 1939 bis 1943 gebaut. Es ist mit fünf Peltonturbinen mit einer installierten Gesamtleistung von rund 250 MW ausgerüstet und produziert ungefähr 700 GWh/Jahr.

Die durch den Parallelstollen gewonnene Querschnittsvergrösserung hatte eine grössere Fallhöhe und einen erhöhten Durchfluss zur Folge. Das ergab eine Leistungssteigerung von ca. 30 MW und erforderte in der Zentrale Innertkirchen 1 die folgenden Aufwertungsmassnahmen:

Neue Turbinenlaufräder
Neue Turbinenlaufräder, die optimal auf die neuen Verhältnisse des Kraftwerks ausgelegt wurden und deshalb einen über 1 % besseren Wirkungsgrad mit flacherem Verlauf aufwiesen, womit die Turbinen auch unter Volllast einen guten Wirkungsgrad erreichten.

Neue Maschinenwellen
Neue Maschinenwellen, da die alten mit der vorgesehenen Leistungserhöhung den gültigen Sicherheitsanforderungen bezüglich Festigkeit nicht mehr genügten. Vor allem für den unteren Bereich mit dem Wellenkonus und der Keilbahn ergaben sich Sicherheitsfaktoren, die ausserhalb der üblichen Werte lagen.

Neue digitale Turbinenregler
Im Zusammenhang mit der kompletten Leittechnikerneuerung mussten die über 60-jährigen elektromechanischen Turbinenregler ersetzt werden. Im Weiteren wurden neue Ölhydraulikanlagen sowie neue Servomotoren für Nadeln und Strahlablenker eingebaut.

Anpassung der Turbineneinläufe
Die grössere Fallhöhe und der erhöhte Durchfluss machten eine Anpassung der Turbineneinläufe erforderlich. Die Düsennadeln, die Düsenringe, die Düsenhalteringe und die Nadelstangen mussten ersetzt werden, weil der Düsenwinkel geändert sowie die ganze Konstruktion verstärkt und auf fettfreie Schmierung umgebaut wurde. Aufgrund der neuen Laufradgeometrie mussten auch die Strahlablenker ersetzt werden.

Anpassung der Maschinenabschlussorgane
Jede Peltonturbine der Zentrale Innertkirchen 1 hat als Abschlussorgane einen Betriebs- und einen Revisionskugelschieber. Die grössere Fallhöhe und der erhöhte Durchfluss erforderten Anpassungen in der Steuerung der Betriebskugelschieber und den Ersatz der Schliessmagnete.

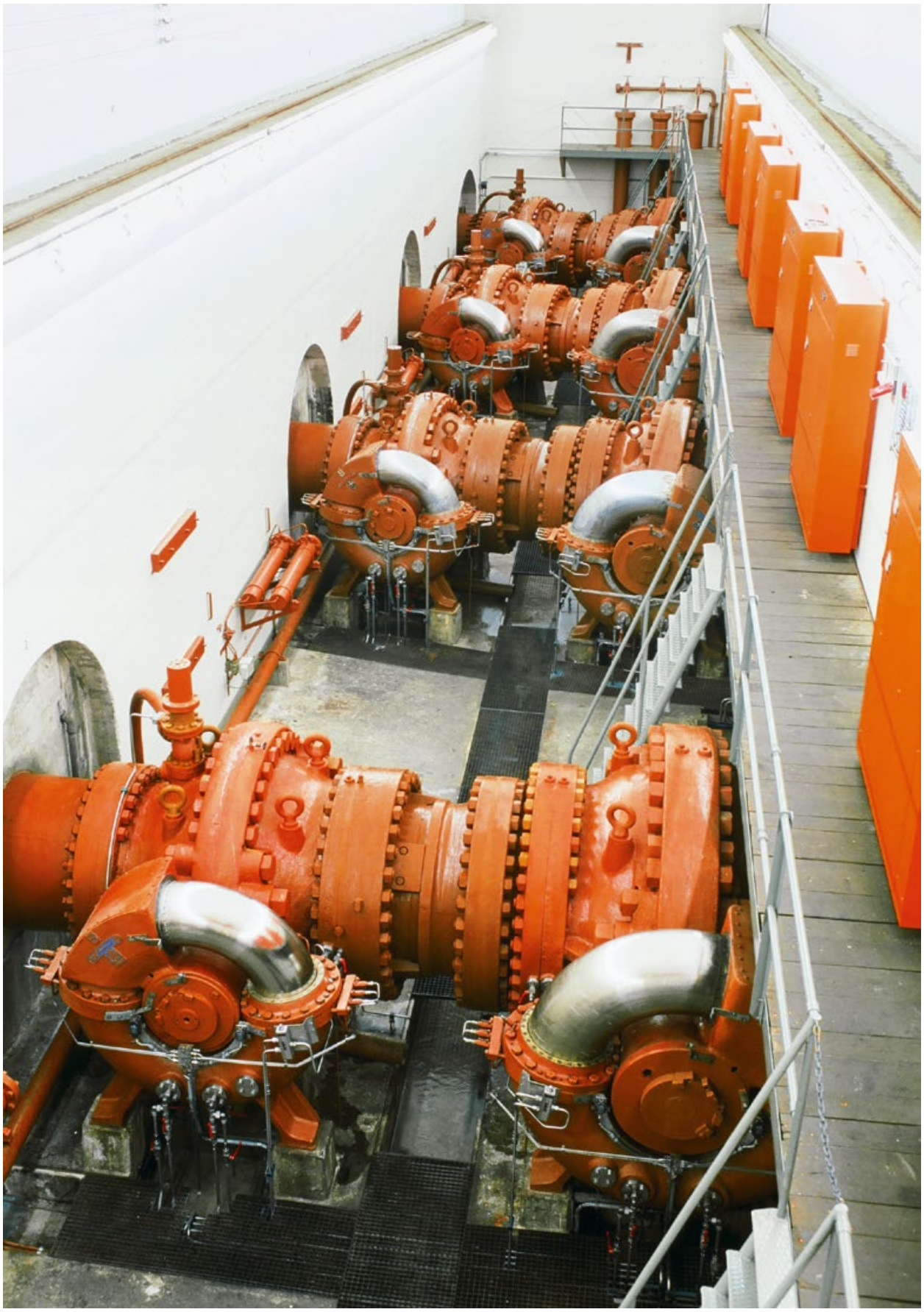
Weitere Sanierungen, die für den Erhalt des Kraftwerks Innertkirchen 1 unerlässlich waren:

Ersatz der Maschinentransformatoren und der 150-kV-Ölkabel
Die fünf 52.5-MVA-Maschinentransformatoren, welche die 13.5-kV-Generatorspannung auf die Übertragungsspannung von 150 kV (132-kV-Netz) transformierten, und die 150-kV-Ölkabel zur Freiluftschaltanlage Innertkirchen waren 60 Jahre alt, und dementsprechend häuften sich die Schadenfälle. Mit der Gesamtsanierung des Kraftwerks Innertkirchen 1 mussten deshalb die Maschinentransformatoren und die Hochspannungskabel ersetzt werden. Dabei wurde untersucht, ob in Zukunft eine Einspeisung wie bisher ins 132-kV-Netz oder ins 220-kV-Netz sinnvoller ist. Bei der Einspeisung ins 220-kV-Netz hätte die 220-kV-Schaltanlage mit grossem Kostenaufwand erweitert werden müssen, in der 150-kV-Schaltanlage waren die erforderlichen Schaltfelder jedoch vorhanden. Da zudem klar war, dass ein Strang der Leitung Innertkirchen–Wattenwil–Mühleberg auch in Zukunft mit 132 kV betrieben würde, war deshalb eine genügend starke 132-kV-Einspeisung in Innertkirchen zweckmässig. So konnte für den Trafo- und Kabelersatz die kostengünstigste Lösung gewählt werden. Die 150-kV-Ölkabel wurden durch Kunststoffkabel ersetzt, die später mit dem Bau der neuen 150-kV-GIS-Schaltanlage Innertkirchen in diese umgelegt wurden (siehe Kapitel A, Abschnitt 4).

Erneuerung der Leittechnikanlage
Die bestehende Anlage in analog elektronischer Ausführung stammte aus den Siebzigerjahren und war am Ende ihrer technischen und wirtschaftlichen Einsatzdauer. Die neue Leittechnikanlage in digitaler Ausführung umfasste die Maschinenautomatik, die Leistungsregulierung, die Steuer-, Schutz-, Mess- und Zähleinrichtung, die Gefahrenmeldung sowie die Vorort- und Fernbedienung, sowohl im Kraftwerk als auch in den Aussenanlagen.

Erneuerung und Sanierung der elektromechanischen Einrichtungen und des Eigenbedarfs
Die elektromechanischen Einrichtungen und die gesamte Eigenbedarfsversorgung inklusive des Hausgenerators wurden erneuert und saniert. Der Hausgenerator wurde so ergänzt, dass er bei Netzausfall automatisch startet und so die geforderte Schwarzstartfähigkeit des Kraftwerks Innertkirchen 1 ermöglicht.

Die Erneuerung der Leittechnikanlage sowie die Erneuerung und Sanierung der elektromechanischen Einrichtungen und des Eigenbedarfs sind in Umfang und technischer Beschreibung vergleichbar mit der



Sanierung der Kugelschieber (Foto Robert Bösch).

Leittechnikerneuerung der Kraftwerke im Gadmental (Kapitel A, Abschnitt 1). Der Vergleich gilt auch für die baulichen Anpassungen und das Kraftwerkskennzeichnungssystem (KKS).

Sanierung am bestehenden Stollen Handeck–Kapf
Der bestehende Stollen Handeck–Kapf wurde Anfang der Vierzigerjahre im Sprengvortrieb erbaut. Beim Baufenster Benzlaui durchquert der Stollen eine geologisch problematische Zone. An der Oberfläche liegt eine aktive Rutschmasse auf dem gewachsenen Fels auf, die empfindlich auf Durchnässung reagiert. Der Baufensterstollen schneidet diese Rutschmasse senkrecht, und im Übergangsbereich zum Fels entstanden grosse Deformationen, durch die der Baufensterstollen ständig kleiner wurde. Dieser wurde nun ausgeweitet; ein solider Stahleinbau wurde montiert, verankert, mit Beton hinterfüllt und mit Spritzbeton abgedeckt. Dieser Einbau sollte den Deformationen in Zukunft trotzen können.

Der wasserführende Druckstollen im Berginnern durchläuft im Bereich Benzlaui ein Gebräch, eine wasserführende Zone mit Klüften und Kaminen. Die Sanierung dieser etwa 300 m langen Zone im bestehenden Druckstollen wurde anschliessend an die Baufenstersanierung in Angriff genommen.

Für den Bau des Parallelstollens Handeck-Kapf inklusive der Verlängerung als Reservoirstollen sowie für die Aufwertung und Sanierung des Kraftwerks Innertkirchen 1 wurde der Kreditrahmen von insgesamt gut 90 Mio. CHF eingehalten.

6. TEIL 2: AUFWERTUNG UND SANIERUNG KRAFTWERK GRIMSEL 1

Das Kraftwerk Grimsel 1 wurde zusammen mit der Stauanlage Oberaar in den Jahren 1950 bis 1954 unter dem Namen Kraftwerk Oberaar gebaut. Ausgerüstet wurde das Kraftwerk ursprünglich mit einer 34-MW-Doppelpeltonturbine, die noch heute das Wasser vom Oberaarsee in den Räterichsbodensee abarbeitet, und mit einer mehrstufigen 10-MW-Pumpe, die Grimselseewasser in den Oberaarsee hochpumpte, um so den damals fehlenden Zufluss im Oberaarsee auszugleichen. Mit dem Bau des Pumpspeicherwerks Grimsel 2 verlor diese Pumpengruppe ihre Bedeutung. Von 1970 bis 1972 wurde die Grimselmaschine, eine 7-MW-Francisturbine eingebaut, die ca. 7 m^3/s Wasser vom Grimselsee in den Räterichsbodensee nachschieben konnte. Der Platz für diese Maschine war in der Zentrale von Anfang an vorgesehen. Aber auch mit dieser Maschine blieb der Wassernachschub vom Grimsel- zum Räterichsbodensee ein Engpass im hydraulischen System der KWO, der mit Teil 2 von KWO plus korrigiert wurde.

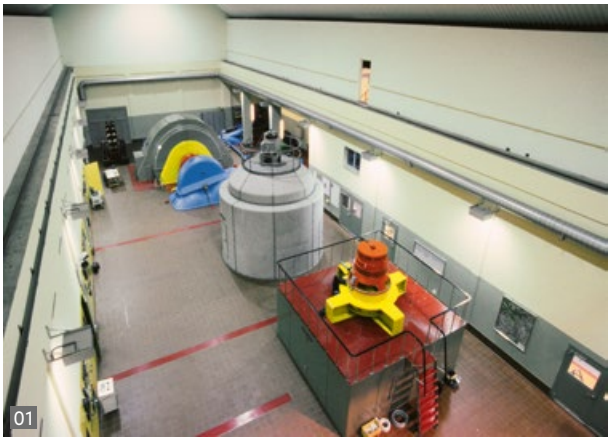
Die Pumpe und die 7-MW-Francisturbine wurden ausgebaut, an deren Stelle ein 29 m tiefer Schacht ausgebrochen und darin die neue Grimselmaschine, eine 32-MW-Francisturbine mit einem Durchfluss von 20 m^3/s und ein 32-MVA-Generator, eingebaut. Dazu musste auch ein neuer Triebwasserweg ausgebrochen werden. Der oberwasserseitige Druckstollen wurde am Gelmerstollen zwischen Grimselsee und Regulierkammer angeschlossen. Von da führt er in der Nähe der Regulierkammer unter der Lagerkaverne hindurch zur bestehenden Schieberkammer und von da zum neu erstellten Schacht in der Zentrale. Der Stollen wurde auf der ganzen Länge von rund 450 m gepanzert. Der 430 m lange Unterwasserstollen führt mit einer Steigung von 2 % vom Schachtfuss zum

Räterichsbodensee und endet mit einem Auslaufbauwerk, das mit Dammbalken abgeschlossen werden kann.

Als Abschlussorgane wurden drei Drosselklappen eingebaut: eine Revisionsdrosselklappe in der Lagerkaverne vor der Regulierkammer, eine Sicherheitsdrosselklappe in der bestehenden Schieberkammer kurz vor der Turbine sowie eine Drosselklappe nach dem Saugrohr der Turbine.

Mit dem Einbau der neuen Maschine wurden auch alle andern fälligen Erneuerungs- und Sanierungsmassnahmen am über fünzigjährigen Kraftwerk Grimsel 1 vorgenommen. Nebst der kompletten Leittechnikanlage mit Schutz-, Mess- und Steuereinrichtungen für die neue Maschine musste auch die Leittechnik der übrigen Anlagen im Kraftwerk Grimsel 1 erneuert werden. Im Weiteren mussten elektromechanische Einrichtungen und die Eigenbedarfsversorgung saniert und zum Teil erneuert werden. Die Arbeiten sind in Umfang und technischer Beschreibung vergleichbar mit den bereits erfolgten Erneuerungen und Sanierungen in den übrigen Kraftwerken der KWO. Dies gilt auch für die baulichen Anpassungen und das Kraftwerkskennzeichnungssystem (KKS).

Mit der neuen Grimselmaschine kann der gesamte natürliche Zufluss des Grimselsees in rund 2600 Volllaststunden in den Räterichsbodensee nachgeschoben werden. Dadurch wird der Strang Grimsel–Räterichsboden–Handeck gegenüber dem Strang Grimsel–Gelmer–Handeck aufgewertet, und die Energieverluste des ungenutzten Gefälles zwischen Grimsel- und Gelmersee werden reduziert, sodass insgesamt ein Energiegewinn von rund 25 GWh/Jahr resultiert. Zudem verbessert das grössere Schluckvermögen der neuen Turbine die Wasserbewirtschaftung des Grimsel- und des Räterichsbodensees, und dadurch werden die Einsatzmöglichkeiten der Kraftwerke Handeck 2 und 3 verbessert.



01 Zentrale Grimsel 1 vor der Aufwertung (Foto Robert Bösch).
02 Schachtausbruch für neue Grimselmaschine.

Die Vergrösserung des Grimselsees ist ein energiewirtschaftliches und wasserbauliches Projekt von kantonaler und nationaler Bedeutung.

Mit der Aufwertung und Sanierung des Kraftwerks Grimsel 1 wurde im Mai 2004 begonnen, und nach einigen Verzögerungen wegen Transportschäden am Generator und Inbetriebsetzungsproblemen mit der Turbine konnten die Arbeiten des Teils 2 von KWO plus im Jahr 2007 abgeschlossen werden. In die Aufwertung und Sanierung des Kraftwerks Grimsel 1 wurden 32 Mio. CHF investiert.

7. TEIL 3: VERGRÖSSERUNG GRIMSELSEE

Der Grimselsee wurde zusammen mit dem Gelmersee und dem Kraftwerk Handeck 1 als erste Anlage der KWO im Jahre 1932 in Betrieb genommen. Er ist der grösste Wasserspeicher der KWO und ermöglicht einen gewissen Ausgleich zwischen natürlichem Zufluss und Bedarf. Gemessen an den natürlichen Zuflüssen von 200 Mio. m^3 ist der Nutzinhalt von 95 Mio. m^3 jedoch nicht ausreichend, um diesen Ausgleich bedarfsorientiert gestalten zu können. Diese Situation wurde schon früh erkannt und hatte bereits 1936 und 1964 zu Grimselseevergrösserungsprojekten geführt.

Die Vergrösserung des Grimselsees ist eine bedeutende Verbesserungsmassnahme für den gesamten bestehenden Kraftwerkspark der KWO. Der Nutzen besteht einerseits in der Erhöhung des Winteranteils der Stromproduktion um rund 240 GWh. Anderseits wird der Anteil der hochwertigen Energiequalitäten der KWO-Kraftwerke erheblich gesteigert und die freie Verfügbarkeit der Kraftwerke ganzjährig verbessert. Im Weiteren gewinnt auch die Hochwasserschutzfunktion der KWO-Speicherseen noch mehr an Bedeutung.

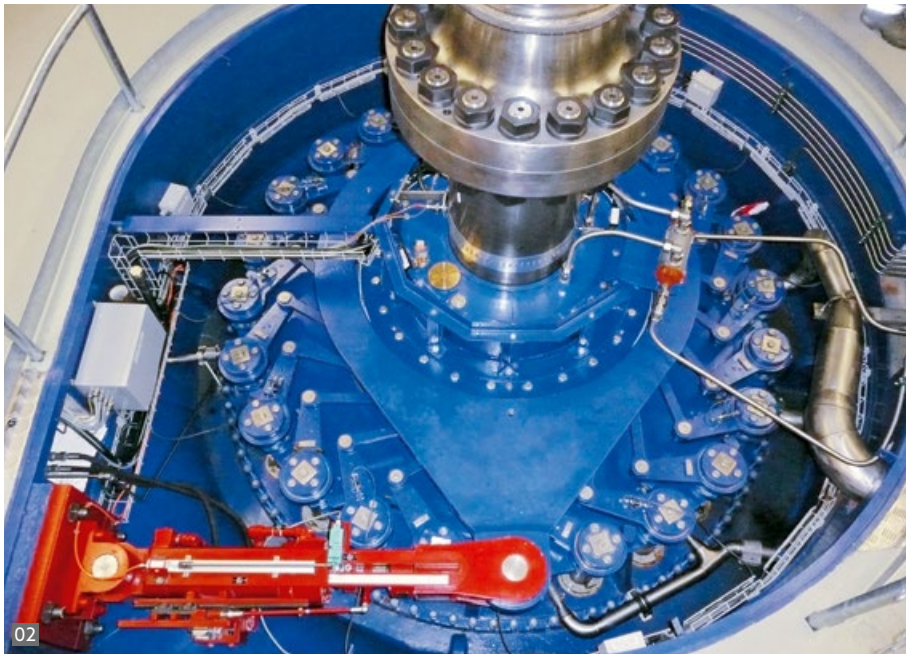
Die Vergrösserung des Grimselsees ist somit ein energiewirtschaftliches und wasserbauliches Projekt von kantonaler und nationaler Bedeutung. Das Grimselgebiet ist besonders gut geeignet für die Nutzung der Wasserkraft, und die natürlichen Gegebenheiten zur Vergrösserung des Speichervolumens sind ideal. Deshalb ist die Grimselseevergrösserung ein wichtiges Projekt von KWO plus.

Projektbeschreibung der Vergrösserung Grimselsee

Die Vergrösserung des Grimselsees sieht vor, den Staupegel um 23 m zu heben, wodurch das Speichervolumen um 75 Mio. m^3 auf insgesamt 170 Mio. m^3 erweitert wird. Das Projektvorhaben beinhaltet die Erhöhung der Seeufereggsperre, die Sanierung und Erhöhung der Spitallammsperre inkl. Massnahmen gegen die Verlandung der Grundablässe, die Erstellung von Erschliessungsstollen im Bereich der Sperren, kleinere Anpassungen an den Triebwassersystemen der Kraftwerke Grimsel 1 und 2 sowie die Verlegung der Grimselpassstrasse.

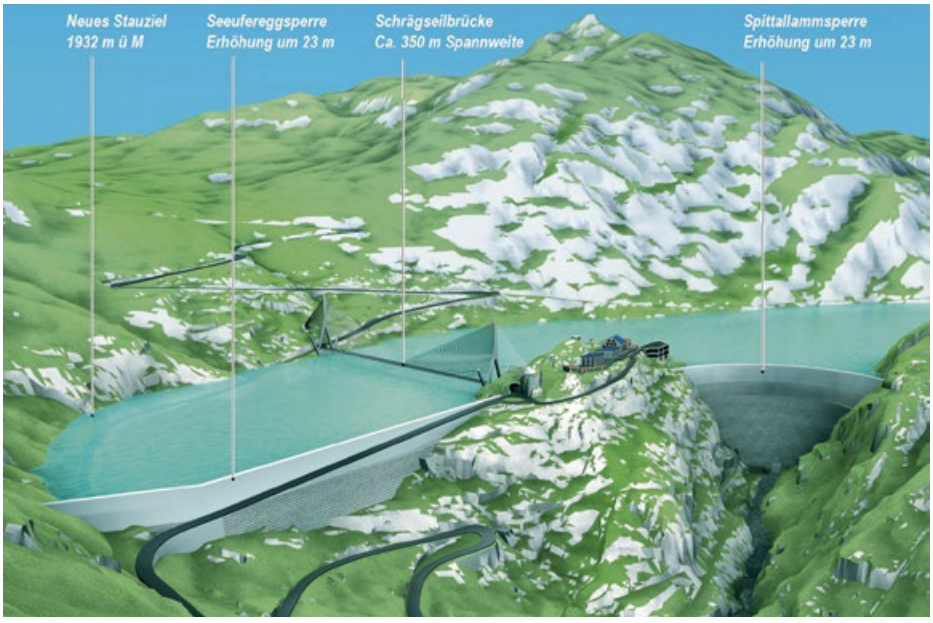
Grund der Spitallammsanierung

Die spezielle Konstruktion der Spitallammsperre führte mit der Zeit zu Anomalien im Verhalten der Talsperre. Aufgrund der speziellen Breschenbauweise verhält sich die Mauer nicht wie erwünscht als Monolith, und so kann im Frühjahr bei leerem See und starker Sonneneinstrahlung auf der Wasserseite das Öffnen einer Fuge zwischen den wasserseitigen Betonschichten (Trog- und Vorsatzbeton) und der luftseitigen Massenbetonschicht beobachtet werden. Diese Bauwerkstrennung nimmt stetig zu und macht eine Sanierung unumgänglich.



01 Turbinenrad der neuen Grimselmaschine.
02 Francisturbine der neuen Grimselmaschine.

Komponenten der Grimselseevergrösserung.



Das ursprüngliche Projekt für die Erhöhung und Sanierung der Spitallamm

Da sich die Bewilligungen für die Vergrösserung des Grimselsees verzögerten, musste die Sanierung der Spitallamm vorgezogen werden. Dabei wurde das nachstehend beschriebene Konzept geändert und eine neue doppelt gekrümmte Bogenmauer geplant, und die Massnahmen gegen die Verlandung wurden angepasst (siehe Kapitel H, Abschnitt 1).

Das ursprünglich gewählte Konzept kombinierte die Erhöhung und die erforderliche Sanierung mit der bestehenden Mauer. Der neue Teil der Mauer hätte die Form einer doppelt gekrümmten Bogen(gewichts)-mauer mit den folgenden wichtigsten Merkmalen erhalten:

- Die für die Erhöhung erforderliche Verstärkung des Mauerquerschnitts wäre ausschliesslich auf der Seeseite erfolgt;
- die Mauerverstärkung wäre nicht über die gesamte Höhe, sondern erst ab der Kote 1830.74 erfolgt;
- die bestehende Mauer wäre bis auf Kote 1888.74 abgebrochen worden;
- die Bereiche des Trog- bzw. Vorsatzbetons wären auf ihrer ganzen Höhe bis auf Kote 1830.74 abgebrochen und durch eine neue, gut dichtende, mit dem Massenbeton verbundene und vertikal gekrümmte Vorsatzbetonschicht ersetzt worden;
- Kronenlänge 287 m;
- Kronenbreite 4.5 m;
- Mauerhöhe 136 m;
- neues Betonvolumen 240 000 m^3;
- totales Betonvolumen 490 000 m^3.

Zur Gewährleistung der Zufahrt im Bau und auch im Betrieb waren zwei neue Erschliessungsstollen vorgesehen. Einer, von der linken Flanke der Seeufereggsperre ausgehend, hätte die neue Mauerkrone mit der neu verlegten Grimselstrasse verbunden, der andere hätte dem Betontransport gedient.

01 Stauanlage Grimselsee, Seeuferegg- und Spitallammsperre.
02 Fotomontage der Grimselseevergrösserung.

Blick zur Grimselseebrücke.

Erhöhung der Seeufereggsperre
Da es sich um eine reine Gewichtsmauer handelt, erfordert die Erhöhung der Mauer eine Verstärkung auf der gesamten Höhe. Wegen der talseitig steil abfallenden Topografie kann die erforderliche Verstärkung nur auf der Seeseite erfolgen. Die Verstärkung des Mauerquerschnitts wird so gestaltet, dass einerseits das Profil einer Gewichtsmauer beibehalten wird und anderseits Hohlräume bei den Baufugen angeordnet werden können. Die Luftseite der bestehenden Mauer sowie die Zufahrt über diese bleiben im Prinzip bestehen. Für die verlegte Grimselstrasse wird auf der Luftseite der Erhöhung eine Rampenbrücke angeordnet.

Die wichtigsten Kenndaten der erhöhten Seeufereggsperre lauten:
– Kronenlänge 519 m;
– Kronenbreite 4.5 m;
– Mauerhöhe 63.4 m;
– Breite am Mauerfuss 48 m;
– neues Betonvolumen 290 000 m^3;
– totales Betonvolumen 360 000 m^3.

Mit der Erhöhung der Seeufereggsperre muss auch die Hochwasserentlastungsanlage neu gebaut werden. Die vorhandenen Saugheber werden durch ein zweifeldriges Klappenwehr mit anschliessender Schussrinne ersetzt.

Verlegung der Grimselpassstrasse und des Wanderwegs
Die Grimselpassstrasse quert die Seeufereggsperre auf deren Kronenkote beim rechten Widerlager und führt mehrere hundert Meter leicht steigend dem See entlang. Auf dieser Strecke kommt die Strasse unter den erhöhten Wasserspiegel des Grimselsees zu liegen und muss folglich verlegt werden.

Die verlegte Grimselstrasse führt entlang der Luftseite der Seeufereggsperre steigend auf das Ostende des Nollens, überquert dann mit einer Schrägseilbrücke den Grimselsee und trifft an dessen Südufer wieder auf die bestehende Passstrasse. Der Strassenplan zur vorgesehenen Verlegung der Grimselstrasse wurde vom Regierungsrat des Kantons Bern genehmigt und ist rechtskräftig.

Durch den Höherstau des Grimselsees müssen Teilbereiche des Bergweges zur SAC-Lauteraarhütte verlegt und angepasst werden.

Projektverlauf der Vergrösserung Grimselsee
Für die Vergrösserung des Grimselsees hatte die KWO bereits im Oktober 2005 ein Baugesuch eingereicht und erhielt im März 2007 vom Wasserwirtschaftsamt des Kantons Bern die Baubewilligung. Auf die Beschwerde von verschiedenen Verbänden wurde diese Bewilligung vom Berner Verwaltungsgericht mit der Beurteilung aufgehoben, das Projekt erfordere eine Änderung der bestehenden Gesamtkonzession und benötige deshalb ein Konzessionsverfahren. Die dagegen erhobene Beschwerde der KWO wies das Bundesgericht im Februar 2009 ab.

Mit Urteil vom 5. April 2017 hat die öffentlich-rechtliche Abteilung des Bundesgerichtes die Beschwerde gutgeheissen und das Urteil des Verwaltungsgerichtes des Kantons Bern aufgehoben.

Im September 2010 reichte die KWO für die Vergrösserung des Grimselsees ein Gesuch um Anpassung und Ergänzung der Gesamtkonzession vom 12. Januar 1962 ein. Der Grosse Rat des Kantons Bern genehmigte die beantragte Anpassung und Ergänzung der Konzession und wies die Einsprachen ab, soweit er darauf eintrat.

Gegen diesen Beschluss erhoben verschiedene Verbände Beschwerde an das Verwaltungsgericht des Kantons Bern. Dieses hiess die Beschwerden gut und hob den Beschluss des Grossen Rates vom September 2012 auf und wies das Gesuch der KWO ab mit der Begründung, die südliche Perimetergrenze der Moorlandschaft «Grimsel» sei vom Bundesrat rechtswidrig festgelegt worden. Die Grenze habe entlang des heutigen Stauziels des Grimselsees zu verlaufen. Damit erübrige sich die Prüfung der übrigen geltend gemachten Eingriffe in Schutzgebiete.

Dagegen hat die KWO im Februar 2016 Beschwerde in öffentlich-rechtlichen Angelegenheiten ans Bundesgericht erhoben und beantragt, der angefochtene Entscheid sei aufzuheben und die Sache zur Neubeurteilung und zur Prüfung der weiteren erhobenen Rügen an die Vorinstanz zurückzuweisen. Mit Urteil vom 5. April 2017 hat die öffentlich-rechtliche Abteilung des Bundesgerichtes die Beschwerde gutgeheissen und das Urteil des Verwaltungsgerichtes des Kantons Bern aufgehoben. Die Sache wurde zur weiteren Behandlung der Beschwerden an das Verwaltungsgericht zurückgewiesen. Die entsprechenden Entscheide des Verwaltungsgerichtes sind noch hängig.

8. DER WEITERE VERLAUF VON KWO PLUS

Wie bereits im vorstehenden Abschnitt erwähnt, ist der Teil 3 «Vergrösserung Grimselsee» noch nicht bewilligt und steht noch vor gerichtlichen Entscheiden. Aufgrund des Bauzustandes der Spitallammsperre und des schleppenden Gerichtsverfahrens für die Seevergrösserung verlangte die Talsperrenaufsichtsbehörde (BFE) ein genehmigungsreifes Sanierungsprojekt. Deshalb wurde das Sanierungsprojekt der Spitallammsperre in Angriff genommen, das im Kapitel H, Abschnitt 1 beschrieben wird.

Das im Teil 4 vorgesehene Projekt eines Pumpspeicherwerks Grimsel 3 zwischen dem Oberaar- und dem Räterichsbodensee wurde mit dem Abschluss des Bauprojekts fertig geplant, jedoch vorläufig zurückgestellt. Das Projekt wird im Kapitel I, Abschnitt 2 beschrieben.

Anstelle des Kraftwerks Innertkirchen 3 im Teil 5 wurde das Tandemprojekt mit der Aufwertung der Kraftwerke Innertkirchen 1 und Handeck 2 in Angriff genommen, das im Kapitel G beschrieben wird.

G

GROSSPROJEKT TANDEM: AUFWERTUNG DER KRAFTWERKE HANDECK 2 UND INNERTKIRCHEN 1

Die bestehende Wasserkraftnutzung zwischen dem Räterichsbodensee und Innertkirchen wurde mit dem Grossprojekt Tandem um einen zusätzlichen, parallelen Triebwasserweg und je eine zusätzliche Maschine in den Kraftwerken Handeck 2 und Innertkirchen 1 erweitert. Mit der Aufwertung der Kraftwerksanlagen Handeck 2 und Innertkirchen 1 wurden sowohl die Leistung als auch die Energieproduktion massgeblich gesteigert. Für die Rückgabe des Wassers in die Aare in Innertkirchen wurden ein neuer Unterwasserstollen und ein Beruhigungsbecken erstellt und damit eine deutliche Reduktion des Schwall-Sunk-Verhältnisses erreicht.

Mit der Aufwertung der Kraftwerksanlagen Handeck 2 und Innertkirchen 1 wurden Leistung und Energieproduktion massgeblich gesteigert.

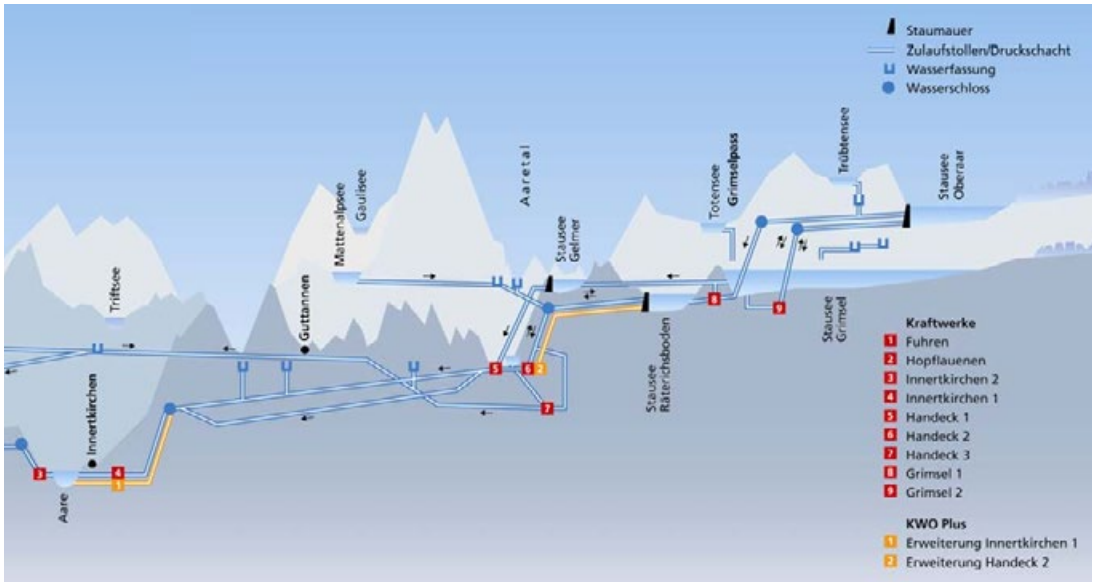
1. KONZEPT UND ZUSAMMENFASSUNG

Das Grossprojekt innerhalb des Investitionsprogramms KWO plus war die Aufwertung der Kraftwerke Handeck 2 und Innertkirchen 1. Die Aufwertung der beiden Kraftwerke trat an die Stelle des ursprünglich vorgesehenen Kraftwerks Innertkirchen 3 (Teil 5).

Mit dem Grossprojekt Tandem wurde die bestehende Wasserkraftnutzung zwischen dem Räterichsbodensee und Innertkirchen um einen zusätzlichen, parallelen Triebwasserweg (Parallelstollen und parallele Druckschächte) und je eine zusätzliche Maschine in den Kraftwerken Handeck 2 und Innertkirchen 1 erweitert. In einem früheren Projekt war in den Jahren 2002 bis 2007 bereits der 10 km lange Parallelstollen von der Handeck bis zum Wasserschloss Kapf des Kraftwerks Innertkirchen 1 realisiert worden (Kapitel F, Abschnitt 5).

Mit der Aufwertung der Kraftwerksanlagen Handeck 2 und Innertkirchen 1 wurden sowohl die Leistung als auch die Energieproduktion massgeblich gesteigert. Der Zuwachs an elektrischer Energie entstand durch die Verbesserung des hydraulischen Wirkungsgrads. Mit der Leistungserhöhung konnte der steigenden Nachfrage nach kurzfristig zur Verfügung stehender Spitzenenergie entsprochen werden. Dies wurde durch die Erhöhung der Ausbauwassermenge um 23 m^3/s beim Kraftwerk Handeck 2 und um 25 m^3/s beim Kraftwerk Innertkirchen 1 ermöglicht.

Für die Rückgabe des Wassers in die Aare in Innertkirchen wurden ein neuer Unterwasserstollen und ein Beruhigungsbecken erstellt. Das Beruhigungsbecken wurde für die Abflüsse der Kraftwerke Innertkirchen 1 und Innertkirchen 2 ausgelegt. Dank dem Retentionsvolumen von Beruhigungsbecken und Unterwasserstollen von insgesamt rund 50 000 m^3 wurde eine deutliche Reduktion des Schwall-Sunk-Verhältnisses in der Aare erreicht.



Längenprofil durch die Anlagen der KWO im Aaretal mit Lage der Aufwertungsprojekte Kraftwerke Handeck 2 und Innertkirchen 1.

Mit einer neuen Maschine in einer separaten Nebenkaverne wurde die installierte Leistung des Kraftwerks Handeck 2 um 90 MW erhöht.

Mit dem Tandemprojekt wurden die folgenden Hauptanlageteile realisiert:

Aufwertung KW Handeck 2

- Paralleles Triebwassersystem Räterichsboden–Handeck;
- Kraftwerkszentrale Handeck 2A mit Anschluss an die Reservoirkammern Handeck.

Aufwertung KW Innertkirchen 1

- Paralleler Druckschacht vom Wasserschloss Kapf zur Zentrale Innertkirchen 1;
- Kraftwerkszentrale Innertkirchen 1A;
- neuer Unterwasserstollen zum Beruhigungsbecken;
- Beruhigungsbecken vor der Zentrale Innertkirchen 2.

Für das Aufwertungsprojekt Tandem wurde kein zusätzliches Wasser gefasst oder Gefälle ausgenützt, trotzdem war eine Anpassung und Ergänzung der Gesamtkonzession erforderlich.

Für die Realisierung des Tandemprojektes wurden total, inkl. des Erschliessungsstollens Handeck–Gerstenegg, 303 Mio. CHF investiert.

2. ERSCHLIESSUNGSSTOLLEN HANDECK-GERSTENEGG

Für die Realisierung der weiteren KWO-plus-Projekte, namentlich für die Aufwertung des Kraftwerks Handeck 2, die Vergrösserung des Grimselsees bzw. die Sanierung der Spitallammsperre sowie für einen eventuellen späteren Bau des PSW Grimsel 3 und des Kraftwerks Grimsel 1E wurde der Erschliessungsstollen Handeck–Gerstenegg (EHG) gebaut. Dieser führt vom Vorplatz des Kraftwerks Handeck 2 zum bestehenden Zugangsstollen Gerstenegg–Pumpspeicherwerk Grimsel 2. Er dient den Bauprojekten als Bauerschliessung, Entwässerungsstollen und Winterzugang, aber auch als wintersichere Zufahrt zu den bestehenden Kraftwerksanlagen im Grimselgebiet.

Der rund 3.5 km lange EHG steigt mit 12 % von der Handeck zur Gerstenegg und stösst nahe beim Portal in den Zugangsstollen Gerstenegg–Grimsel 2. Kurz vor der Einmündung führt ein 140 m langer Fensterstollen zum Vorplatz des Portals Gerstenegg. Dieser Fensterstollen diente während der Ausbrucharbeiten als Bauzugang. An dieser Stelle befindet sich die Lüftungsanlage mit zwei Ventilatoren, die bei einem Brandereignis im EHG für die Entrauchung sorgen.

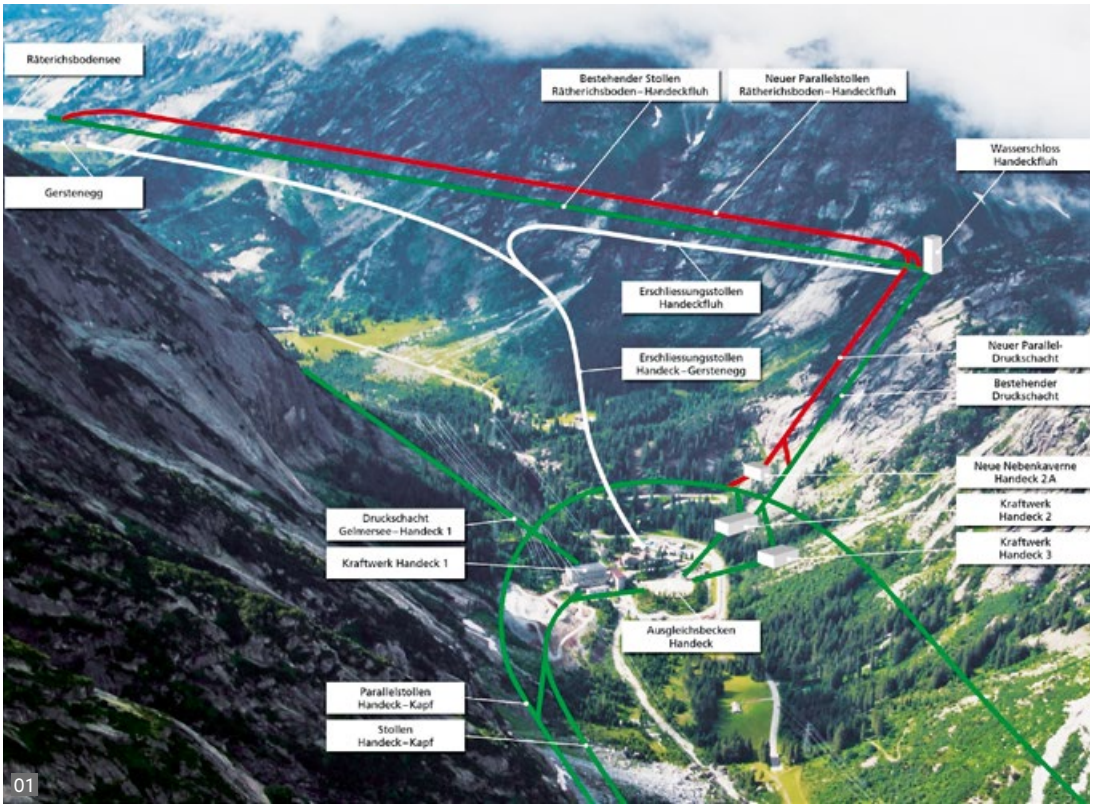
Die Lichtraumhöhe von 4.20 m entspricht derjenigen des Zugangsstollens Gerstenegg–Grimsel 2. Mit einer Fahrspurbreite von 3.65 m ist der EHG nur einspurig befahrbar, es sind jedoch genügend Ausweichstellen vorhanden.

3. AUFWERTUNG KRAFTWERK HANDECK 2

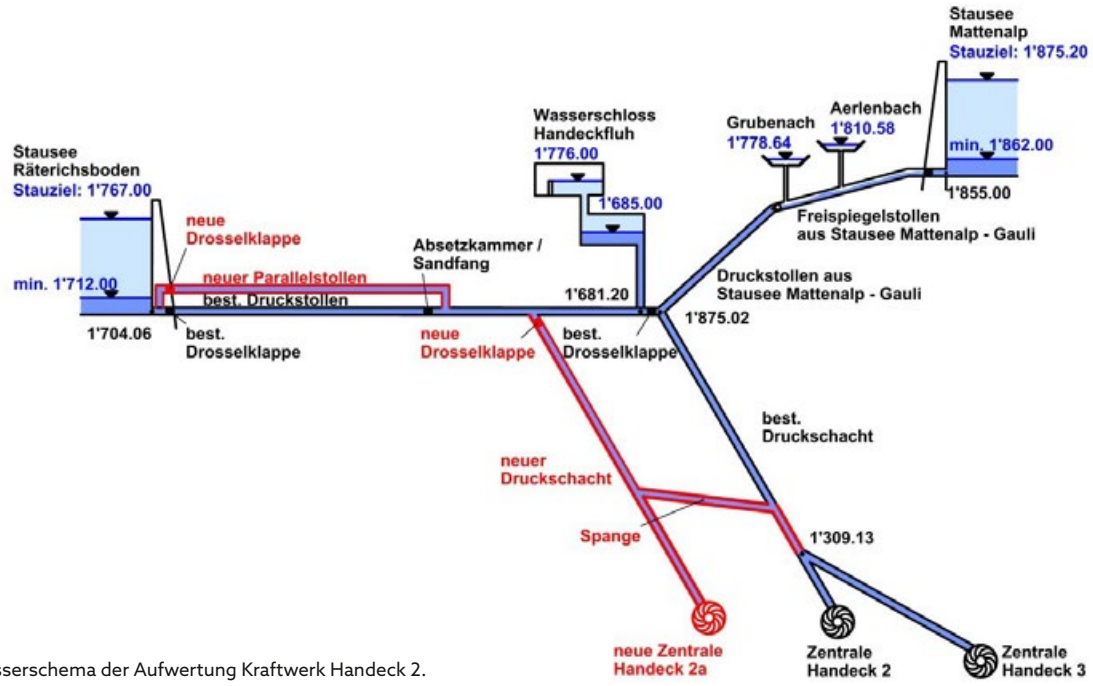
Mit einer neuen Maschine in einer separaten Nebenkaverne wurde die installierte Leistung des Kraftwerks Handeck 2 um 90 MW erhöht. Für die zusätzliche Triebwassermenge von 23 m^3/s wurde ab dem Stausee Räterichsboden ein neues, paralleles Triebwassersystem bis zu den Kraftwerken in der Handeck erstellt.

Paralleles Triebwassersystem Räterichsboden–Handeck

Das neue Triebwassersystem zwischen dem Stausee Räterichsboden und den Kraftwerken Handeck wurde so ausgelegt, dass es parallel zu dem bestehenden System eine Wassermenge von zusätzlich 23 m^3/s, d. h. total 65.5 m^3/s führen kann. Für die Realisierung des neuen Triebwassersystems waren folgende Bauwerke erforderlich:



01 Gesamtübersicht Erschliessungsstollen und Aufwertung Kraftwerk Handeck 2.
02 Erschliessungsstollen EHG, Portal Handegg.



Triebwasserschema der Aufwertung Kraftwerk Handeck 2.

– Anschluss des neuen Parallelstollens an den bestehenden Stollen beim Räterichsbodensee;
– Apparatekammer Gerstenegg;
– Parallelstollen Räterichsboden–Handeckfluh;
– Anschluss Parallelstollen und -schacht Handeckfluh;
– Apparatekammer Handeckfluh;
– Parallelschacht Handeckfluh–Handeck;
– Verbindungsspange zwischen bestehendem und neuem Druckschacht.

Anschluss des neuen Parallelstollens an den bestehenden Stollen beim Räterichsbodensee

Hydraulische Modellversuche hatten ergeben, dass das bestehende Einlaufbauwerk im Räterichsbodensee für die zusätzlichen 23 m^3/s genügt. Der neue Parallelstollen wurde somit unmittelbar hinter dem Einlaufbauwerk an den bestehenden Stollen angeschlossen, er zweigt in einem 20-Grad-Winkel vom bestehenden Stollen ab.

Für den Anschluss, der im Winter ausgeführt wurde, mussten der Räterichsbodensee und das Triebwassersystem komplett entleert werden. Um die Baustelle vor einem Hochwasser zu schützen, blieb der Grundablass während der Bauzeit voll geöffnet. Bei einem Wasserstand mit genügender Sicherheit gegen eine Überflutung der Baustelle konnte der Grundablass noch einen Abfluss von 20 m^3/s abführen. So war die Baustelle bis zu einem Hochwasserereignis HQ_{10} der Zuflüsse zum Räterichsbodensee in den Wintermonaten sicher. Als weitere Sicherheit zum Schutz der Baustelle gegen Hochwasser wurde ein zusätzlicher Rückhalteraum im Oberaar- und im Grimselsee geschaffen.

Der Ablauf der Seeentleerung und die ökologischen Massnahmen zum Schutz der Fischgewässer waren in einem ähnlichen Rahmen wie bei der Entleerung 1991 (Kapitel A, Abschnitt 7). Die Auswirkungen und ökologischen Massnahmen wurden im Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) 2. Stufe detailliert umschrieben und mit entsprechender Begleitung durchgeführt.

Apparatekammer Gerstenegg

Im Tiefpunkt des neuen Parallelstollens wurde die Apparatekammer für die Installation einer Drosselklappe angeordnet, die als Sicherheits- und Seeabschlussorgan dient. Die Apparatekammer wurde vom Erschliessungsstollen Handeck–Gerstenegg erschlossen. Die Kammer diente auch als Startpunkt für die beiden steigenden Vortriebe des Parallelstollens Richtung Räterichsbodensee und Richtung Handeckfluh.

Entleerung Räterichsbodensee.

Erschliessungsstollen EHG, Portal Gerstenegg.

Parallelstollen Räterichsboden–Handeckfluh
Der neue über drei Kilometer lange Stollen mit einem Innendurchmesser von 4.10 m verläuft bergseits parallel in einem Abstand von 50 m zum bestehenden Stollen. Vom Anschluss Räterichsbodensee bis zur Apparatekammer fällt der Stollen 550 Meter mit 6 %. Dieser Teil wurde im Sprengvortrieb ausgebrochen. Der 2.9 Kilometer lange Teil bis Handeckfluh steigt mit 0.5 %. Dieser wurde mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) aufgefahren.

Anschluss Parallelstollen und -schacht Handeckfluh
Der Anschluss des neuen Parallelstollens an das bestehende Triebwassersystem wurde 30 m vor dem Wasserschloss mit einem Verbindungsstollen realisiert. Damit bei einer Revision beide Stollen unabhängig voneinander betrieben werden können, kann auf beiden Strängen ein Abschlussdeckel eingebaut werden.

Apparatekammer Handeckfluh
In der Handeckfluh wurde eine Apparatekammer mit der Sicherheitsdrosselklappe für den Druckschacht angeordnet. Auch der Einbau der Stahlpanzerung im neuen Druckschacht erfolgte über die Apparatekammer.

Für die Erschliessung der Baustellen Handeckfluh war ursprünglich eine temporäre Materialseilbahn von der Handeck her vorgesehen. Mit dem Bau des Erschliessungsstollens Handeck–Gerstenegg (EHG) hat sich jedoch eine in jeder Beziehung bessere Möglichkeit ergeben. Abzweigend vom EHG wurde ein Erschliessungsstollen bis Handeckfluh gebaut, was nicht nur den Bau erleichterte, sondern auch für den Betrieb von grossem Vorteil ist.

Parallelschacht Handeckfluh–Handeck
Der neue Druckschacht mit einem Gefälle von rund 61 % verläuft parallel zum bestehenden Druckschacht. Er ist 900 m lang, und die durchgehende Panzerung hat einen Innendurchmesser von 2.40 m. Der Schacht wurde mit einer TBM von der Schachtfusskaverne aus aufgefahren. Der Zugang zur Schachtfusskaverne und die Kaverne selbst wurden konventionell ausgebrochen.

Die Stahlpanzerung wurde abschnittsweise mit sechs bis neun Meter langen Rohrschüssen von der Apparatekammer Handeckfluh aus montiert und der verbleibende Zwischenraum zum Ausbruchprofil mit Beton hinterfüllt. Auf der Innenseite der Panzerung wurde ein mehrschichtiger Korrosionsschutz aufgebracht.

01 Querschnitt durch Kraftwerkszentrale.
02 Montage Generatorstator.
03 Transport Maschinentransformator.

Ausbruch Kraftwerkszentrale.

Verbindungsspange zwischen bestehendem und neuem Druckschacht

Damit bei jeder Wassermenge beide Druckschächte beansprucht werden und so die Reibungsverluste jederzeit auf das Minimum reduziert sind, wurden 70 m bergwärts der bestehenden Verteilleitung die beiden Druckschächte in der sogenannten Verbindungskammer mithilfe eines Verbindungsbauwerks zusammengeschlossen. Die Verbindung weist eine Länge von 70 m auf. Der Innendurchmesser der Stahlpanzerung beträgt 1.50 m. Hier kann temporär ein Revisionsabschluss eingesetzt werden, sodass die beiden Systeme im Revisionsfall unabhängig voneinander betrieben werden können. Für den Zugang zur Verbindungskammer wurde ein Zugangsstollen ab dem EHG erstellt.

Kraftwerkszentrale Handeck 2A

Bauliche Ausführung

Die Kraftwerkszentrale Handeck 2A wurde als Nebenkaverne zur bestehenden Kaverne des Kraftwerks Handeck 2 erstellt. Die Lage hinter dem Reservoirstollen Loibbach ergab sich einerseits aus geologischen beziehungsweise felsmechanischen und anderseits aus bautechnischen Überlegungen. Durch einen Abstand von 80 m zur bestehenden Kaverne Handeck 2 konnte während der Sprengarbeiten von geringer Beeinträchtigung der bestehenden Anlage ausgegangen werden.

Die Maschinenkaverne ist 43 Meter lang, 18 Meter breit und 16 Meter hoch, der Maschinenschacht ist 20 Meter lang, 18 Meter breit und 17 Meter hoch. Kaverne und Schacht wurden bergmännisch erstellt und mit einer Spritzbeton- bzw. mit einer Betonauskleidung gesichert. Der Rohbau der beiden Kavernen besteht aus einer Stahlbetonkonstruktion. Im Maschinenhaus wurden die Geschosse über Treppenhäuser sowie mit einer Liftanlage erschlossen.

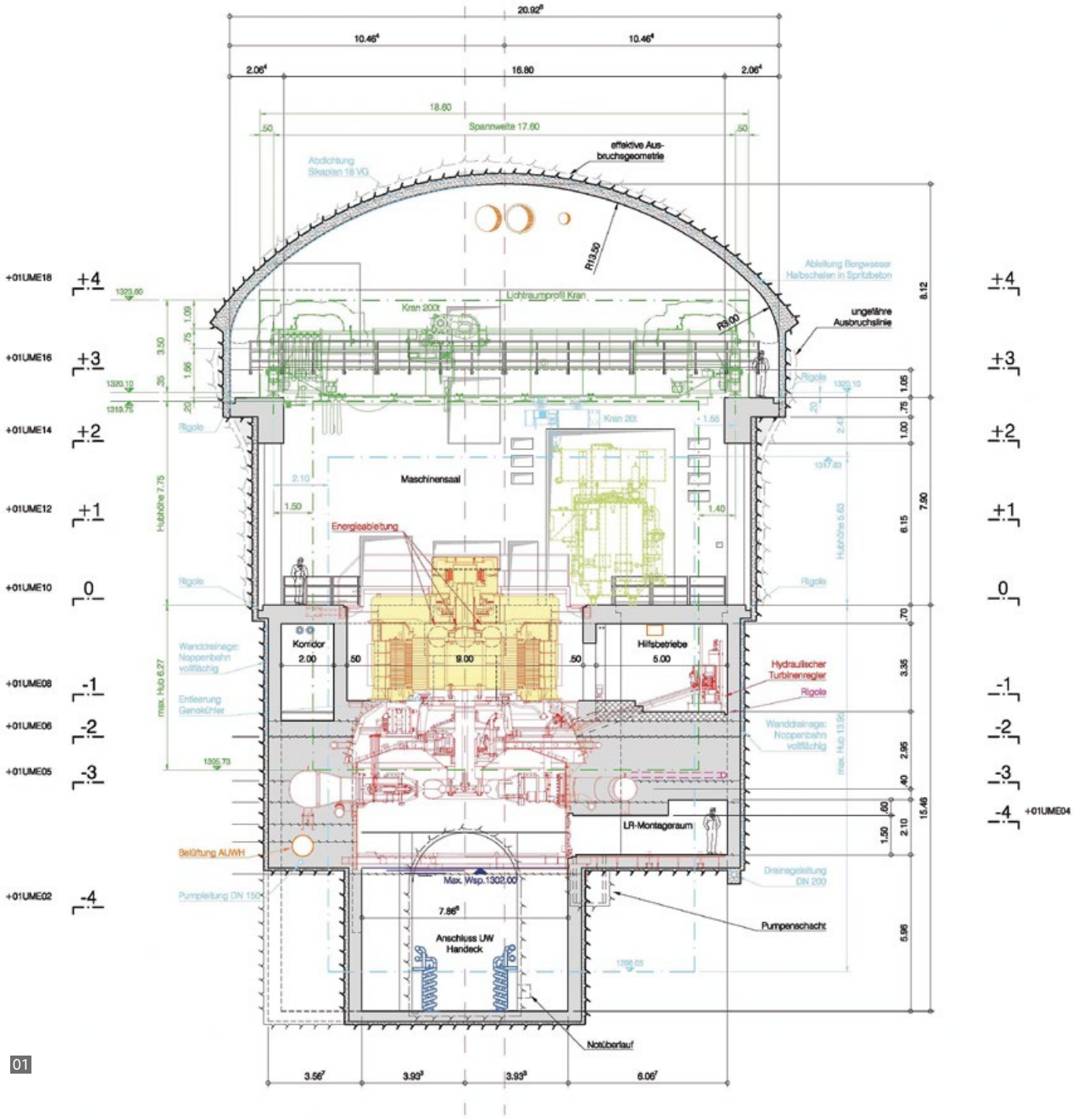
Elektromechanische Ausrüstung

Die neue Kraftwerkszentrale Handeck 2A wurde mit einer vertikalachsigen Peltonturbine mit sechs Düsen ausgerüstet. Die Leistung der Turbine beträgt 90 MW, und sie besitzt ein Schluckvermögen von 23 m^3/s. Als Maschinenabschlussorgan wurde oberwasserseitig ein Kugelschieber eingebaut. Der 100-MVA-Generator sowie der 100-MVA-Transformator vervollständigen die elektromechanischen Hauptkomponenten der Kraftwerkszentrale Handeck 2A. Die Zugangsstollen via EHG ab dem Portal Handeck wurden für den Transport dieser Hauptkomponenten dimensioniert.

Die komplette Leittechnikanlage mit den digitalen Schutz-, Mess- und Steuereinrichtungen, die Maschinenhilfsbetriebe und die Eigenbedarfsanlagen entsprechen dem KWO-Standard in den übrigen erneuerten und sanierten Kraftwerken. Die neue Maschine im Kraftwerk Handeck 2A wird ab der Zentralen Leitstelle (ZLS) in Innertkirchen betrieben und überwacht. Bei Störungen im Leittechniknetz ist der Betrieb über den lokalen Kraftwerksleitstand gewährleistet.

Energieableitung

Im Jahr 2006 wurde die neue 220-kV-GIS-Schaltanlage Handeck in Betrieb genommen (Kapitel A, Abschnitt 3). Die Aufwertung des Kraftwerks Handeck 2 wurde in der Planung dieser Schaltanlage bereits berücksichtigt und ein Schaltfeld für die neue Maschine des Kraftwerks Handeck 2A eingeplant. Der 100-MVA-Maschinentransformator wurde mit 220-kV-Kunststoffkabeln mit dem vorgesehenen Feld in der 220-kV-GIS-Schaltanlage Handeck verbunden, in dem sich auch der Maschinenschalter befindet.


20.92
10.46
10.46
2.06
16.80
2.06
18.80
Spannweite 17.80
effektive Ausbruchsgeometrie
Abdichtung Skeplan 18 VG
R13.50
Ableitung Bergwasser Halbschalen in Spritzbeton
Lichtraumprofil Kran
Kran 200t
R3.00
ungefähre Ausbruchslinie
Rigole
Kran 20t
Maschinensaal
Energieableitung
Korridor
2.00
9.00
Hilfsbetriebe
5.00
Hydraulischer Turbinenregler
Wanddrainage: Noppenbahn vollflächig
Entleerung Generator
LR-Montageraum
Belüftung AUWH
Pumpleitung DN 150
Max. Wsp. 1302.00
Anschluss UW Handeck
Pumpenschacht
Drainageleitung DN 200
Notüberlauf
Hubhöhe 7.75
max. Hub 6.27
Hubhöre 5.63
max. Hub 13.90
+01UME18
+01UME16
+01UME14
+01UME12
+01UME10
+01UME08
+01UME06
+01UME05
+01UME02
+01UME04
+4
+3
+2
+1
0
-1
-2
-3
-4
3.56
3.93
3.93
6.06

01

02

03

Maschinengruppe montiert.

ABB

Zusammenstellung der technischen Daten der Aufwertung Kraftwerk Handeck 2.

Hydraulische Grundlagen	
Stauziel Räterichsbodensee (unverändert)	1767.00 m ü. M.
Min. Betriebskote Räterichsbodensee (unverändert)	1712.00 m ü. M.
Stauziel Ausgleichsbecken Handeck (unverändert)	1301.74 m ü. M.
Min. Betriebskote Ausgleichsbecken Handeck (unverändert)	1296.00 m ü. M.
Einbaukote Achse Turbinenrad	1305.00 m ü. M.
Max. Bruttogefälle der Turbine	462 m
Min. Bruttogefälle der Turbine	407 m
Ausbauwassermenge	23 m^3/s
Triebwasserweg	
Parallelschacht Handeckfluh–Handeck	
Innendurchmesser Panzerung Parallelschacht	2.4 m
Kavernenzentrale HA2A	
L × B × H Innenmasse	43 × 18 × 16 m
Krankapazität ausgelegt für Rotor komplett	200 t
Lichte Höhe Kran	7 m
Elektromechanische Ausrüstung	
Turbine	
Typ	vertikalachsige Peltonturbine mit 6 Düsen
Leistung	90 MW
Drehzahl	333 U/min
Generator	
Nennleistung	100 MVA
Nennspannung	13.5 kV
Gewicht Rotor/Stator	ca. 200/150 t
Maschinentransformator	
Typ	220 kV, 3-phasig, Öl-isoliert
Nennleistung	100 MVA
Maschinenabschlussorgan	
Kugelschieber	DN 2000 PN64

Mit einer neuen Maschine in einer separaten Nebenkaverne wurde die Leistung des Kraftwerks Innertkirchen 1 um ca. 150 MW erhöht.

Unterwasserstollen
Der neue Unterwasserstollen verbindet die Maschinenkaverne mit dem als Reservoirstollen verlängerten Parallelstollen Handeck–Kapf. Die Länge des Stollens beträgt 50 m und sein Querschnitt 23 m^2.

Ausgleichsbecken Handeck
Die Wasserrückgabe des Kraftwerks Handeck 2A erfolgt über den Reservoirstollen in die Reservoirkammern, die mit dem Ausgleichsbecken verbunden sind. Da der Zufluss zum Becken um 23 m^3/s zunahm, muss die Hochwasserentlastung des Beckens angepasst werden. Diese wurde mit einem 30 m langen freien Überfall mit Sammelrinne am westlichen Damm des Beckens erweitert.

4. AUFWERTUNG KRAFTWERK INNERTKIRCHEN 1

Mit einer neuen Maschine in einer separaten Nebenkaverne wurde die Leistung des Kraftwerks Innertkirchen 1 um ca. 150 MW erhöht. Für die zusätzliche Triebwassermenge von 25 m^3/s wurde ein neues, paralleles Triebwassersystem von der Handeck bis Innertkirchen gebaut. Damit kann das vorhandene Wasserdargebot effizienter genutzt und jährlich eine Mehrproduktion von rund 30 GWh elektrischer Energie erzeugt werden.

Mit dem Bau des Parallelstollens Handeck–Kapf in den Jahren 2002 bis 2007 wurde die erste Etappe für eine nachhaltige Aufwertung des Kraftwerks Innertkirchen 1 realisiert. Der Parallelstollen verläuft bergseitig des bestehenden Zulaufstollens und mündet unmittelbar oberhalb des Wasserschlosses Kapf wieder in den bestehenden Zulaufstollen.

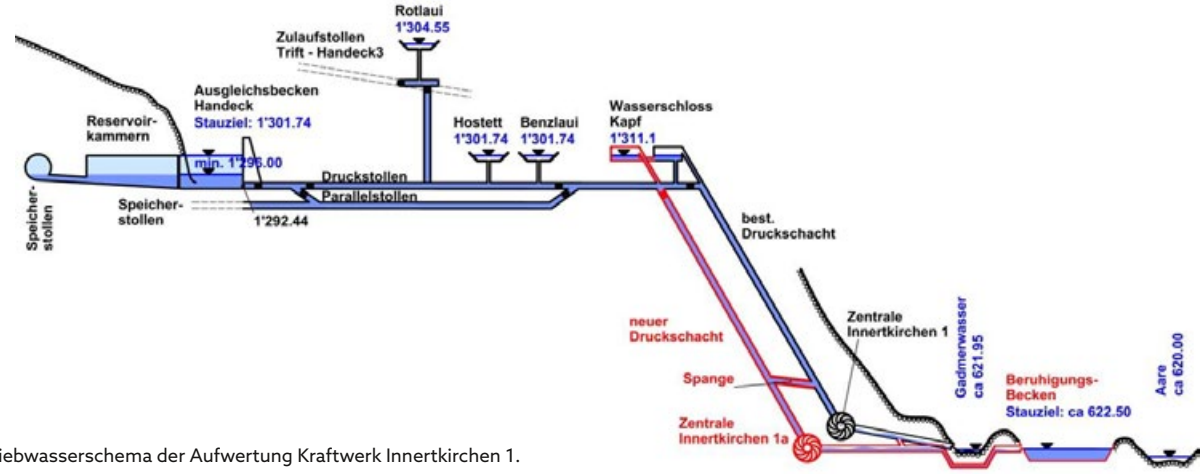
Das Projekt Aufwertung Kraftwerk Innertkirchen 1 umfasste:
– parallelen Druckschacht Kapf–Innertkirchen;
– Kraftwerkszentrale Innertkirchen 1A;
– neuen Unterwasserstollen;
– Beruhigungsbecken.

Paralleler Druckschacht Kapf–Innertkirchen

Für die Realisierung des parallelen Druckschachts waren folgende Bauwerke erforderlich:
– Anschlussstollen Kapf;
– Apparatekammer Kapf;
– Erweiterung Wasserschloss Kapf;
– Parallelschacht mit Steil- und Flachstrecke;
– Verbindungsbauwerk (Spange);
– Materialseilbahn Kapf.

Anschlussstollen Kapf
Damit das Triebwasser unabhängig in den zwei parallelen Systemen geführt werden kann, wurde am Ende des bestehenden Parallelstollens beim Wasserschloss Kapf eine neue Abzweigung erstellt. Im Abstand von 40 m oberwasserseitig der Vereinigung der beiden Zulaufstollen wurde die Abzweigung in den Parallelschacht mit einem Anschlussstollen von 140 m Länge erstellt. Im unteren Abschnitt des Anschlussstollens wurde die neue Apparatekammer Kapf angeordnet.

Apparatekammer Kapf
In der Apparatekammer wurde die Sicherheitsdrosselklappe für den neuen Druckschacht eingebaut. Die Apparatekammer von je 10 m Länge und Breite und 9 m Höhe wurde über einen neuen, 180 m langen Zugangsstollen vom bestehenden unteren Zugang zum Wasserschloss Kapf erschlossen.



Triebwasserschema der Aufwertung Kraftwerk Innertkirchen 1.

Erweiterung Wasserschloss Kapf

Das Wasserschloss vermindert die durch Regelvorgänge an den Maschinen oder durch Schliessvorgänge von Sicherheitsabschlussorganen auftretenden Druckstösse. Infolge der um 25 m^3/s erhöhten Wassermenge musste das bestehende Wasserschloss mit einer zusätzlichen Kopfkammer mit einem Volumen von 2500 m^3 erweitert werden. Für Inspektionszwecke kann der Parallelschacht von dieser Kammer aus mit der Schachtwinde befahren werden. Zwei Verbindungsstollen zur bestehenden Wasserschlosskammer stellen den Austausch von Wasser und Luft zwischen den beiden Kammern sicher. Die Kammer wird mit einem neuen 70 m langen Zugangsstollen vom bestehenden oberen Wasserschlosszugang aus erreicht.

Parallelschacht

Der Parallelschacht dient wie der bereits erstellte Parallelstollen der weiteren Optimierung des hydraulischen Wirkungsgrads. Durch die vergrösserte Querschnittsfläche reduzieren sich die Fliessgeschwindigkeiten in den beiden Schächten, was eine Reduktion der Reibungskräfte zur Folge hat.

Der vollständig gepanzerte Parallelschacht gliedert sich in eine Steilstrecke mit einem Gefälle von 70 % und in eine Flachstrecke mit einem Gefälle von 9.4 %. Der Innendurchmesser der Stahlpanzerung beträgt 2.40 m, und die Blechdicken variieren zwischen 14 und 22 mm. Die Flachstrecke wurde im Sprengvortrieb und die Steilstrecke mechanisch mit einer TBM aufgefahren. Die Stahlpanzerung wurde abschnittsweise mit 6 bis 9 m langen Rohrschüssen montiert und der verbleibende Zwischenraum zum Ausbruchprofil mit Beton hinterfüllt. Die Innenseite der Panzerung erhielt einen mehrschichtigen Korrosionsschutz.

Der Einbau der Stahlpanzerung erfolgte in der Steilstrecke vom Wasserschloss Kapf und in der Flachstrecke vom um 290 m verlängerten Fensterstollen Riseten aus. Dieser Fensterstollen diente auch der übrigen Baulogistik für den Parallelschacht. Denn damit wurde der Fusspunkt der neuen Steilstrecke erreicht, wo eine Kammer für die Montage der Schachtfräse erstellt wurde.

Durch die vergrösserte Querschnittsfläche reduzieren sich die Fliessgeschwindigkeiten in den beiden Schächten, was eine Reduktion der Reibungskräfte zur Folge hat.

Verbindungsbauwerk (Spange)
Damit bei jeder Wassermenge beide Druckschächte beansprucht werden und so die Reibungsverluste jederzeit auf das Minimum reduziert sind, wurden rund 35 m bergwärts der bestehenden Verteilleitung des Kraftwerks Innertkirchen 1 beide Druckschächte mithilfe eines Verbindungsbauwerks, einer sogenannten Spange, zusammengeschlossen. Die Verbindung hat eine Länge von 38 m, und der Innendurchmesser der Stahlpanzerung beträgt 2.00 m. Das Ausbaurohr im Verbindungsbauwerk kann bei einer Revision für die Separierung der beiden Druckschächte gegen einen Druckdeckel ausgetauscht werden. Zur Erschliessung des Parallelschachts wurde von Innertkirchen her ein Zugangsstollen vorgetrieben, von dem auch der Zugang zum Verbindungsbauwerk abzweigt.

Materialseilbahn Kapf
Das Wasserschloss Kapf ist mit der bestehenden Standseilbahn ab Üsseri Urweid erschlossen. Als Werkbahn dient sie dem Betrieb und der Instandhaltung der Anlagen im Wasserschloss Kapf. Wegen der ungenügenden Transportleistung der Standseilbahn musste für den Baustellenbetrieb eine parallele Bauseilbahn erstellt werden, die ausschliesslich für Materialtransporte bis 12 t eingesetzt wurde. Die Kranpendelbahn hatte als Fahrbahn zwei fest abgespannte, auf vier Zwischenstützen ruhende Tragseile. Das Seilbahnfahrzeug wurde mit einer Seilwinde in der Bergstation angetrieben.

Nach Abschluss der Bauarbeiten wurde die Materialseilbahn zurückgebaut, und die gerodeten Flächen wurden wieder aufgeforstet.

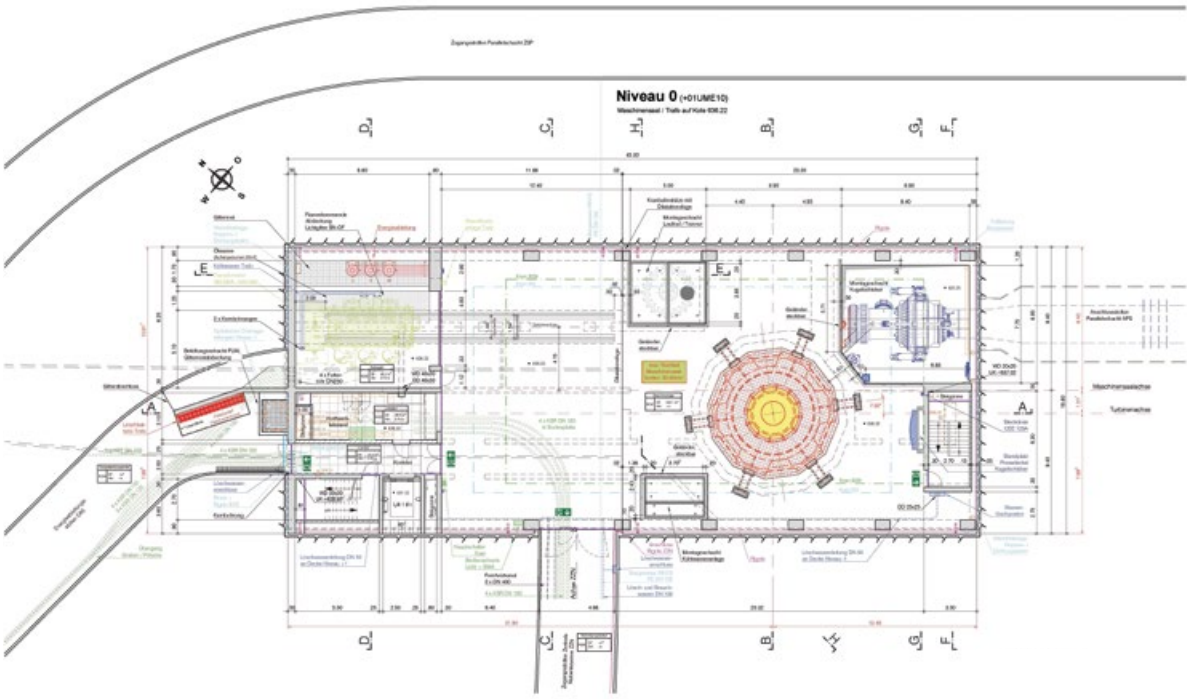
Materialseilbahn Kapf (oben) und Montage der Schachtfräse.

01

02

03

04



Grundriss Maschinensaal.

Kraftwerkszentrale Innertkirchen 1A

Bauliche Ausführung

Für den Einbau der neuen Maschinengruppe wurde bergseitig der bestehenden Maschinenkaverne die neue Nebenkaverne Innertkirchen 1A erstellt. Die Anordnung wurde so gewählt, dass der bestehende Zugangsstollen zur Zentrale Innertkirchen 1 als Betriebszugang in die Nebenkaverne geradlinig verlängert werden konnte. Ein Abstand von ca. 50 m zur bestehenden Kaverne war dabei einzuhalten, um eine Gefährdung der bestehenden Bauwerke und der vorhandenen maschinellen Ausrüstung durch den Bau der neuen Kaverne zu vermeiden.

Die Nebenkaverne ist 43 m lang, 17 m breit und 16 m hoch, der Maschinenschacht ist 20 m lang, 17 m breit und 16 m hoch. Kaverne und Schacht wurden bergmännisch erstellt und mit einer Betonauskleidung gesichert. Die Kavernenzentrale wurde insgesamt in acht Niveaus unterteilt, vier im Maschinenschacht unterhalb des Maschinensaals und drei oberhalb. Die Geschosse sind über Treppenhäuser, mit einer Liftanlage und über zwei Montageschächte, die mit dem Maschinensaalkran bedient werden können, erschlossen. Für die Erstmontage und Revisionsarbeiten war ein ausreichend grosser Montageplatz vorgesehen.

Elektromechanische Ausrüstung

Die neue Kraftwerkszentrale Innertkirchen 1A wurde mit einer 6-düsigen, vertikalen Peltonturbine ausgerüstet. Die Leistung der Turbine beträgt 150 MW, und sie verarbeitet 25 m^3/s Triebwasser. Als Maschinenabschlussorgan wurde am Fuss des Montageschachts im Maschinenschacht ein Kugelschieber eingebaut.

Ein 165-MVA-Generator und ein 165-MVA-Maschinentransformator vervollständigen die maschinellen Hauptkomponenten in der Kraftwerkszentrale Innertkirchen 1A. Die Verbindung auf der Maschinenspannungsebene zwischen dem Generator und dem Transformator wurde mit metallgekapselten Stromschienen ausgeführt. Wie in der Kraftwerkszentrale Handeck 2A wurden auch in Innertkirchen eine komplette digitale Leittechnikanlage mit Schutz-, Mess- und Steuereinrichtungen, die Maschinenhilfsbetriebe und die erforderliche Eigenbedarfsanlage eingebaut.

Der Maschinensaalkran wurde für die Lasten von Generator und Transformator ausgelegt und hat eine Krankapazität von 300 Tonnen.

01/02 Ausgebrochene Zentrale und Montagearbeiten.
03 Maschinengruppe montiert.
04 Turbine montiert.

Ausbruch Unterwasserstollen.

Energieableitung
Die Energieableitung vom Maschinentransformator zur 150-kV-GIS-Schaltanlage Innertkirchen wurde mit 150-kV-Kunststoffkabeln ausgeführt. Die Kabel gelangen durch den Energieableitungsstollen zum Portal des Zugangsstollens zum Parallelschacht, und von da in einem Kabelrohrblock in die Schaltanlage. Bei der Planung der neuen 150-kV-GIS-Schaltanlage wurde die neue Maschine der Kraftwerkszentrale Innertkirchen 1A bereits berücksichtigt und hierfür ein entsprechendes Schaltfeld mit dem Maschinenschalter für den 165-MVA-Generator vorgesehen.

Neuer Unterwasserstollen

Der neue Unterwasserstollen vereinigt die Abflüsse der Kraftwerkszentralen Innertkirchen 1 und 1A und führt bergseits des bestehenden Unterwasserstollens bis in den Bereich Underwasser, unterhalb des Zusammenflusses des Gadmerwassers und der Aare.

Der Auslauf des bestehenden Unterwasserstollens ins Gadmerwasser wurde mit Dammbalken abgeschlossen. Der stillgelegte Abschnitt des bestehenden Unterwasserstollens wirkt als zusätzlicher Speicher. Bei einer Ausserbetriebnahme des Beruhigungsbeckens oder des neuen Unterwasserstollens ist der bestehende Auslauf ins Gadmerwasser weiterhin nutzbar.

Der neue Unterwasserstollen funktioniert auf den ersten 1.2 km bis zur Querung des Gadmerwassers als Freispiegelstollen. Nach der Querung des Gadmerwassers als Düker steigt der nachfolgende Druckstollen bis zum Auslauf in das Beruhigungsbecken. Um die Fliessgeschwindigkeit zu reduzieren, erfolgt beim Auslaufbauwerk eine kontinuierliche Erweiterung des Querschnitts. Der Auslauf kann für Revisionen mittels Dammbalken abgeschlossen werden.

Die gewählten Hufeisenprofile sind hydraulisch und waren auch ausbruchtechnisch günstig. Die Ausbruchoberflächen wurden zur Reduktion von Reibungsverlusten mit Beton oder Spritzbeton ausgekleidet. Die Ausbruchquerschnitte betragen rund 20 m^2 bis zur Vereinigung und 34 m^2 ab der Vereinigung.

Der Freispiegelabfluss im neuen Unterwasserstollen wird einerseits über den Zugangsstollen und andererseits über den kurzen Schutterschacht im Bereich der Auffüllung Cheisten natürlich be- und entlüftet.

Die beiden Unterwasserstollen werden über zwei kurze Verbindungsbauwerke hydraulisch verbunden. Beide Verbindungsbauwerke können bei Ausserbetriebnahme eines der Parallelsysteme mit Dammbalken voneinander abgetrennt werden.

Beruhigungsbecken

Funktion
Das Unterwasser der Kraftwerkszentralen Innertkirchen 1, 1A und Innertkirchen 2 fliesst über die neuen Ausläufe ins Beruhigungsbecken. Die Rückgabe des Triebwassers in die Aare erfolgt über zwei gesteuerte Ausläufe, das Auslass- und das Regulierbauwerk am unteren Ende des Beruhigungsbeckens.

Mit dem Beruhigungsbecken und dem vorhandenen Speichervolumen im Stollensystem sowie mit entsprechender Steuerung der Auslauforgane kann die Rückgabe des Wassers in die Aare optimiert erfolgen. Abflussänderungen von 2.5 $m^3/(s*min)$ werden in allen Betriebsfällen eingehalten. Zudem ist eine gewisse Dämpfung von Abflussspitzen im Bereich von 30 Minuten möglich. Mit dem Beruhigungsbecken haben die KWO die erste grosse Schall-Sunk-Sanierung in der Schweiz vorgenommen, welche die Anforderungen des Gewässerschutzes erfüllt.

Zusammenstellung der technischen Daten der Aufwertung Kraftwerk Innertkirchen 1.

Hydraulische Grundlagen	
Stauziel Ausgleichsbecken Handeck (unverändert)	1301.74 m ü. M.
Min. Betriebskote Ausgleichsbecken Handeck (unverändert)	1296.00 m ü. M.
Einbaukote Achse Einlass Peltonturbine	627.77 m ü. M.
Max. Bruttogefälle der Turbine	674 m
Min. Bruttogefälle der Turbine	668 m
Ausbauwassermenge	25 m^3/s
Triebwasserweg	
Parallelschacht Kapf–Innertkirchen	
Innendurchmesser Panzerung Parallelschacht	2.4 m
Kraftwerkszentrale INN1E	
L × B × H Innenmasse	43 × 17 × 16 m
Krankapazität ausgelegt für Rotor komplett	300 t
Lichte Höhe Kran	7 m
Elektromechanische Ausrüstung	
Turbine	
Typ	vertikalachsige Peltonturbine mit 6 Düsen
Leistung	150 MW
Drehzahl	375 U/min
Generator	
Nennleistung	165 MVA
Nennspannung	13.5 kV
Gewicht Rotor/Stator	270/150 t
Maschinentransformator	
Typ	150 kV, 3-phasig, Öl-isoliert
Nennleistung	165 MVA
Maschinenabschlussorgan	
Kugelschieber	DN 1700 PN64

Abmessungen und Volumen
Das Beruhigungsbecken wurde auf der Fläche Underwasser direkt vor der bestehenden Zentrale Innertkirchen 2 gebaut. Der Standort wird durch die Aare rechtsufrig unterhalb des Zusammenflusses mit dem Gadmerwasser, die Strasse nach Aeppigen sowie bergseitig durch das Trassee der Meiringen-Innertkirchen-Bahn (MIB) begrenzt.

Das Beruhigungsbecken misst 8500 m^2, ist 230 m lang und 70 m breit. Die Tiefe beträgt zwischen 2.50 m und 3.50 m. Die Sohle ist in Richtung Auslauf- und Regulierbauwerk ca. 1 % geneigt. Das theoretische Beckenvolumen beträgt rund 30 000 m^3. Bei einem Aareabfluss von ca. 75 m^3/s wird die Auslassmenge aus dem Becken bei tiefen Beckenspiegeln durch Rückstau eingeschränkt.

Unter diesen Bedingungen kann mit einem nutzbaren Beckenvolumen von ca. 22 000 m^3 gerechnet werden, was zusammen mit dem Unterwasserstollen ein Speichervolumen von rund 47 000 m^3 ergibt.

Inbetriebnahme des Beruhigungsbeckens.

Konstruktion
Um Wechselwirkungen mit dem Grundwasser zu vermeiden, wurde das Becken dicht ausgebildet.

Die Krone der Umfassungswände liegt grösstenteils unterhalb des gewachsenen Terrains. Die Wände des Beckens entlang der Aare und der MIB wurden in Beton ausgebildet. Die 60 bis 70 cm starke Beckensohle aus Beton besteht aus quadratischen Platten. Die Sohle liegt im Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels und musste entsprechend gegen Auftrieb gesichert werden.

Der Abflusskanal des Kraftwerks Innertkirchen 2 wurde zurückgebaut. An dieser Stelle wurde ein minimaler Entlastungsüberfall auf Kote 622.60 m ü. M. angeordnet. Der Zustand des Aareufers entlang des Beruhigungsbeckens konnte grundsätzlich so belassen werden. Nur im untersten Bereich waren Ufereingriffe für den Bau der Ausläufe erforderlich.

Auslauf- und Regulierbauwerk
Das Auslauf- und Regulierbauwerk mit Auslassorganen und Tosbecken schliesst hydraulisch günstig schleifend an das bestehende Gerinne der Aare an. Die Rückgabe des Wassers in die Aare wird mit zwei Auslauforganen geregelt, einer Segmentschütze und einer Klappe. Die beiden teilweise redundanten Auslauforgane gewährleisten beim Ausfall eines Auslauforgans einen sicheren Betrieb des Beruhigungsbeckens und somit auch die Abgabe der vollen Ausbauwassermenge in die Aare.

Die Kombination von Segmentschütze und Klappe ist technisch und betrieblich zweckmässig und erlaubt eine präzis gesteuerte Wasserabgabe, eine hohe Betriebssicherheit und eine problemlose Reinigung und Entleerung des Beruhigungsbeckens im Revisionsfall. Die unterströmte Segmentschütze ist 9.80 m breit und ist das leistungsfähigere Auslauf-

Mit dem Beruhigungsbecken und dem vorhandenen Speichervolumen im Stollensystem sowie mit entsprechender Steuerung der Auslauforgane kann die Rückgabe des Wassers in die Aare optimiert erfolgen.

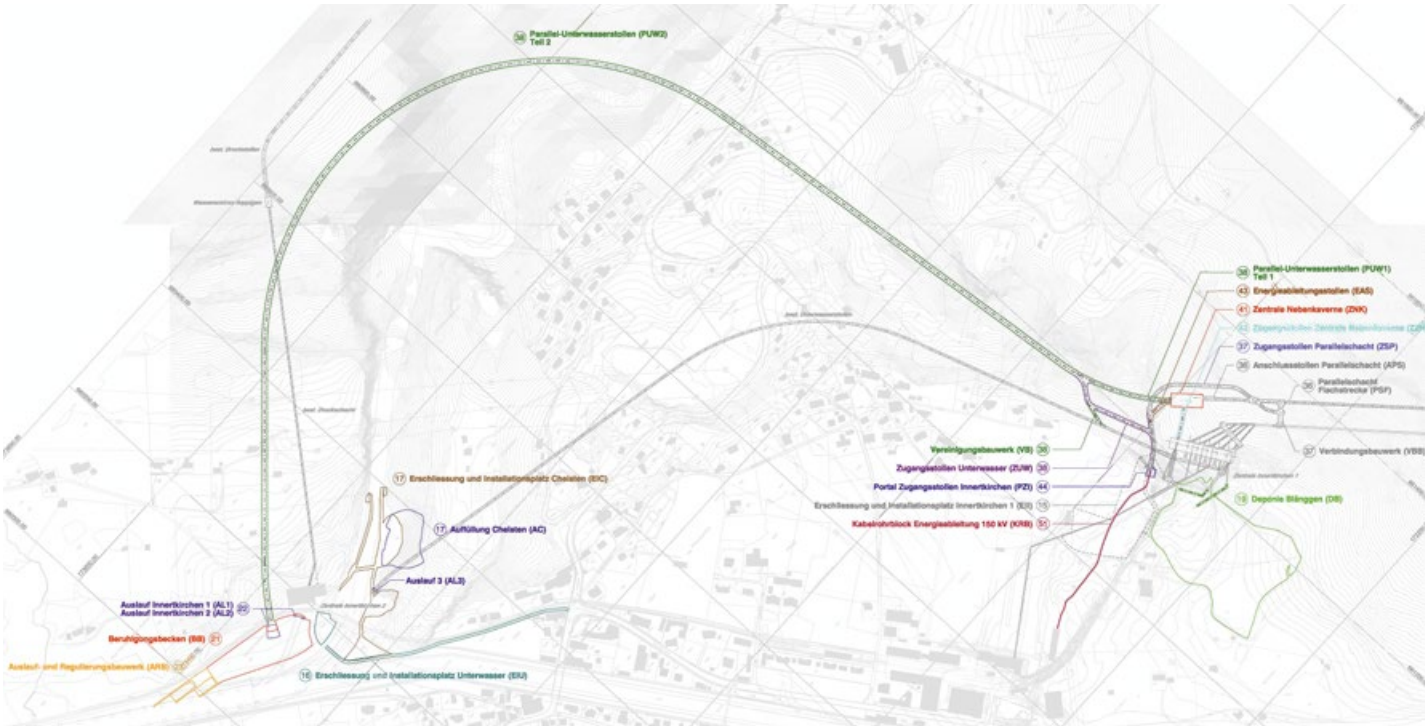
organ. Das nachfolgende Muldentosbecken setzt die Energie des unterströmten Abflusses wirksam um. Die überströmte Klappe ist 11.20 m breit und höher angeordnet. Der Überfall ist genau regulierbar und das Tosbecken entsprechend kurz. Zudem funktioniert die Klappe als Sicherheitsorgan des Beruhigungsbeckens. Eine Notöffnung ist auch bei Stromausfall möglich.

Die versetzte Anordnung der Auslauforgane und Tosbecken berücksichtigt eine möglichst flache, strömungsgünstige Einleitung in die Aare. Ausserdem wird eine Aufweitung des Gerinnes vermieden, was Geschiebeablagerungen und Auflandungen verhindert.

Technikgebäude

Für die Leittechnik und die Hydraulikantriebe der beiden Auslässe wurde ein Technikgebäude aufgestellt. Der einfach gestaltete Betonbau mit oben liegendem Lichtband ist 10.30 m lang, 5.00 m breit und 4.00 m hoch. Das Technikgebäude wurde leittechnisch und in der Stromversorgung über die nahe Zentrale Innertkirchen 2 erschlossen.

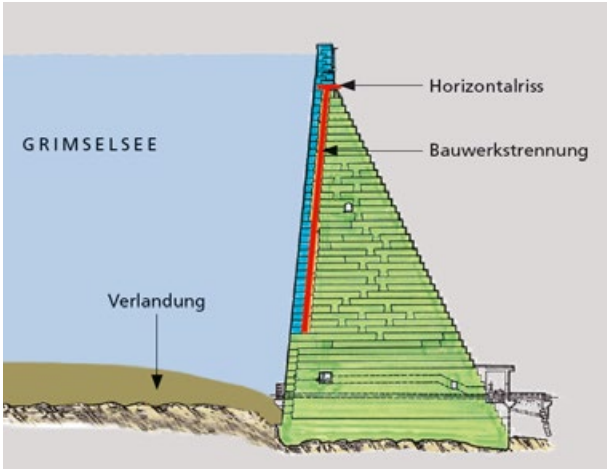
Beim Auslauf Innertkirchen 1 mündet der parallele Unterwasserstollen ins Beruhigungsbecken. Der Auslauf Innertkirchen 2 wurde als Teil des bestehenden Unterwasserkanals Innertkirchen 2 umgebaut.



Gesamtsituation mit Unterwasserstollen und Beruhigungsbecken.

H PROJEKTE IN PLANUNG

Weitere Projekte stehen vor der Realisierung. Die 1928 bis 1932 gebaute Staumauer Spitallamm muss saniert werden. Das Projekt sieht eine komplett neue Mauer luftseitig vor. Der Grimselsee kann so während der ganzen Bauzeit praktisch uneingeschränkt bewirtschaftet werden. Mit einem Kraftwerk an der Handeckfluh soll das bisher ungenutzte Gefälle zwischen dem Mattenalpsee und dem Räterichsbodensee für die Energieproduktion genutzt werden. Damit können jährlich rund 24 GWh Energie produziert werden, ohne dass zusätzliches Wasser gefasst wird.



Querschnitt bestehende Staumauer mit Bauwerkstrennung (Riss).

1. SANIERUNG DER STAUANLAGE SPITALLAMM

Zusammenfassung

Die 1928 bis 1932 gebaute Staumauer Spitallamm muss saniert werden. Grund ist die stetig zunehmende vertikale Bauwerkstrennung zwischen dem luftseitigen Massen- und dem wasserseitigen Vorsatzbeton. Diese Bauwerkstrennung hat ihre Ursache in der damaligen Bauweise der Staumauer. Die Mauerkrone und der wasserseitige Bereich (blau) entfernen sich immer mehr vom Massenbeton (grün). Die Sanierung war deshalb auch integrierender Bestandteil des Projekts «Vergrösserung Grimselsee» (Kapitel F, Abschnitt 7).

Aufgrund der Verzögerung des Projekts «Vergrösserung Grimselsee» und der zunehmenden Verschlechterung des Bauzustands der Staumauer verlangte nun das Bundesamt für Energie (BFE) die Erarbeitung eines genehmigungsreifen Sanierungsprojekts.

Im Projekt «Vergrösserung Grimselsee» war vorgesehen, den wasserseitigen Bereich der Bauwerkstrennung (blau) abzubrechen und durch einen neuen, im luftseitigen Mauerkörper (grün) verankerten Bauteil zu ersetzen. Die Interpretationen der neuesten Verformungsmessungen lassen nun aber vermuten, dass eine Quellreaktion im Beton vorhanden ist. Mit dieser Ausgangslage ist die Grundvoraussetzung des bisherigen Sanierungskonzepts nicht mehr erfüllt, weil eine Quellreaktion nicht unterbunden werden kann. Im Endstadium führt sie zu einer starken Abminderung der Betonfestigkeiten. Eine Bekämpfung durch konstruktive Massnahmen ist zwar möglich. Der Prozess wird dadurch aber nur verlangsamt, und nicht aufgehalten.

Aufgrund dieser Erkenntnisse ist für die Sanierung der Spitallamm-Staumauer nun eine komplett neue Mauer luftseitig vorgesehen. So kann der Grimselsee während der ganzen Bauzeit praktisch uneingeschränkt bewirtschaftet werden, weil nur für den Anschluss des neuen Grundablasses eine kurzzeitige Entleerung notwendig ist. Dadurch kann gegenüber dem bisherigen Sanierungskonzept auch der Austrag von grossen Mengen an Sedimenten in den Räterichsbodensee verhindert werden. Zudem wird gewährleistet, dass der Grimselsee langfristig ohne Einschränkungen weiterbewirtschaftet werden kann.

Die Baubewilligung für die Sanierung der Stauanlage Spitallamm liegt vor, der Baubeginn ist auf Frühsommer 2019 geplant.

Beschreibung der neuen Staumauer

Die neue Staumauer wird luftseitig unmittelbar vor der bestehenden Staumauer angeordnet. Die alte Staumauer bleibt bestehen und wird nicht abgebrochen.

Die neue Staumauer wird als doppelt gekrümmte Bogenmauer ausgebildet. Die Kronenkote liegt auf 1910.73 m ü. M., die maximale Höhe beträgt 113 m und die Kronenlänge 195 m. Auf der Krone wird wasserseitig eine Betonbrüstung mit einer Höhe von 1.13 m angeordnet. Auf der Luftseite wird ein Geländer angebracht.

Die Baubewilligung für die Sanierung der Stauanlage Spitallamm liegt vor, der Baubeginn ist auf Frühsommer 2019 geplant.

01

02

01 Spitallamm im Bau 1930.
02 Spitallamm im Zustand 2018.

Kenndaten der neuen Staumauer.

Stauziel	1908.74 m ü. M.
Absenkziel, min. Betriebskote	1850.00 m ü. M.
Nutzinhalt Grimselsee	94 Mio. m^3
Kronenkote	1910.73 m ü. M.
Brüstung	1911.86 m ü. M. (H = 1.13 m)
Gefahrenkote	1911.84 m ü. M. (= Kronenhöhe Seeuferegg)
Maximale Höhe	113 m
Kronenlänge	195 m
Kronenbreite	8 m
Maximale Breite am Fundamentfuss	20 m
Betonvolumen	206 000 m^3

Kontrollgänge
Die neue Staumauer wird auf drei Ebenen mit Kontrollgängen (Galerien) ausgestattet. Die drei Kontrollgalerien sind aufseiten Nollen über einen neu zu erstellenden Liftschacht miteinander verbunden. Der Lift ist unten aus der bestehenden Lagerkaverne vor der Regulierkammer und oben über den neuen Erschliessungsstollen zugänglich. Die unterste Kontrollgalerie kann direkt aus der bestehenden Lagerkaverne begangen werden. Auf der Seite Juchli ist sie an den Erschliessungsstollen zur neuen Apparatekammer angeschlossen.

Messausrüstung
In der neuen Staumauer befinden sich drei Lotschächte, die über die drei Kontrollgänge zugänglich sind. In diesen Schächten werden die Pendelanlagen zur Überwachung der Staumauer untergebracht. In den Pendelmessquerschnitten werden Thermometer installiert, die eine Abschätzung des Einflusses der Temperatur auf die Verformungen der Mauer ermöglichen.

Zur Kontrolle der Fundamentbewegungen sind auf jeder Flanke, jeweils im Bereich vor dem Übergang der Kontrollgalerie in das Felsfundament, mehrteilige Rockmeter vorgesehen. In einigen Radialfugen werden auf verschiedenen Höhen Distometer eingebaut, welche die Überwachung der Horizontalbewegungen der Radialfugen ermöglichen. In vier Mauerquerschnitten werden die Auftriebsverhältnisse, der Kontakt Beton/Fels, überwacht. Das Sickerwasser wird in den Kontrollgängen gesammelt und gemessen.

Materialeigenschaften
Wegen der grossen Dicke der Staumauer ist der Einsatz von zwei verschiedenen Betontypen vorgesehen. Es handelt sich dabei um einen Vorsatzbeton mit einem maximalen Korn von 63 mm sowie einen Massenbeton mit einem maximalen Korn von 120 mm und einem etwas geringeren Bindemittelgehalt. Der Massenbeton kommt in der Kernzone der Mauer zur Anwendung, während der Vorsatzbeton für die wasser- und witterungsausgesetzten Bereiche, für höher beanspruchte Mauerteile sowie in den Anschlussbereichen zwischen Beton und Fels eingesetzt wird. Die Zuschlagsstoffe für die Betonproduktion werden aus dem Ausbruchmaterial des Pumpspeicherwerks Grimsel 2 (Deponie Gerstenegg) gewonnen.

Erschliessung der neuen Staumauer
Die Erschliessung der neuen Staumauer erfolgt über die Seeufereggsperre und durch den ehemaligen «Betonstollen» unter dem Hospiz, der zu diesem Zweck aufgeweitet wird. Die einzelnen Kontrollgalerien in der Staumauer sind über den neuen Liftschacht erreichbar.

Beschreibung der Nebenanlagen

Neuer Grundablass
Als Ersatz für den Grundablass in der bestehenden Staumauer, der mit dem Bau der neuen Mauer aufgegeben wird, wird im linken Widerlager (Juchliseite) ein neuer Mittelauslass erstellt, der die Funktion des neuen Grundablasses übernimmt. Der neue Stollen wird unterwasserseitig der bestehenden Apparatekammer an den Umleitstollen angeschlossen und erhält eine Apparatekammer, in der zwei Tafelschützen (Betriebs- und Revisionsorgan) eingebaut werden.

Die neue Apparatekammer ist über einen neuen Erschliessungsstollen vom Fuss der neuen Staumauer aus zugänglich und wird auch mit einem kurzen Stollen mit der bestehenden Kammer verbunden. Über den Erschliessungsstollen können auch der Grundablassstollen sowie die unterste Kontrollgalerie in der Mauer erreicht werden.

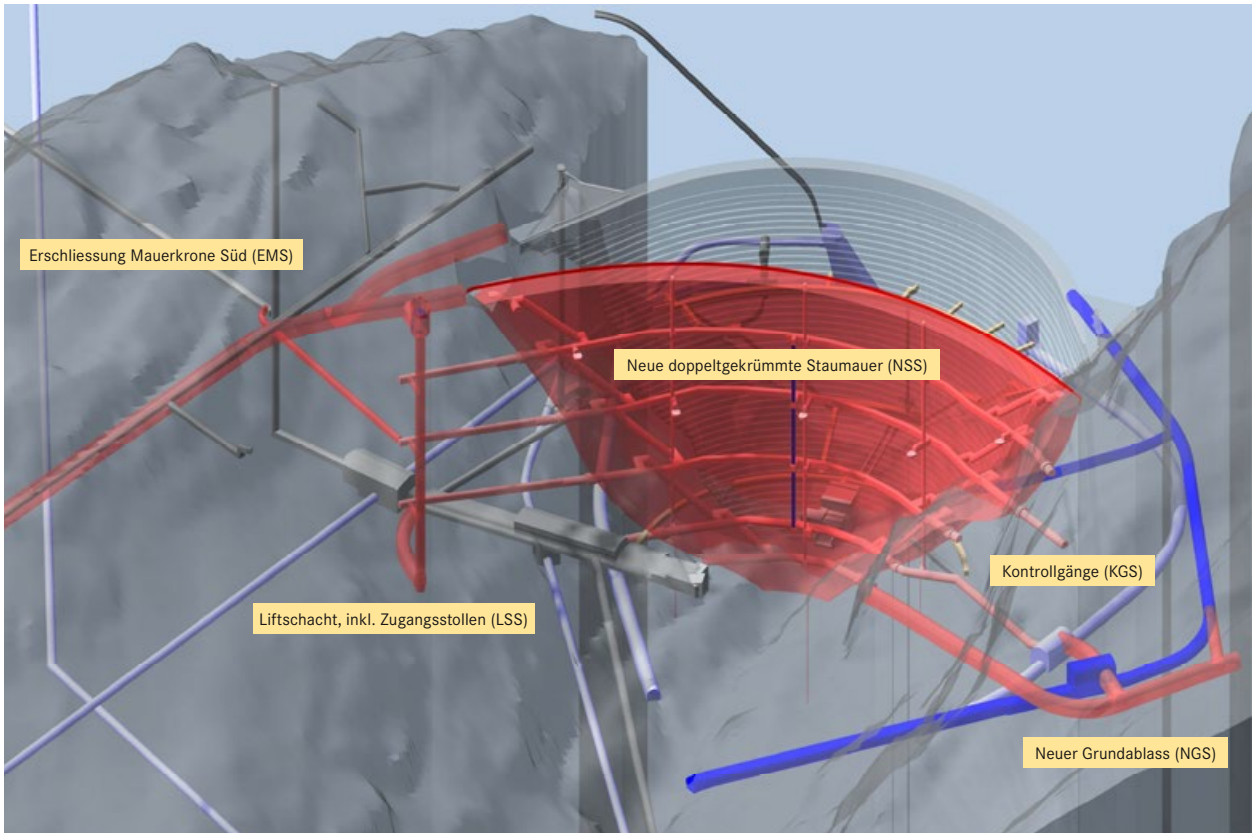
Ausgleichsstollen
Damit beidseitig der alten Staumauer der gleiche Wasserstand besteht, wird ein Ausgleichsstollen ausgebrochen, der vom neuen Grundablassstollen abzweigt. Die Kapazität dieses Stollens beträgt bei einer Wasserspiegeldifferenz von 0 bis 10 m 0 bis 65 m^3/s.

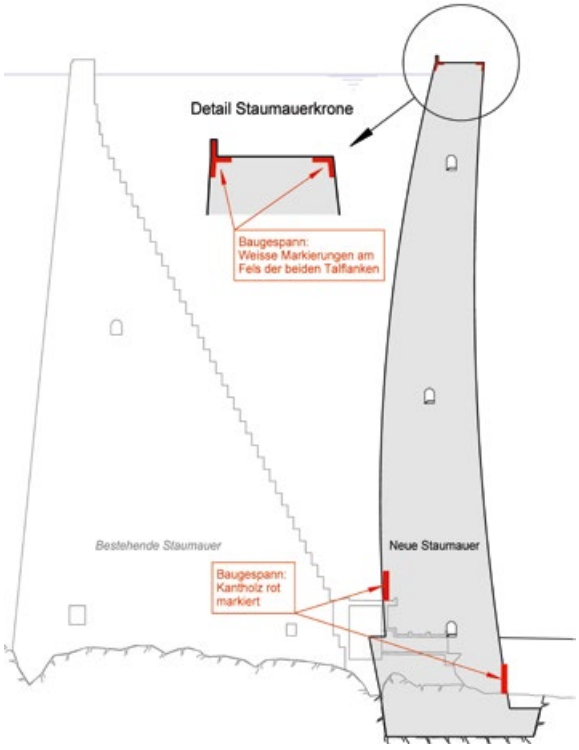
Zwischenauslass
Damit der Zwischenraum zwischen der alten und der neuen Staumauer bei Bedarf entleert werden kann, ist in der neuen Staumauer ein Zwischenauslass vorgesehen. Als Abschlussorgane werden in einer Kammer auf der Höhe der unteren Kontrollgalerie Schieber eingebaut.

Anpassungen an den bestehenden Anlagen
Die Grundablasskammer mit Vorbau am Fuss der Staumauer, das Windenhaus mit Kran auf der Krone sowie das Gebäude auf dem Widerlager Seite Nollen werden abgebrochen. Mit dem Durchschlag für den Ausgleichsstollen wird die Führung der Schützenbahn zum Einlauf Gelmer/Grimsel 1 mit einem Betonzapfen verschlossen. Sonst bleibt die bestehende Staumauer im Wesentlichen unverändert.

Für die Sanierung der Stauanlage Spitallamm ist mit Kosten von 120 Mio. CHF und einer Bauzeit von sechs Jahren zu rechnen. Für die Arbeiten steht je nach Schnee- und Witterungsverhältnissen der Zeitraum von Mitte Mai bis Mitte Oktober zur Verfügung. Nur Arbeiten am neuen Seeanschluss werden im Winter bei geringen Zuflüssen ausgeführt.

Neue Stauanlage Spitallamm.





Querschnitt Staumauern.

Vollstau mit neuer Spitallamm.

2. KRAFTWERK HANDECKFLUH

Zusammenfassung

Mit dem Kraftwerk Handeckfluh soll das bisher ungenutzte Gefälle zwischen dem Mattenalpsee und dem Räterichsbodensee für die Energieproduktion genutzt werden. Damit können jährlich rund 24 GWh Energie produziert werden, ohne dass zusätzliches Wasser gefasst wird. Die Leistung des Kraftwerks schwankt entsprechend den Wasserspiegelkoten in den beiden Seen zwischen 5 und 10 MW.

Im Rahmen der Projektrealisierung sind im Bereich der Handeckfluh ein Zugangsstollen, eine neue Kavernenzentrale, ein Anschluss an das bestehende Wasserschloss und ein Druckstollen zur Umgehung der beiden Fassungen Gruben- und Ärlenbach zu erstellen. Im Bereich Mattenalp ist die Überfallkammer anzupassen, und in den bestehenden Stollen werden Druckrohre aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) eingezogen. Die Sekundärbachfassung wird aufgehoben.

Der bestehende, rund 5.5 km lange Freispiegelstollen Gaulistollen zwischen der Mattenalp und der Handeckfluh wird mit dem neuen Kraftwerk Handeckfluh ohne erforderliche Ausbauten zum Druckstollen.

Der Mattenalpsee und der Räterichsbodensee werden wie bis anhin in den bestehenden Grenzen (Stauziel und minimale Betriebskote) betrieben. Eine Absenkung oder Entleerung des Räterichsbodensees ist für den Bau des Kraftwerks nicht notwendig.

Der Mattenalpsee und der Räterichsbodensee werden wie bis anhin in den bestehenden Grenzen (Stauziel und minimale Betriebskote) betrieben.

Beschreibung des Projekts KW Handeckfluh

Damit das Gefälle zwischen dem Mattenalpsee und dem Wasserschloss Handeckfluh genutzt werden kann, muss das bestehende Freispiegelstollensystem in ein Drucksystem umgebaut werden.

Anpassungen in Mattenalp

Die Stauanlage Mattenalp wurde in den Jahren 1949 und 1950 erstellt. Der nutzbare Stauinhalt des Sees beträgt rund 1.8 Mio. m^3. Der Einlauf, über den der See heute abgesenkt bzw. reguliert wird, bleibt weiterhin als Triebwassereinlauf und Grundablass in Betrieb.

Für das Kraftwerk Handeckfluh dient die bestehende Überfallkammer zusammen mit dem Umgehungsstollen als Oberwasserbecken. Dazu sind in der Überfallkammer einige Anpass- und Bauarbeiten nötig. Zudem muss die Kanalschütze ersetzt und müssen ein Druckdeckel sowie eine Drucktüre eingebaut werden.

Aus topografischen Gründen muss zwischen dem bestehenden Vertikalschacht und der Einmündung des Richtstollens auf einer Länge von 170 m ein Druckrohr in den bestehenden Stollen eingebaut werden. So kann der Innendruck auch in jenen Bereichen sicher aufgenommen werden, in denen eine geringe Felsüberdeckung des Stollens besteht. Im Stollen wird ein Rohr aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit einem Innendurchmesser von 1.80 m eingebaut. Die Rohre werden teilweise frei auf Stahlsockeln montiert oder mit Beton hinterfüllt.

Die Sekundärbachfassung wird aufgehoben. Das unterhalb der Staumauer anfallende Wasser wird mit dem Bau des Kraftwerks Handeckfluh nicht mehr gefasst und ins Urbachtal abgegeben.

Stauanlage Mattenalp.

Bau von Wasserstollen in Handeckfluh
Ab dem Bereich der Einleitung des Ärlenbachs in den Gaulistollen wird das Wasser von der Mattenalp in einem neuen, 1.5 km langen Druckstollen zur Kraftwerkszentrale Handeckfluh geleitet. Der Druckstollen wird beim Anschluss Ärlen mit einem Drucktor zum bestehenden Stollen hin abgeschlossen. Unmittelbar davor und vor dem Anschluss des neuen Druckstollens wird ein Kiesfang erstellt.

An den beiden Fassungen Gruben- und Ärlenbach ändert sich nichts. Das Wasser wird wie bisher in den bestehenden Stollen Ärlen–Handeckfluh eingeleitet.

Vor der Kaverne der Kraftwerkszentrale Handeckfluh werden die bestehenden Stollen vom neuen Druckstollen in einem Abstand von 8 m überquert. In diesem Bereich wird der neue Druckstollen auf einer Länge von 40 m mit einer Stahlpanzerung ($Ø_i$ 2.0 m) versehen.

Unterwasserseitig der Kavernenzentrale wird das Wasser über einen 32 m langen gepanzerten Stollen ($Ø_i$ 2.0 m) in den Vertikalschacht des bestehenden Wasserschlosses Handeckfluh zurückgegeben. Die Einlaufkote befindet sich auf 1707 m ü. M.

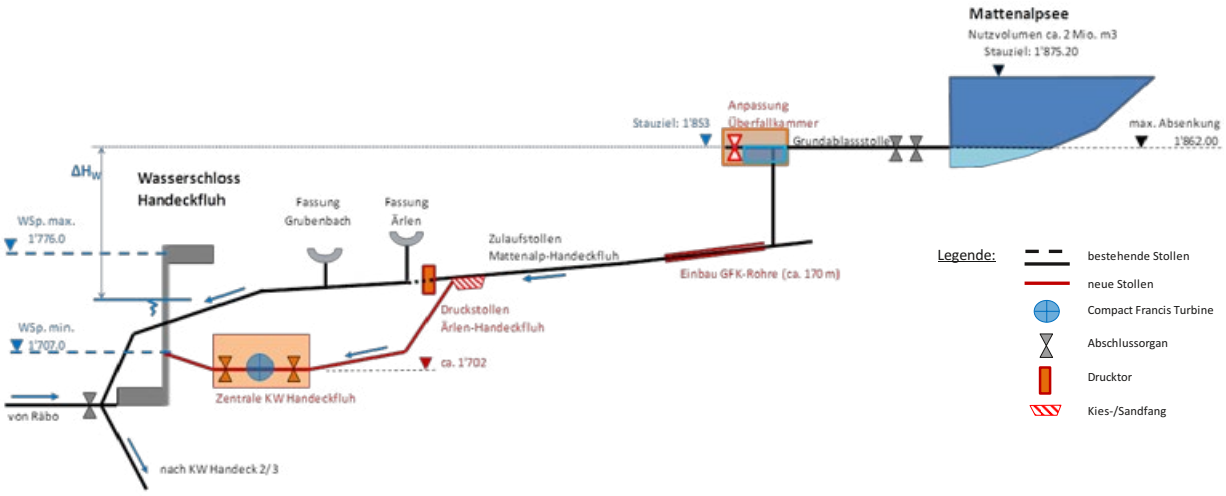
Kraftwerkszentrale Handeckfluh
Die neue Kavernenzentrale hat einen Grundriss von 17 Metern Länge, 12 Metern Breite und eine Höhe von 9.70 m. Sie befindet sich auf einer Kote von 1702 m ü. M. Die Kavernenzentrale wird nach Bedarf mit Ankern, Netzen und Spritzbeton gesichert und erhält eine Verkleidung aus Spritzbeton. Es gibt keine Unterteilung der Kaverne in einzelne Räume.

In der Zentrale sind die Maschinengruppe, bestehend aus einer horizontal angeordneten Compact-Francis-Turbine und einem Synchrongenerator, sowie die notwendigen Eigenbedarfs-, Leittechnik- und Hilfseinrichtungen angeordnet. Bei einer Nettofallhöhe zwischen 65 und 100 m und einer Ausbauwassermenge von 12 m^3/s beträgt die Turbinenleistung 5 bis 10 MW. Als Maschinenabschlussorgane sind ober- und unterwasserseitig je eine Drosselklappe (Ø 1.4 m) vorgesehen.

Ein Maschinentransformator ist in der neuen Kraftwerkszentrale nicht vorgesehen. Die Energieableitung erfolgt direkt auf der 13.5-kV-Generatorspannungsebene durch den neuen Druckschacht des Kraftwerks Handeck 2a zum Kraftwerk Handeck 2 und über die bestehende 13.5-kV-Verbindung zum

> Oben: Situation Handeckfluh.
> Unten: Kraftwerkszentrale Handeckfluh, Grundriss und Längsschnitt.

Hydraulisches Schema des Kraftwerks Handeckfluh.



Kraftwerk Handeck 3. Von dort wird die Energie über den 70-MVA-Maschinentrafo zur 220 kV-GIS-Schaltanlage Handeck weitergeleitet und ins 220-kV-Netz eingespeist.

Die Niederspannungsversorgung für die Steuerung, für Hilfsbetriebe und die Haustechnik erfolgt ab der 16-kV-Ebene über die bestehende Trafostation Handeckfluh. Bei einem Netzunterbruch oder anderen Störfällen wird die Stromversorgung der wichtigsten Einrichtungen mit Batterien aufrechterhalten.

Die digitale Kraftwerksleittechnik gestattet einen unbemannten Betrieb über die Fernsteuerung und Fernüberwachung des Kraftwerks Handeckfluh ab der Zentralen Leitstelle in Innertkirchen.

Für die Montage der elektromechanischen Einrichtungen wird in der Zentrale ein Kran mit einer Traglast von 10 t installiert.

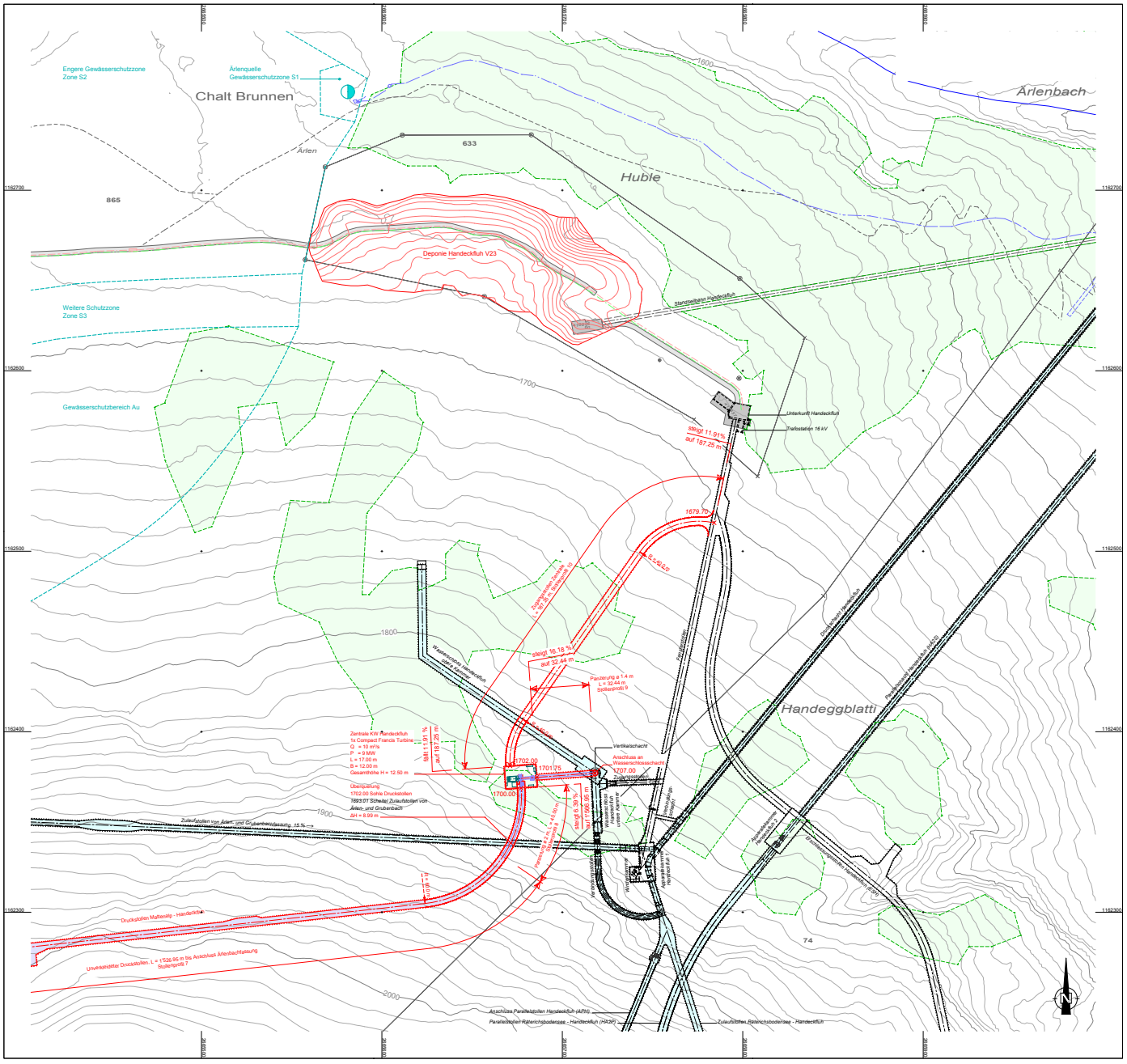
Zugang zur Kraftwerkszentrale Handeckfluh
Der aus dem Erschliessungsstollen Handeck–Gerstenegg abzweigende Erschliessungsstollen Handeckfluh endet im Fensterstollen Handeckfluh. Ab dort wird ein neuer, 190 m langer Zugangsstollen zur Kavernenzentrale erstellt.

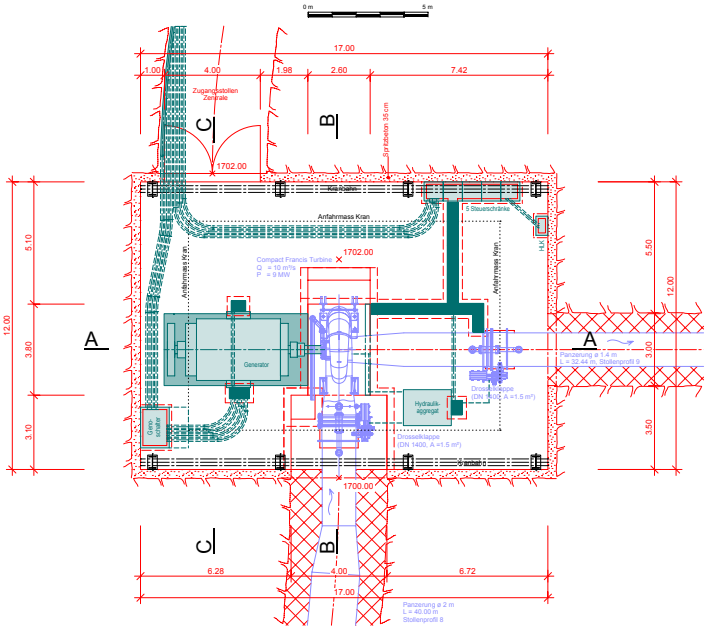
Bewilligung, Bauzeit, Investitionskosten

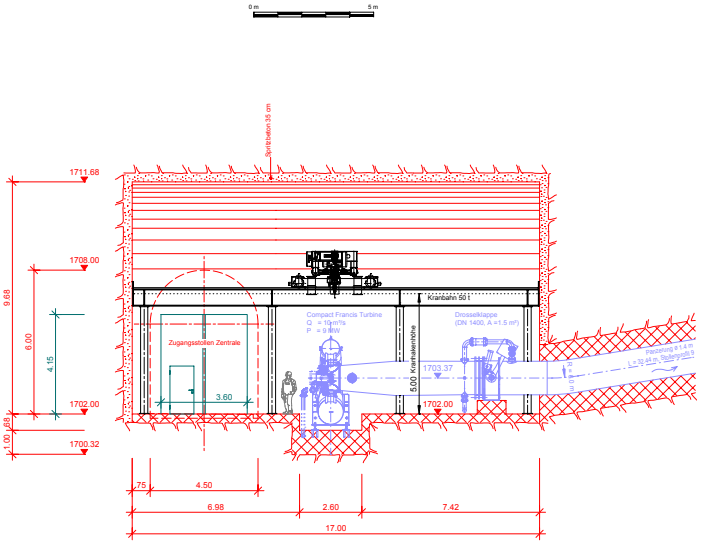
Für die Realisierung des Kraftwerks Handeckfluh ist die Anpassung und Ergänzung der Gesamtkonzession der KWO erforderlich. Das entsprechende Gesuch ist bewilligt, und die Baubewilligung dazu wurde erteilt.

Da fast alle Bauwerke des Kraftwerks Handeckfluh unterirdisch angeordnet sind, ist vorgesehen, die Baustellen so weit als möglich ganzjährig zu betreiben. Unter diesen Voraussetzungen ist mit einer Bauzeit von 2.5 Jahren zu rechnen.

Die Investitionskosten werden auf 22.5 Mio. CHF geschätzt.


Engere Gewässerschutzzone
Zone S2
Ärlenquelle
Gewässerschutzzone S1
Chalt Brunnen
Ärlen
633
865
Huble
Ärlenbach
Deponie Handeckfluh V23
Weitere Schutzzone
Zone S3
Gewässerschutzbereich Au
Standseilbahn Handeckfluh
Unterkunft Handeckfluh
Trafostation 16 kV
steigt 11.91%
auf 187.25 m
1679.70
steigt 16.18 %
auf 32.44 m
Panzerung ø 1.4 m
L = 32.44 m
Stollenprofil 9
Handeggblatti
Zentrale KW Handeckfluh
1x Compact Francis Turbine
Q = 10 m³/s
P = 9 MW
L = 17.00 m
B = 12.00 m
Gesamthöhe H = 12.50 m
Überquerung
1702.00 Sohle Druckstollen
1693.07 Scheitel Zulaufstollen von
Ärlen- und Grubenbach
ΔH = 8.99 m
Vertikalschacht
Anschluss an
Wasserschlossschacht
1707.00
1702.00
1701.75
1700.00
Druckstollen Mattenalp - Handeckfluh
Unverkleideter Druckstollen, L = 1'526.95 m bis Anschluss Ärlenbachfassung
Stollenprofil 7
Anschluss Parallelstollen Handeckfluh (APH)
Parallelstollen Räterichsbodensee - Handeckfluh (HA2F)
Zulaufstollen Räterichsbodensee - Handeckfluh
74
1800
1900
2000
1700
1600


0 m
5 m
17.00
1.00
4.00
1.98
2.60
7.42
Zugangsstollen
Zentrale
Spritzbeton 35 cm
1702.00
Kranbahn
Anfahrmass Kran
5 Steuerschränke
Compact Francis Turbine
Q = 10 m³/s
P = 9 MW
Generator
Hydraulik-
aggregat
Drosselklappe
(DN 1400, A =1.5 m²)
Panzerung ø 1.4 m
L = 32.44 m, Stollenprofil 9
Panzerung ø 2 m
L = 40.00 m
Stollenprofil 8
1700.00
6.28
4.00
6.72
17.00
A
B
C


0 m
5 m
Spritzbeton 35 cm
1711.68
1708.00
1702.00
1700.32
Kranbahn 50 t
Zugangsstollen Zentrale
Compact Francis Turbine
Q = 10 m³/s
P = 9 MW
Drosselklappe
(DN 1400, A =1.5 m²)
1703.37
1702.00
3.60
4.50
6.98
2.60
7.42
17.00

Übersichtskarte Kraftwerk Trift.

Die Kraftwerkskaskade im Gadmental wird mit dem neuen KW Trift und dem Speichersee stark aufgewertet.

3. KRAFTWERK TRIFT

Zusammenfassung

Infolge des starken Rückzugs des Triftgletschers ist ein grosses Geländebecken mit einem natürlichen See freigelegt worden, das am Ausgang durch einen Felsriegel mit einer engen Schlucht abgeschlossen ist. Das Triftbecken liegt oberhalb der bestehenden Anlagen der KWO im Gadmental, in dem bisher keine Speichermöglichkeiten vorhanden sind. Das Projekt Kraftwerk Trift nutzt die Chance, die sich durch den Gletscherrückzug bietet, indem die bestehenden Anlagen mit einem grossen Speichersee und einem Kraftwerk ergänzt werden.

Die Speicherung des anfallenden Wassers und die damit mögliche Verlagerung der Energieproduktion in den Winter wird stark an Bedeutung gewinnen, wenn längerfristig die Energieproduktion aus den Kernkraftwerken reduziert und damit das saisonale Energiedefizit im Winter durch den Wegfall der Bandenergie vergrössert wird.

Das Projekt KW Trift setzt sich aus den folgenden Hauptelementen zusammen:
– Erschliessungstunnel Fuhren–Trift;
– Staumauer und Speichersee Trift;
– Kavernenzentrale Untere Trift;
– Fassung Steingletscher;
– Zulaufstollen Stein–Trift.

Das Kraftwerk Trift mit einer installierten Leistung von 80 MW nutzt die Höhenstufe von 425 m zwischen dem neuen Speichersee Trift und der bestehenden Fassung Untere Trift. Pro Jahr können unter Berücksichtigung der Restwasserdotation rund 145 GWh elektrische Energie produziert werden.

Im neuen See können 85 Mio. m^3 Wasser gespeichert werden, was einem Energieinhalt von 215 GWh entspricht. Mit dem neuen Speicher kann das mehrheitlich im Sommer zufliessende Wasser für eine bedarfsgerechte Produktion im Sommer, vor allem aber für die Stromproduktion im Winter, gespeichert werden. Zudem kann ein bedeutender Beitrag zum Hochwasserschutz an der Aare geleistet werden.

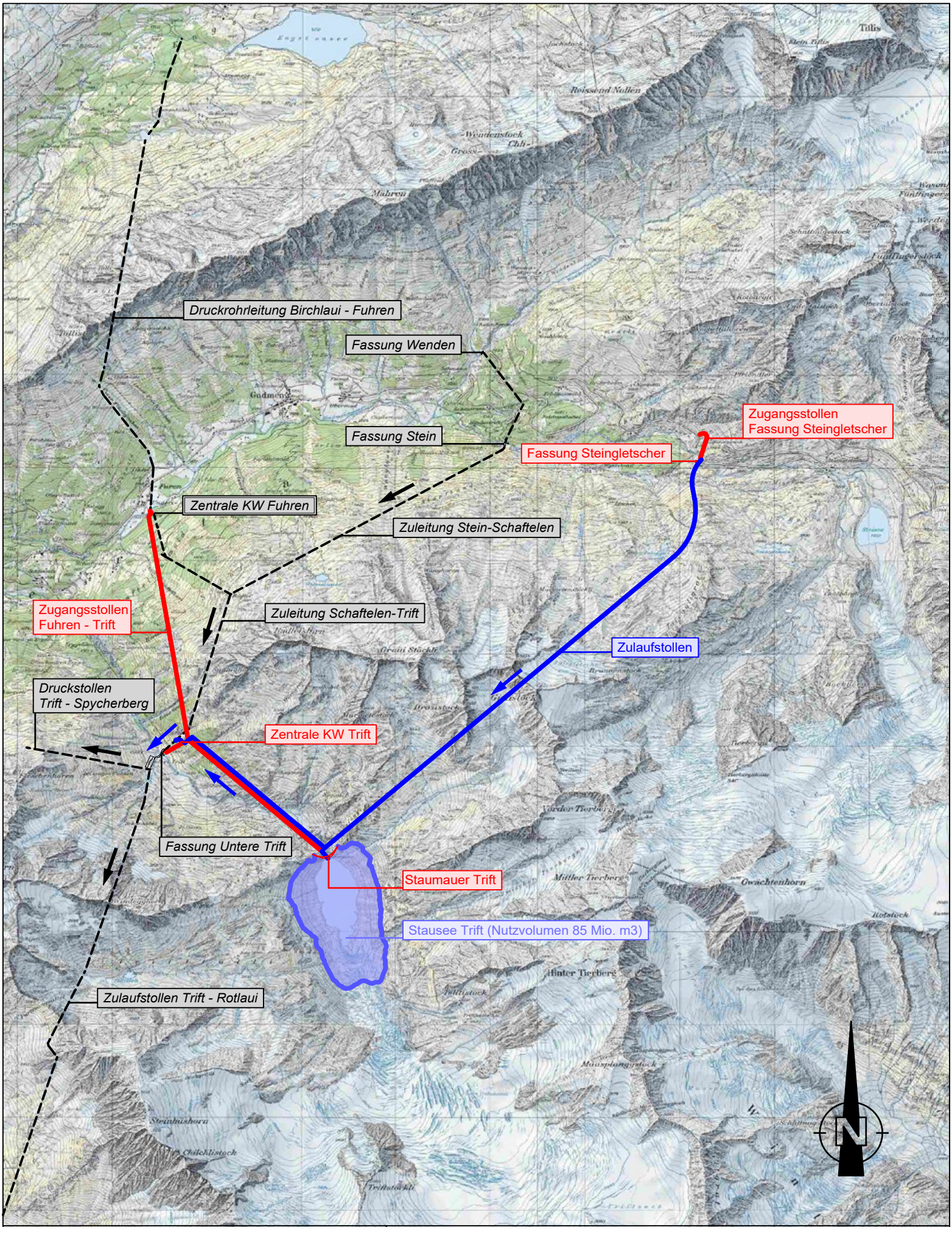
Die zu erwartenden Auswirkungen auf die Umwelt wurden detailliert abgeklärt. Die entsprechenden Resultate und Beurteilungen sind im Umweltverträglichkeitsbericht und im Restwasserbericht dargelegt, und die vorgesehenen Massnahmen sind eingehend beschrieben.

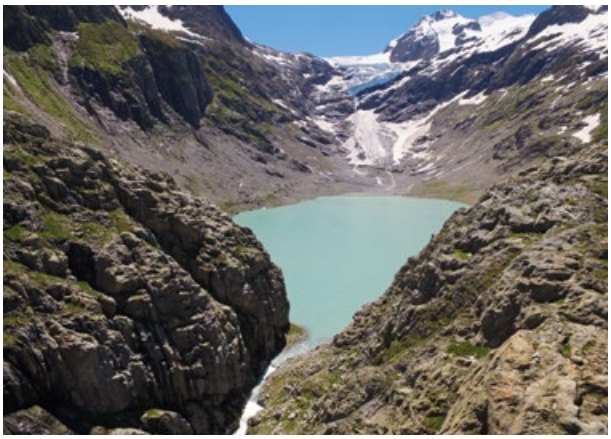
Es ist mit einer Bauzeit von 8 Jahren zu rechnen, und die Investitionskosten werden auf 387 Mio. CHF (Preisbasis 2017) geschätzt.

Bedeutung des Kraftwerks Trift

Der Bau des KW Trift mit dem Speicher Trift ist ein bedeutender Ausbauschritt für die Kraftwerksanlagen der KWO. Mit dem neuen Speichersee kann das Speichervolumen im KWO-System um rund 45 % vergrössert werden. Die bisher bestehenden Speicher der KWO liegen ausschliesslich im Aaretal. Mit dem neuen Triftsee wird im Gadmental ein Rückhaltevolumen geschaffen, das dort bisher vollständig fehlt.

Die Kraftwerkskaskade im Gadmental wird mit dem neuen KW Trift und dem Speichersee stark aufgewertet. Der Anteil an nicht planbarer Bandenergie der Kraftwerke im Gadmental kann mit dem neuen Speicher stark reduziert und deren Einsatz optimiert werden.


Druckrohrleitung Birchlaui - Fuhren
Fassung Wenden
Fassung Stein
Zugangsstollen
Fassung Steingletscher
Fassung Steingletscher
Zentrale KW Fuhren
Zuleitung Stein-Schaftelen
Zugangsstollen
Fuhren - Trift
Zuleitung Schaftelen-Trift
Zulaufstollen
Druckstollen
Trift - Spycherberg
Zentrale KW Trift
Fassung Untere Trift
Staumauer Trift
Stausee Trift (Nutzvolumen 85 Mio. m3)
Zulaufstollen Trift - Rotlaui
N



Gletscherrandsee.

Mit dem neuen Triftsee können rund 85 Mio. m^3 Wasser gespeichert und für die bedarfsgerechte Produktion von elektrischer Energie verwendet werden, insbesondere für die Stromproduktion im Winter. Das Speichervolumen entspricht der Hälfte der Wassermenge, die im Einzugsgebiet des Projekts anfällt.

Das neue KW Trift nutzt die Höhenstufe von 425 m zwischen dem neuen Speicher Trift und der bestehenden Fassung Untere Trift zur Energieproduktion. Dadurch können mit den vorhandenen, bereits heute genutzten, neu jedoch höher gefassten Zuflüssen rund 145 GWh pro Jahr mehr elektrische Energie aus Wasserkraft gewonnen werden (unter Berücksichtigung der Restwasserdotation).

Langfristige Perspektive

Das Einzugsgebiet des Triftsees ist stark vergletschert. Fast alle Gletscher im Alpenraum, insbesondere auch im Triftgebiet, haben infolge der Klimaerwärmung in den letzten Jahren viel an Volumen verloren. Dieser Volumenverlust wird sich fortsetzen, und die Gletscher verlieren zusehends ihre Funktion als langfristige Speicher. Damit wird der saisonale Ausgleich der Zuflüsse reduziert. Langfristig gesehen übernehmen teilweise die Speicherseen diese Funktion.

Somit werden längerfristig die Speicherseen noch mehr an Bedeutung gewinnen, denn sie werden zunehmend zum Ausgleich der Zuflüsse beitragen. Sie können die Zuflüsse von Starkniederschlägen in nassen Sommern und die Regenfälle bis in grosse Höhen in warmen Wintern speichern und in trockene Perioden bzw. Jahre verlagern. Dadurch werden sie einen wertvollen Beitrag zur Bewirtschaftung der darunterliegenden Seen und Flüsse leisten, denn die Hochwasserschutzfunktion sowie die Produktion von elektrischer Energie in den Flusskraftwerken werden verbessert bzw. optimiert. Es ist deshalb auch in der langfristigen Perspektive von Bedeutung, den Speichersee Trift mit seinem stark vergletscherten Einzugsgebiet zu bauen. Dies umso mehr, als ein beachtliches Speichervolumen von 85 Mio. m^3 mit relativ kleinem Aufwand für den Bau einer Staumauer realisiert werden kann.

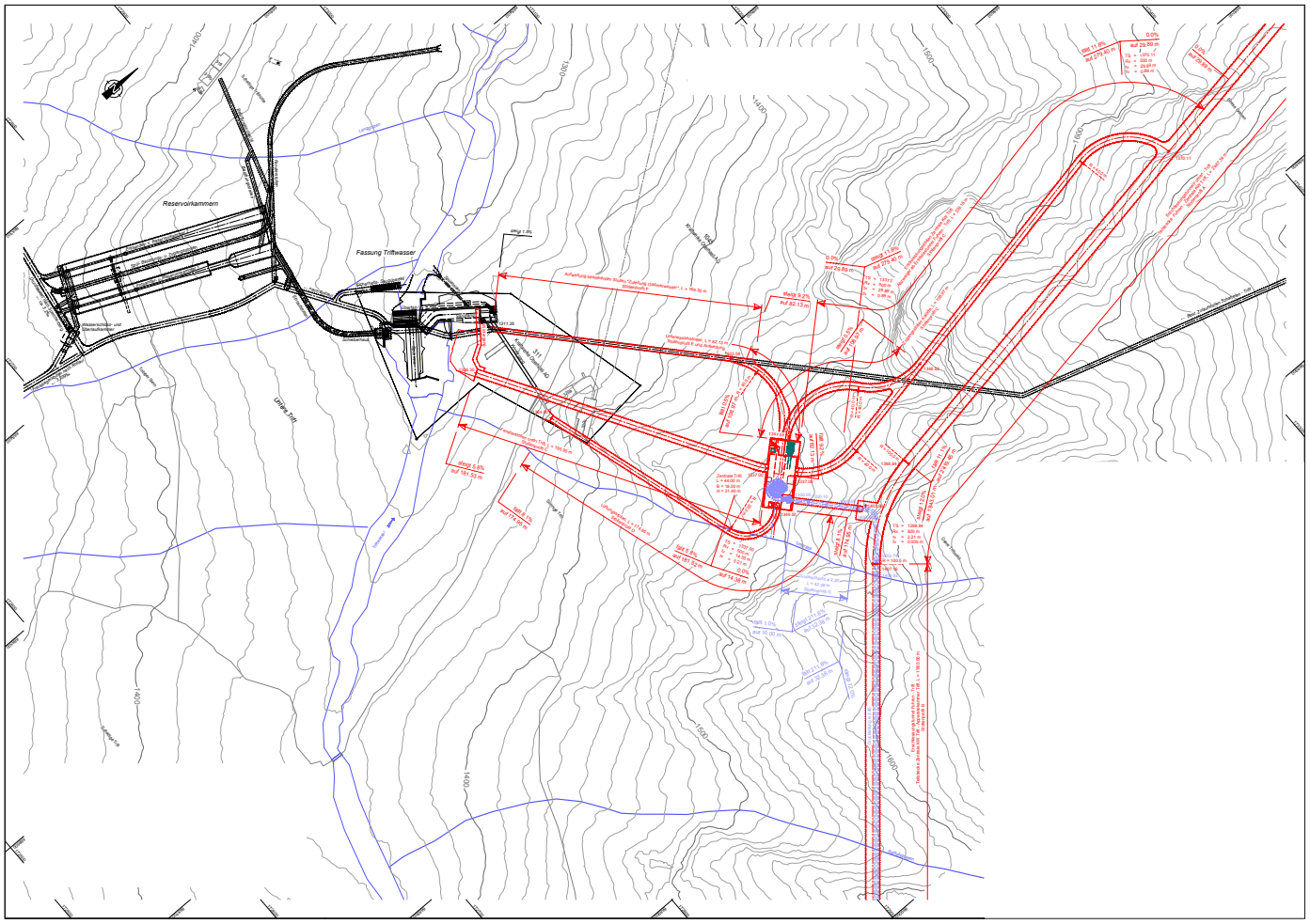
Beschreibung des Kraftwerks Trift

Erschliessungstunnel Fuhren–Trift

Die neuen Anlagen im Bereich Untere Trift und Triftsee werden in der Bau- und der späteren Betriebsphase durch einen 4.3 km langen Tunnel erschlossen. Dieser führt ab Fuhren, südwestlich neben der bestehenden Zentrale, mit einer Steigung von 11 % bis 12 % zur Staumauer Trift und mündet dort in die Apparatekammer, die in der Bauphase als Logistikkaverne dient. Bei Stollenmeter 2150 zweigt der Erschliessungsstollen zur neuen Kavernenzentrale ab.

Der Erschliessungstunnel wird aus baulogistischen Gründen doppelspurig ausgeführt und weist eine Breite von ca. 8.50 m und eine Höhe von ca. 7 m auf. Er wird sprengtechnisch ausgebrochen und nach Bedarf entsprechend den geologischen Verhältnissen mit Ankern, Netzen und Spritzbeton gesichert. Der abzweigende Erschliessungsstollen zur Kavernenzentrale ist einspurig und hat eine Länge von ca. 340 m, eine Breite von ca. 4.50 m und eine Höhe von ca. 6 m.

Im Portalbauwerk des Erschliessungstunnels werden neben der bestehenden Kraftwerkszentrale Fuhren Einrichtungen für die Belüftung und Entrauchung des Tunnels untergebracht.



Situation Undri Trift mit Kraftwerk.

Kavernenzentrale Undri Trift
Der Standort der neuen Kavernenzentrale befindet sich unterirdisch in der Nähe der bestehenden Fassung Undri Trift und der Seilbahnbergstation. Die Abmessungen der Kaverne betragen 31 m in der Höhe, 18 m in der Breite und 44 m in der Länge. Der Maschinensaal befindet sich auf Kote 1340 m ü. M.

Elektromechanische und elektrotechnische Ausrüstung
Das KW Trift wird mit einer vertikalachsigen, mehrdüsigen Peltonturbine ausgerüstet. Die Düsenachse liegt auf Kote 1330 m ü. M. Bei einer maximalen Bruttofallhöhe von 437 m und einer Ausbauwassermenge von 21 m^3/s beträgt die Leistung der Turbine 80 MW. Als Generator wird eine Drehstrom-Synchronmaschine mit einer Leistung von 90 MVA eingesetzt. Die Maschinenspannung wird mit einem dreiphasigen 90-MVA-Maschinentransformator auf die Übertragungsspannung von 150 kV transformiert.

Als Maschinenabschlussorgan wird oberwasserseitig ein Kugelschieber mit einem Durchmesser von 1.60 m eingebaut. Zur Versorgung der Maschine mit Schmieröl, Kühl- und Löschwasser sind im Weiteren entsprechende Hilfssysteme in der Zentrale untergebracht. Der Eigenbedarf des Kraftwerks wird über das 16-kV-Netz gedeckt.

Die digitale Kraftwerksleittechnik für die Schutz-, Mess- und Steuereinrichtung gestattet den Automatikbetrieb sowie die Fernsteuerung und Fernüberwachung ab der Zentralen Leitstelle in Innertkirchen. Über einen lokalen Kraftwerksleitstand kann zudem auch bei Störungen im Leittechnik-Übertragungsnetz ein zuverlässiger Betrieb gewährleistet werden.

Wie fast alle Gletscher im Alpenraum hat auch der Triftgletscher in den letzten Jahren viel an Volumen verloren.

Energieableitung
Die Energieableitung aus der Kavernenzentrale Trift erfolgt mit 150-kV-Kunststoffkabeln durch den Erschliessungstunnel Fuhren–Trift in die neu zu erstellende 150-kV-GIS-Schaltanlage Fuhren, die zwischen der südwestlichen Stirnseite des bestehenden KW Fuhren und dem Zugangsportal des Erschliessungstunnels Fuhren–Trift angeordnet wird. An diese neue Schaltanlage Fuhren werden auch das bestehende Kraftwerk Fuhren und die bestehende 150-kV-Freileitung Fuhren–Innertkirchen angeschlossen. Die Übertragungskapazität der Freileitung reicht auch für die zusätzliche Leistung des KW Trift. Die bestehende Freileitung muss nicht ausgebaut werden.

Die 150-kV-Freileitung endet in der 150-kV-GIS-Schaltanlage Innertkirchen, die über eine 500-MVA-Netzkupplung mit der 220-kV-Schaltanlage Innertkirchen verbunden ist. Diese Schaltanlage ist ein wichtiger Knotenpunkt in einer alpenquerenden Nord-Süd-Verbindung, die im Norden mit den Unterwerken Wimmis, Bickigen und Mettlen und im Süden mit den Unterwerken Mörel und Peccia verbunden ist.

Beschreibung der Staumauer Trift

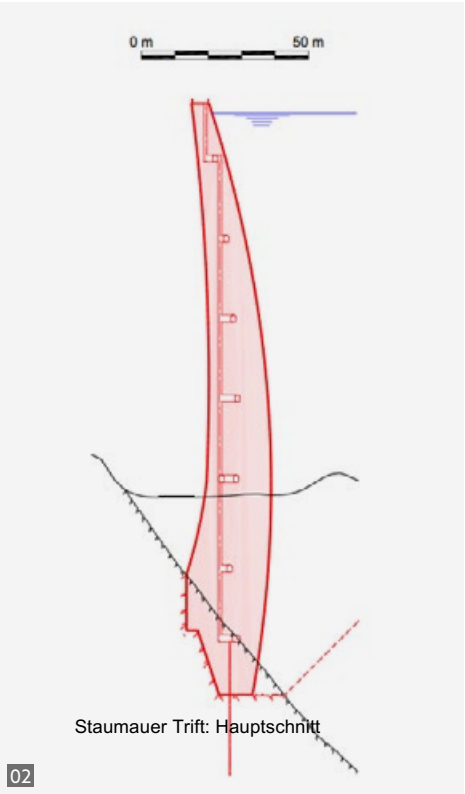
Die Staumauer Trift kommt beim Felsriegel zwischen der Windegg und der Drosiegg am Ende des heutigen Gletscherrandsees rund zwei Kilometer oberhalb der bestehenden Fassung Undri Trift zu stehen. Die topografischen und geologischen Verhältnisse sind ideal für die Erstellung einer zweifach gekrümmten Bogenstaumauer.

Das Stauziel des Sees beträgt 1767 m ü. M., die minimale Betriebskote liegt bei 1660 m ü.M. Die maximale Höhe der Mauer beträgt von der Fundation bis zur Krone 177 m. Die Mauerkrone hat eine Breite von 5.75 m, und die Mauer ist maximal rund 25 m dick. Für den Bau der Mauer werden gemäss dem aktuellen Projektstand rund 310 000 m^3 Beton benötigt. Der Aushub für die Fundation und die Widerlager der Mauer umfasst rund 100 000 m^3 Fels.

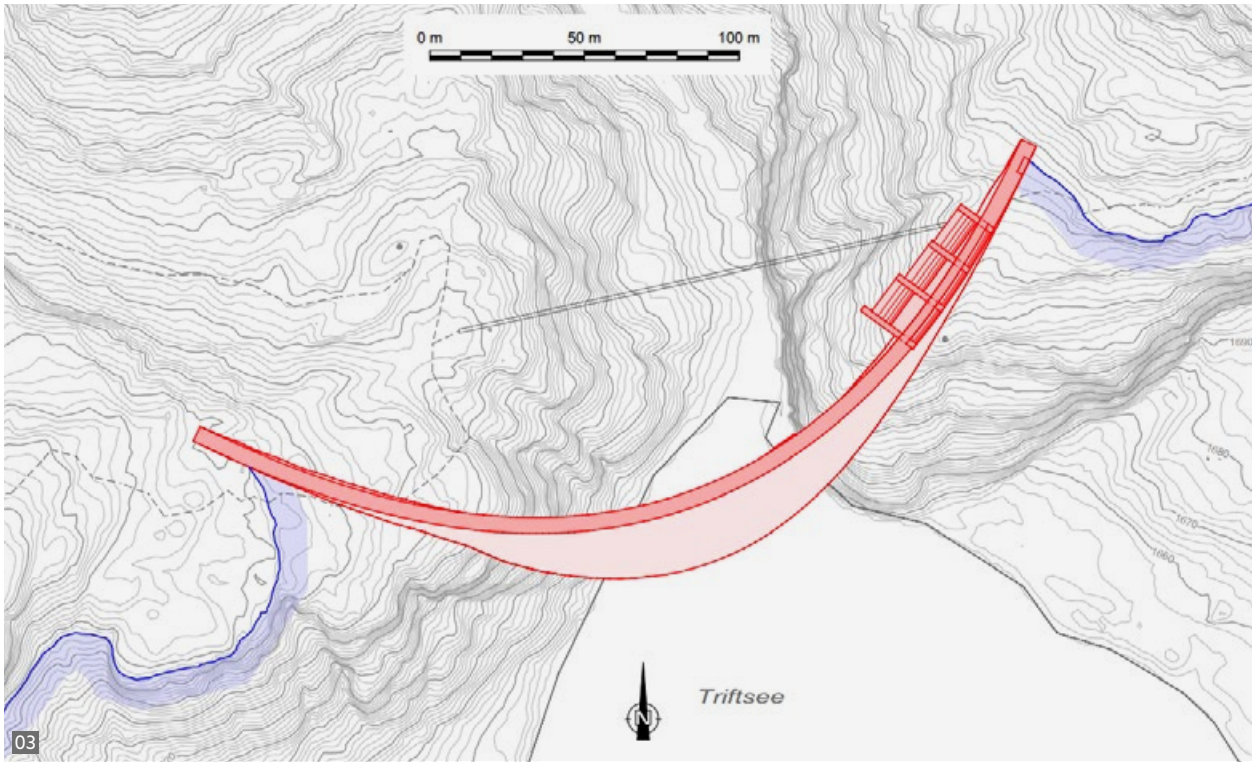
Grundablass
Der Grundablass befindet sich unterhalb des Einlaufbauwerks für das Triebwassersystem und hat eine Einlaufkote von 1645 m ü. M. Mit dieser Anordnung kann eine Verlandung vor dem Einlaufbauwerk wirksam vermieden werden. Der Grundablassstollen hat eine Länge von 96 m und mündet unterhalb der Staumauer in die Schlucht. Die Kapazität des Grundablasses beträgt rund 55 m^3/s. Als Abschlussorgane sind eine Betriebs- und eine Revisionsschütze vorgesehen.

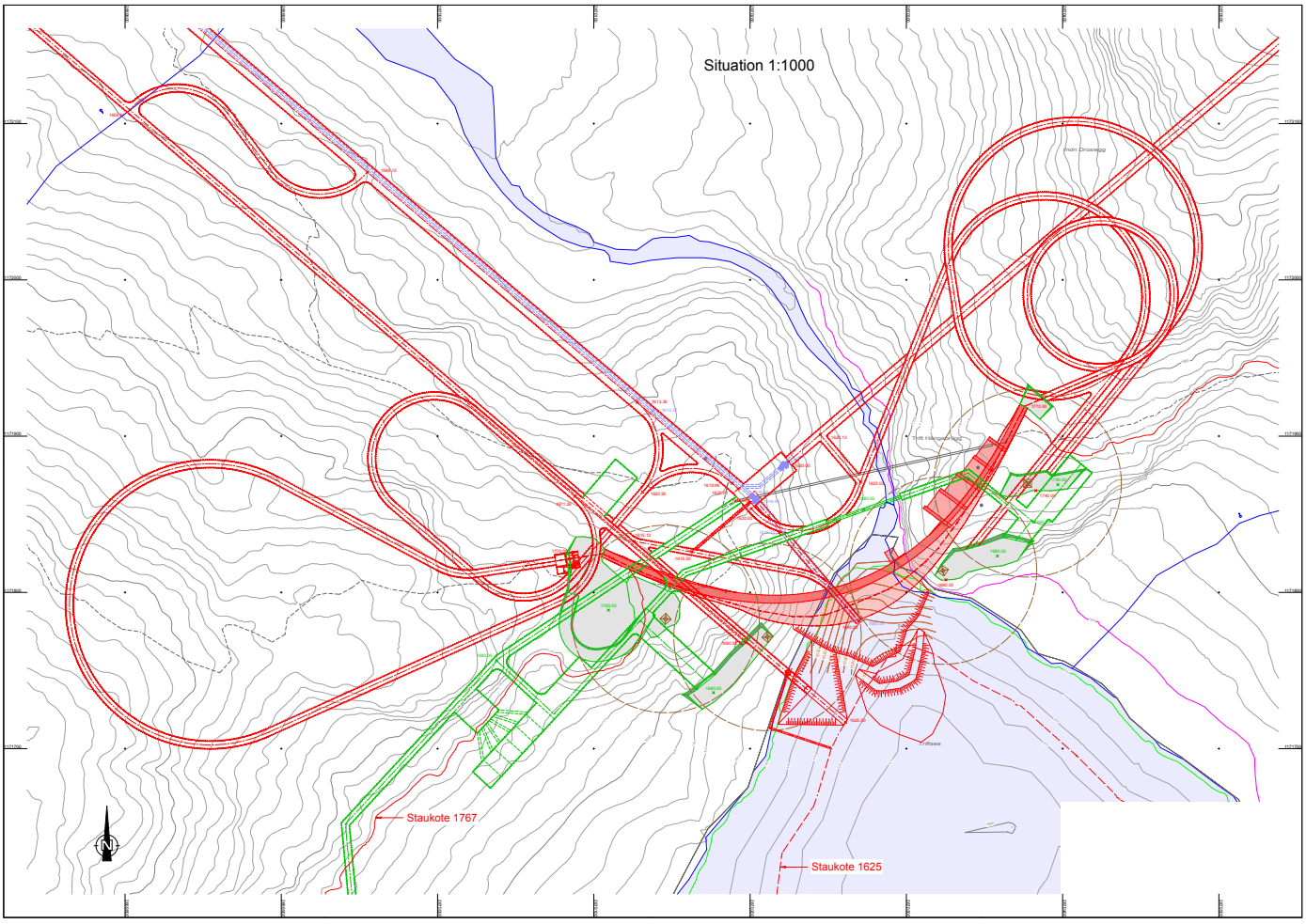
Hochwasserentlastung
Für die sichere Ableitung von Hochwasser steht die Hochwasserentlastung beim östlichen Widerlager der Staumauer zur Verfügung. Die Hochwasserentlastung besteht aus drei jeweils 13 m breiten Mauerüberfällen mit anschliessender Schussrinne, über die das Wasser abgeführt werden kann, ohne die Widerlager und die Fundation der Mauer zu gefährden. Im Falle eines extremen Hochwassers können über diese Hochwasserentlastung ca. 240 m^3/s abgeleitet werden.

Dotiereinrichtungen und Dotierkraftwerk
Das Restwasser von ca. 115 bis 450 l/s, das in die Schlucht unterhalb der Staumauer abgegeben wird, kann mit einem Kleinkraftwerk zur Energieproduktion genutzt werden. Dieses Dotierkraftwerk wird am Fuss der Staumauer angeordnet. Mit einer horizontalachsigen Compact-Peltonturbine mit einer



01 Staumauer Trift.
02 Staumauer Trift: Hauptschnitt.
03 Staumauer Trift: Grundriss.





Situation Staumauer Trift.

Staumauer Trift von Windegg.

Leistung von 300 kW kann mit dem abgegebenen Dotierwasser ca. 0.8 GWh pro Jahr elektrische Energie produziert werden.

Kontrolleinrichtungen

Die vorgesehenen Messeinrichtungen entsprechen den Vorschriften und dienen der Überwachung des kurz- und langfristigen Verhaltens der Staumauer bezüglich Deformationen, Fugenbewegungen, Temperaturschwankungen, Auftrieb und Drainagewasseranfall.

Im Innern der Staumauer werden auf sechs verschiedenen Ebenen horizontale Kontrollgänge (Stollen) angeordnet, um dort die Kontrollrundgänge und -messungen durchführen zu können. Die horizontalen Kontrollgänge sind entweder mit einem umlaufenden Fundamentgang verbunden oder werden über einen Lift erschlossen.

Kenndaten Staumauer Trift.

Kronenkote	1770.00 m ü. M.
Stauziel	1767.00 m ü. M.
Minimale Betriebskote	ca. 1660 m ü. M.
Nutzinhalt Speichersee	85 Mio. m^3
Maximale Höhe	ca. 177 m
Kronenbreite	ca. 5.75 m
Breite am Fundamentfuss	ca. 25 m
Kronenlänge	ca. 330 m
Volumen Aushub	ca. 100 000 m^3
Volumen Beton	ca. 310 000 m^3
Kapazität Hochwasserentlastung	240 m^3/s (bei Sicherheitsfreibord 1 m)
Kote Grundablass	1645 m ü. M.
Kapazität Grundablass	55 m^3/s
Kote Dotierauslass	ca. 1651 m ü. M.
Kapazität Dotierauslass (Dotierkraftwerk)	115–450 l/s

Beschreibung des Triebwassersystems

Einlaufbauwerk mit anschliessendem Einlaufstollen
Das Wasser des Speichersees wird über ein trompetenförmiges Einlaufbauwerk in der Staumauer dem Triebwassersystem zugeführt. Die Einlaufkote befindet sich auf einer Höhe von 1650 m ü. M. Der anschliessende Einlaufstollen bis zur Apparatekammer hat eine Länge von 75 m. Der Stollen wird mit einer Panzerung versehen.

Apparatekammer
Die Apparatekammer dient in der Bauphase als Logistikkaverne, vor allem für die Montage der Tunnelbohrmaschine für den Vortrieb in Richtung der Fassung Steingletscher und für die notwendigen Umschlags- und Logistikeinrichtungen. Der Platzbedarf in der Bauphase bestimmt die Abmessungen der Kammer. Die Kammer ist durch den Erschliessungstunnel ab Fuhren erreichbar.

In der Apparatekammer werden zwei Drosselklappen mit je einem Durchmesser von 2.4 m als Sicherheits- und Abschlussorgane angeordnet. Die eine Klappe dient als Abschlussorgan für den Abfluss aus dem Triftsee. Mit der zweiten Klappe kann der Zulaufstollen von der Fassung Steingletscher her abgeschlossen werden.

Druckleitung
Der Erschliessungstunnel Fuhren–Trift, der in der Bauphase der logistischen Versorgung der Baustelle für die Kraftwerkszentrale und die Staumauer dient, wird in der Betriebsphase zwischen der Apparatekammer und der Kraftwerkszentrale halbseitig als Rohrstollen genutzt. Die rund 1800 m lange Druckleitung, bestehend aus einem Stahlrohr mit einem Innendurchmesser von 2.4 m, wird im Stollen auf Fundamentsockeln montiert. Der Stollen bleibt in diesem Bereich nur noch einspurig befahrbar.

Druckschacht und Anschluss Kraftwerk
Die Kavernenzentrale wird über einen rund 77 m langen Schrägschacht an die Druckleitung im Erschliessungstunnel angeschlossen. Der Schacht weist eine Neigung von 215 % auf und wird mit Stahlrohren (D_i = ca. 2.2 m) gepanzert.

Unterwasserstollen
Nach dem Austritt aus der Turbine fällt das Wasser in den Unterwasserstollen. Der Stollen hat eine Länge von 93 m und fällt mit ca. 9 % zum Anschluss an den bestehenden Zulaufstollen von Wenden und Stein. Im Bereich zwischen dem Anschluss und der Fassung Undri Trift wird der bestehende Zulaufstollen aufgeweitet.

Wasserfassung Steingletscher
Das Steinwasser wird rund 1.3 km unterhalb des Hotels Steingletscher durch ein 15 m hohes Wehr gestaut und über ein seitlich angeordnetes Einlaufbauwerk gefasst. Nach einem Entsander wird das Wasser über einen rund 112 m tiefen Fallschacht dem Zulaufstollen Richtung Triftsee zugeführt. Dieser Schacht ist vorgesehen, damit der Stollen die geologische Sackungsmasse «Ufen Miseren» möglichst tief, d. h. auf einer möglichst kurzen Strecke durchqueren kann.

Die Fassung und der Entsander sind auf eine Ausbauwassermenge von 7 m^3/s ausgelegt. Die Überfallsektion des Wehrs kann bei einem Überstau von 1 m im Hochwasserfall rund 45 m^3/s abführen. Im Wehr befindet sich ein Grundablass mit Revisions- und Betriebsschützen. Der Grundablass dient hauptsächlich zur regelmässigen Spülung des Wehrs. Die Anlagen der Fassung werden mit einem 370 m langen Stollen ab der Sustenstrasse erschlossen.

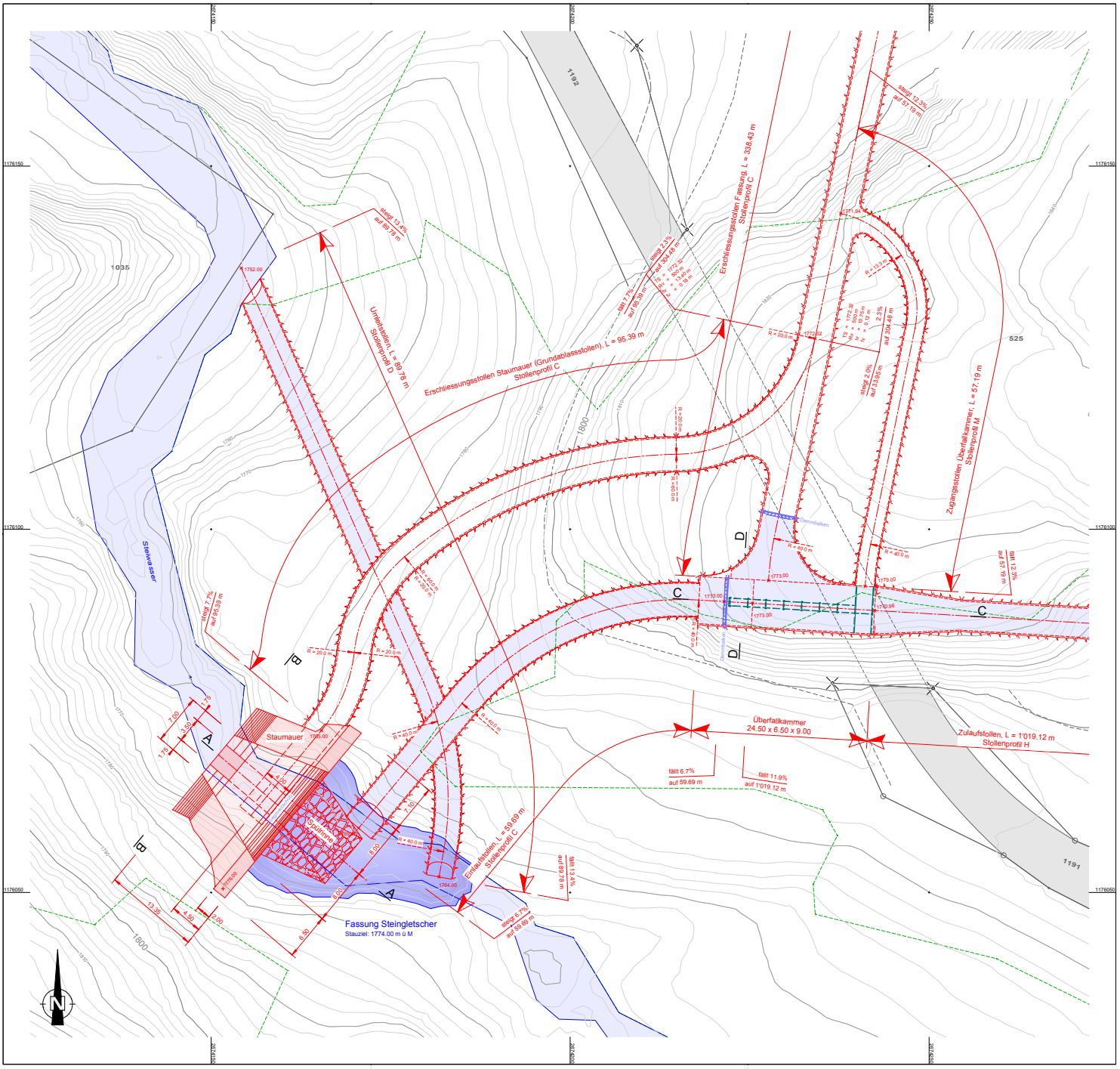
Zulaufstollen Stein–Trift
Das in der Fassung Steingletscher gesammelte Wasser fliesst über einen rund 6 km langen Stollen Richtung Speichersee Trift. Der Stollen hat ein gleich bleibendes Gefälle von 0.5 %. Er steht unter dem Wasserspiegeldruck des Triftsees. Der Stollen wird mit einer Tunnelbohrmaschine ab der Apparatekammer Trift aufgefahren und hat ein Kreisprofil mit einem Ausbruchdurchmesser von 5 m.

Bewilligung, Bauzeit, Investitionskosten

- Das Gesuch für eine Anpassung und Ergänzung der Gesamtkonzession ist eingereicht.
- Die Bauzeit wird rund 8 Jahre dauern.
- Die Investitionskosten werden 387 Mio. CHF geschätzt.

Fassungsstelle Steingletscher.

Situation Fassung Steingletscher.



GEPLANTE PROJEKTE

Weitere Ausbauprojekte sind geplant, werden aber derzeit nicht realisiert. Mit der Aufwertung der Kraftwerke Innertkirchen 1 und Handeck 2 besteht eine Systemlücke zwischen dem Grimsel- und dem Räterichsbodensee, die mit dem neuen Kraftwerk Grimsel 1E geschlossen werden kann. Geplant ist eine installierte Leistung von 150 MW. Das Pumpspeicherwerk Grimsel 3 nutzt das Energiepotenzial zwischen dem Stausee Räterichsboden und dem 535 m höher gelegenen Oberaarsee. Die installierte Leistung beträgt 630 MW.

Zur Gewährleistung von Netzstabilität und Versorgungssicherheit im Rahmen der Energiewende sind Spitzenlastkraftwerke und Pumpspeicherwerke bedeutend.

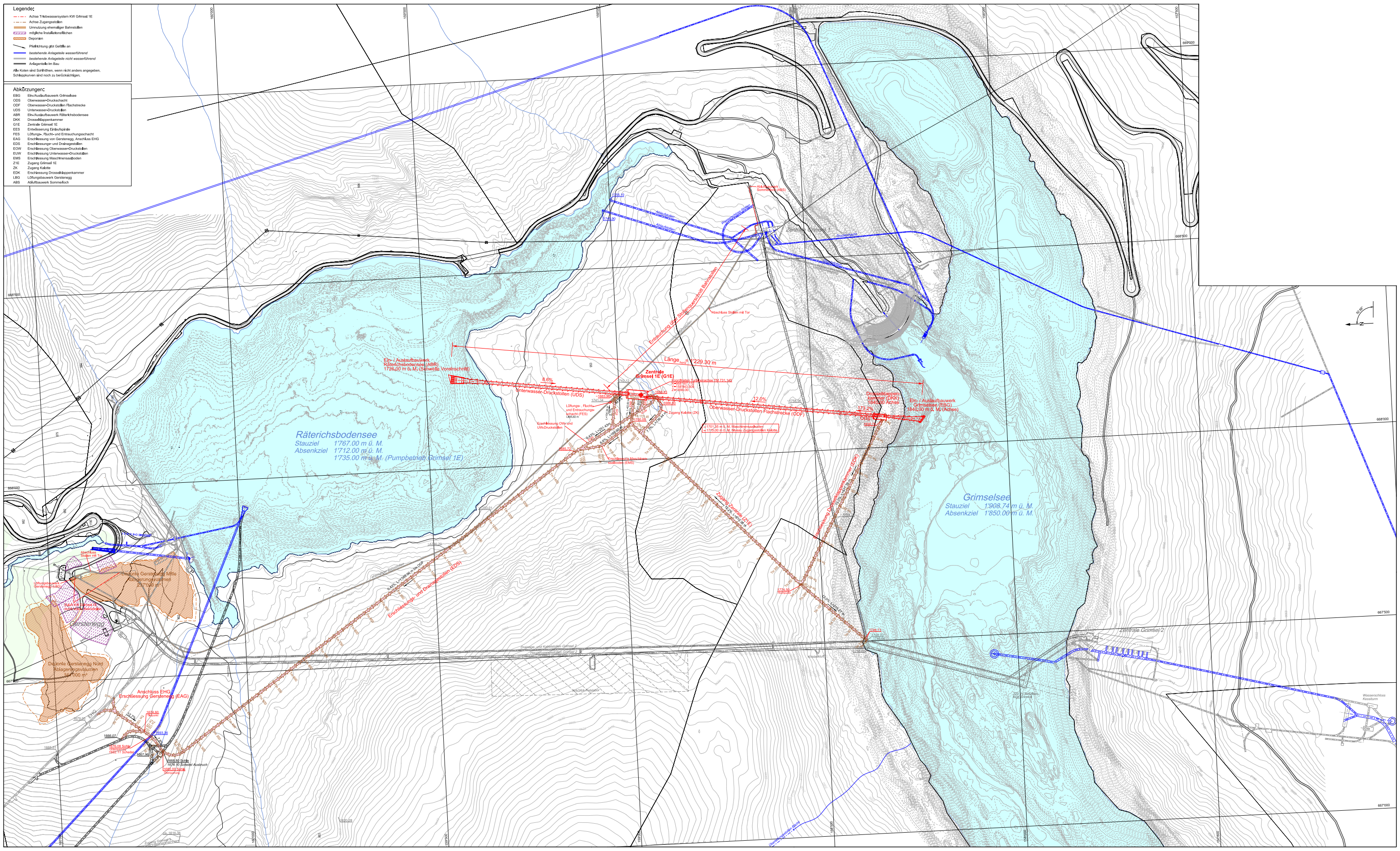
1. KRAFTWERK GRIMSEL 1E

Bedeutung des Kraftwerks Grimsel 1E

Mit dem Tandemprojekt, der Aufwertung der Kraftwerke Handeck 2 und Innertkirchen 1, steht für die Energieproduktion zwischen dem Räterichsbodensee und Innertkirchen ein Hauptstrang von rund 70 m^3/s zur Verfügung. Zwischen dem Oberaarsee und dem Grimselsee besteht mit dem Pumpspeicherwerk Grimsel 2 bereits ein Triebwasserweg mit einer Kapazität von 90 m^3/s. Der hydraulische Engpass (Systemlücke) zwischen dem Grimsel- und dem Räterichsbodensee kann mit dem neuen Kraftwerk Grimsel 1E geschlossen werden. Das Projekt Kraftwerk Grimsel 1E ist damit die oberwasserseitige Fortsetzung des bereits realisierten und in Betrieb stehenden Tandemstrangs Räterichsboden–Handeck–Innertkirchen.

Daneben dient das Kraftwerk auch der See- und Zuflussbewirtschaftung, wodurch Wasserverluste bei Hochwasser vermieden werden können und so ein wesentlicher Beitrag zum Hochwasserschutz geleistet wird. Das Kraftwerk Grimsel 1E kann Systemdienstleistungen für Primär-, Sekundär- und Tertiärregulierung sowie zur Spannungshaltung erbringen, und dies sowohl im Turbinenbetrieb wie auch im Pumpenbetrieb.

Grimsel 1E zwischen Grimselsee und Räterichsbodensee (Foto David Birri).



Unterwasser–Druckstollen

Oberwasser–Druckstollen / –Druckschacht

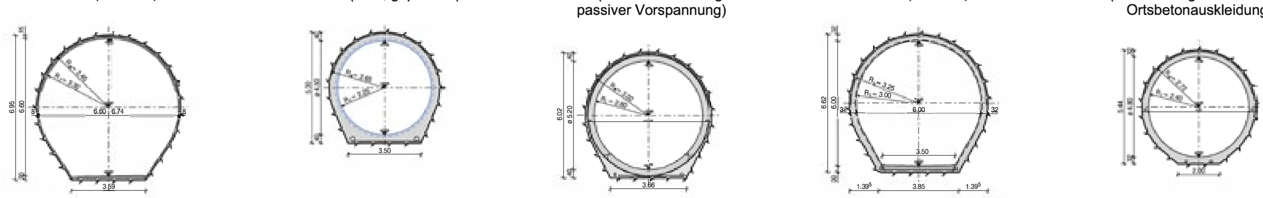
Triebwassersystem Normalprofil I
NP I (SPV roh)

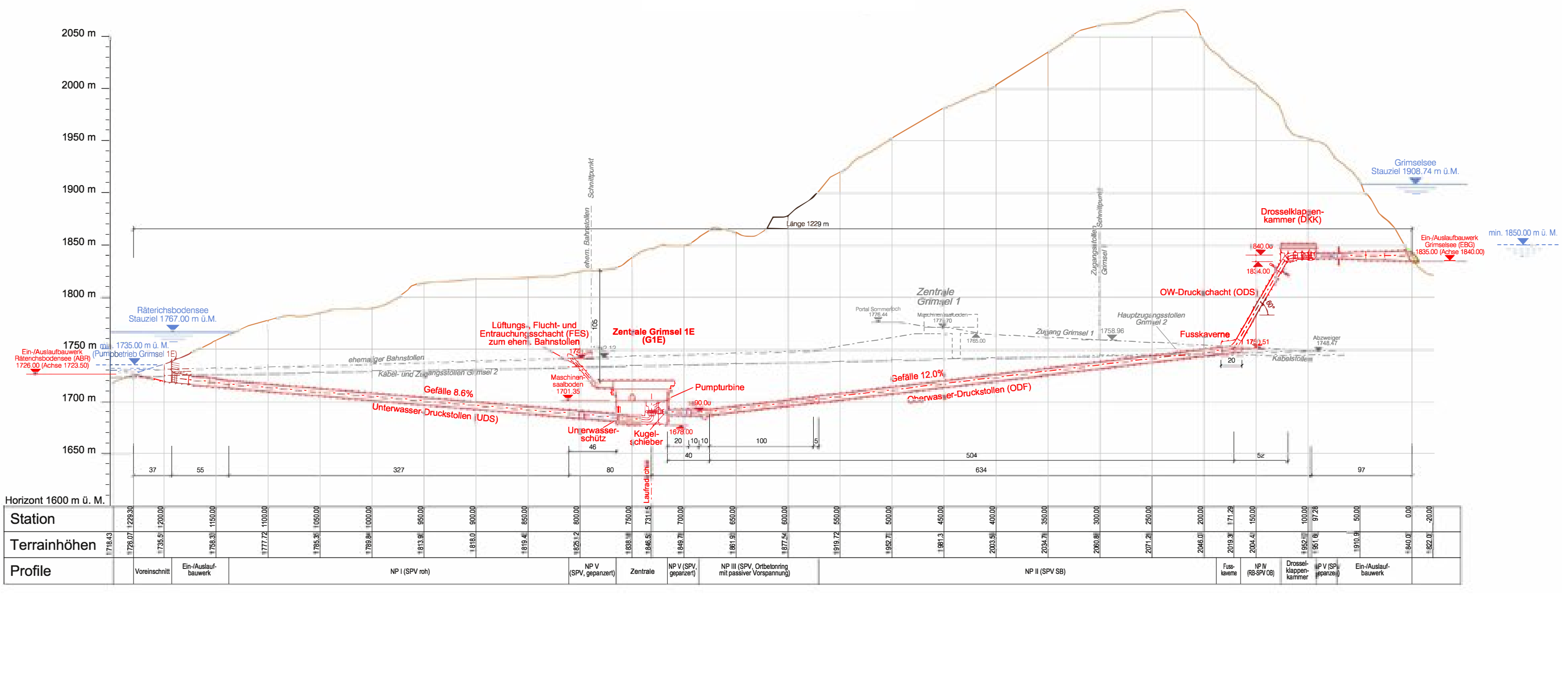
Triebwassersystem Normalprofil V
NP V (SPV, gepanzert)

Triebwassersystem Normalprofil III
NP III (SPV Ortsbetonring mit passiver Vorspannung)

Triebwassersystem Normalprofil II
NP II (SPV SB)

Triebwassersystem Normalprofil IV
NP IV (Raise-boring mit SPV-Aufweitung, Ortsbetonauskleidung)





Oben: Gesamtübersicht Grimsel 1E.
Unten: Längenprofil.

Zur Gewährleistung der Netzstabilität und der Versorgungssicherheit im Rahmen der Energiewende sind Spitzenlastkraftwerke und Pumpspeicherwerke von Bedeutung. Dazu eignet sich das Kraftwerk Grimsel 1E hervorragend. Mit der drehzahlvariablen Pumpturbine von 150 MW kann einerseits die Nachfrage nach kurzfristig zur Verfügung stehender Spitzenenergie gedeckt und anderseits im Pumpbetrieb nicht bedarfsgerecht produzierte Energie absorbiert und in Form von Wasser gespeichert werden.

Weiter kann das Kraftwerk Grimsel 1E für den Umwälzbetrieb eingesetzt werden, d. h., in bedarfsintensiven Stunden kann turbiniert und in bedarfsschwachen Stunden gepumpt werden. Obschon die Umwälzung nicht prioritäre Bedeutung für das Kraftwerk Grimsel 1E hat, ist dieser Betrieb problemlos möglich. Der Einsatz und die sich daraus ergebenden Pumpen- und Turbinenstunden werden hauptsächlich von der jeweiligen Situation am Energiemarkt abhängig sein.

Zusammenfassung

Das Kraftwerk Grimsel 1E nutzt mit einer Maschinengruppe ohne zusätzlich gefasstes Wasser das vorhandene Potenzial zwischen den beiden bestehenden Speichern Grimsel- und Räterichsbodensee. Aufgrund der kurzen Distanz zwischen den beiden Seen sowie der bereits bestehenden Anlagenteile kann mit dem Kraftwerk Grimsel 1E ein wirtschaftlich attraktives Kraftwerk realisiert werden.

Neben den erwähnten Stauseen nutzt das Projektvorhaben weitere bestehende Anlagenteile, insbesondere die Erschliessungs- und Versorgungsanlagen der bestehenden Kraftwerke an der Grimsel. Die neu zu erstellenden Bauwerke umfassen im Generellen das oberwasserseitige Triebwassersystem mit Einlaufbauwerk, Druckstollen, Schrägschacht und Drosselklappenkammer, die Kavernenzentrale, das unterwasserseitige Triebwassersystem mit Unterwasserstollen und Auslaufbauwerk sowie zusätzliche Erschliessungsstollen.

Das neue Kraftwerk weist bei einer Ausbauwassermenge von 100 m^3/s eine installierte Leistung von 150 MW auf.

Das neue Kraftwerk ist vollständig im Berginnern angeordnet. Die Auswirkungen auf die Umwelt sind minimal und betreffen hauptsächlich die Deponierung des Ausbruchmaterials. Im Umweltverträglichkeitsbericht sind die zu erwartenden Auswirkungen sowie die zu deren Beschränkung bzw. Kompensation vorgeschlagenen Massnahmen eingehend beschrieben.

Es sind folgende Bauwerke neu zu erstellen:

Triebwassersystem

Der Triebwasserweg zwischen den beiden Speichern Grimsel- und Räterichsbodensee verläuft gestreckt. Die geringe horizontale Gesamtlänge von nur knapp 1.2 km erlaubt es, auf ein Wasserschloss zu verzichten, ohne dass dabei grössere Betriebseinschränkungen entstehen.

Ein- und Auslaufbauwerk Grimselsee

Im Grimselsee wird ein neues Ein- und Auslaufbauwerk erstellt. Die Anordnung des Bauwerks ist am orografisch linken Ufer im Abstand von 250 m von der Staumauer Spitallamm vorgesehen. Damit sowohl im Pump- als auch im Turbinenbetrieb günstige Strömungsverhältnisse auftreten, mündet der Oberwasserdruckstollen im Auslaufbauwerk in eine trompetenförmige Aufweitung, die 13 m breit und 10 m hoch ist. Das Bauwerk hat eine Länge von rund 72 m und geht in Richtung Drosselklappenkammer direkt in die gepanzerte Anschlussstrecke des oberwasserseitigen Triebwassersystems über.

Technische Spezifikationen oberwasserseitiges Triebwassersystem.

	Horizontale Länge	Neigung	Durchmesser (D_i)
Gepanzerte Anschlussstrecke des OW-Druckstollens bis DK-Kammer	24 m	ca. 0 %	4.5 m
Schrägschacht	80 m	ca. 60°	4.80 m
OW-Druckstollen (inkl. Fusskrümmer)	500 m	ca. 12 %	6.00/5.20 m
Gepanzerte Anschlussstrecke Zentrale	30 m	ca. 0 %	5.20/4.50 m

Die Einlaufkote (Sohle) des Bauwerks liegt auf einer Höhe von 1835 m ü. M., womit der Turbinenbetrieb bis zu einer Kote des Grimselsees von 1853 m ü. M. bei einer Wassermenge von 100 m^3/s möglich ist. Beim Ein- und Auslaufbauwerk sind keine weiteren Massnahmen (z. B. Rechen) erforderlich.

Oberwasserseitiges (OW) Triebwassersystem mit Drosselklappe

Die Verkleidung des Oberwasserdruckstollens erfolgt weitgehend mit Spritzbeton sowie abschnittsweise mit einer Ortsbetoninnenschale. Im Bereich von Abschlussorganen und Krümmern ist eine Stahlpanzerung erforderlich.

Im Bereich der gepanzerten Anschlussstrecke vor der Zentrale wird am Ende des OW-Druckstollens ein Kiesfang angeordnet, der im Revisionsfall durch ein rundes Drucktor (D = 2.5 m) zugänglich ist. Eine allfällige Füllung des Kiesfangs kann mittels Spülleitung während des Betriebs geprüft werden.

In der Drosselklappenkammer wird eine notschlussfähige Drosselklappe mit einem Innendurchmesser von 4.50 m als Sicherheits- und Revisionsorgan untergebracht. Diese Kammer ist durch einen Zugangsstollen ab dem Zugang zur Kavernenzentrale erschlossen. Der an die Drosselklappe unterwasserseitig anschliessende Krümmer ist demontierbar und erlaubt so im Revisionsfall den Zugang zum Schrägschacht mit einer Schachtbefahrungsanlage.

Unterwasserseitiges (UW) Triebwassersystem

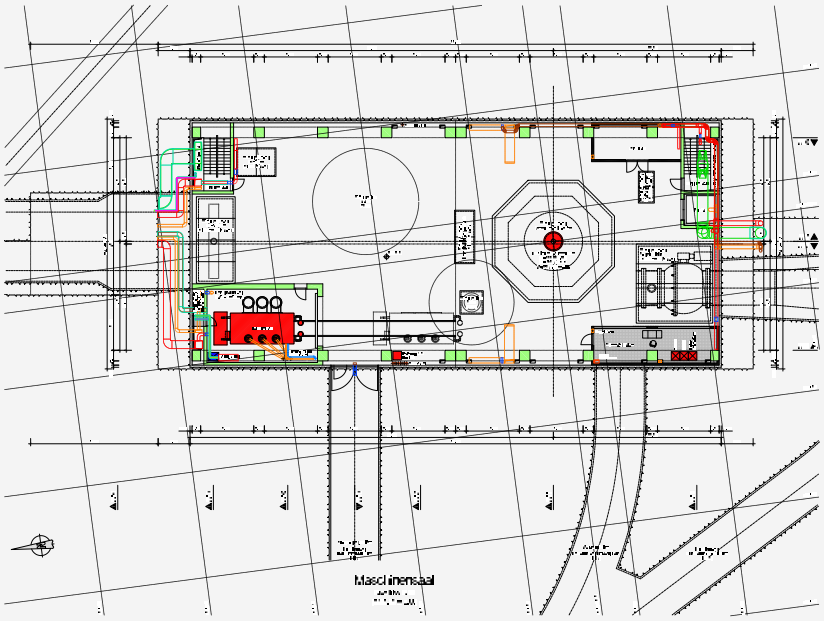
Der Unterwasserstollen zum Räterichsbodensee weist eine Länge von 430 m (inkl. Anschlussbereiche bei der Zentrale und Mündungsbauwerk im Räterichsbodensee), ein Gefälle von rund 8.6 % zur Zentrale und einen Innendurchmesser von 6.60 m auf. Wo notwendig wird eine Verkleidung mit Spritzbeton eingebacht. Eine Stahlpanzerung ist nur im Bereich der Rollschütze bei der Zentrale vorgesehen.

Der UW-Druckstollen ist im Revisionsfall über ein Drucktor (2.5 m × 2.5 m) zugänglich. Auf ein Wasserschloss kann aufgrund der beschränkten Länge des Unterwasserstollens verzichtet werden.

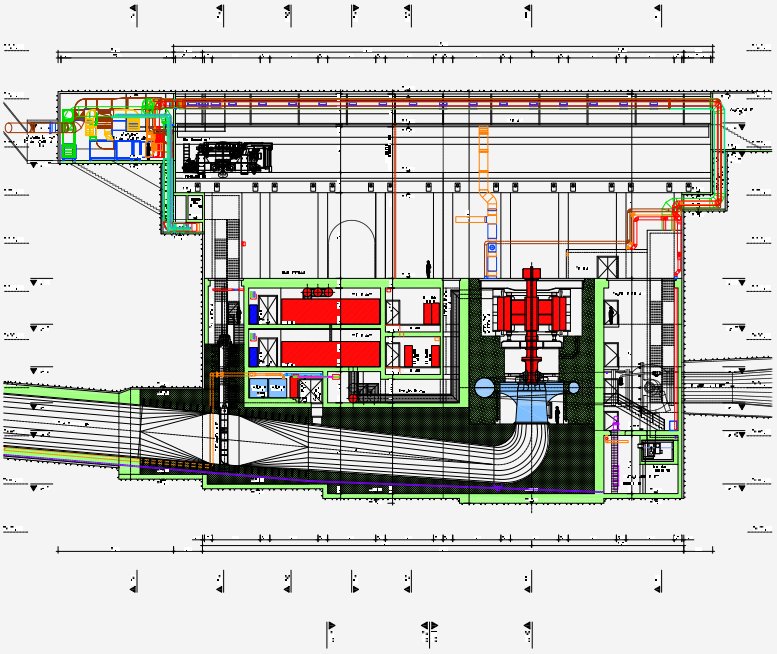
Ein- und Auslaufbauwerk Räterichsboden

Das Triebwassersystem wird mit einem Ein- und Auslaufbauwerk im Räterichsbodensee abgeschlossen. Die Anordnung des Bauwerks ist am orografisch linken Ufer, ca. 800 m von der Staumauer entfernt vorgesehen. Damit sowohl im Pump- als auch im Turbinenbetrieb günstige Strömungsverhältnisse auftreten, mündet der Unterwasserstollen im Bauwerk in eine trompetenförmige Aufweitung, die 12 m breit und 10.5 m hoch ist. Das Bauwerk hat eine Länge von 55 m.

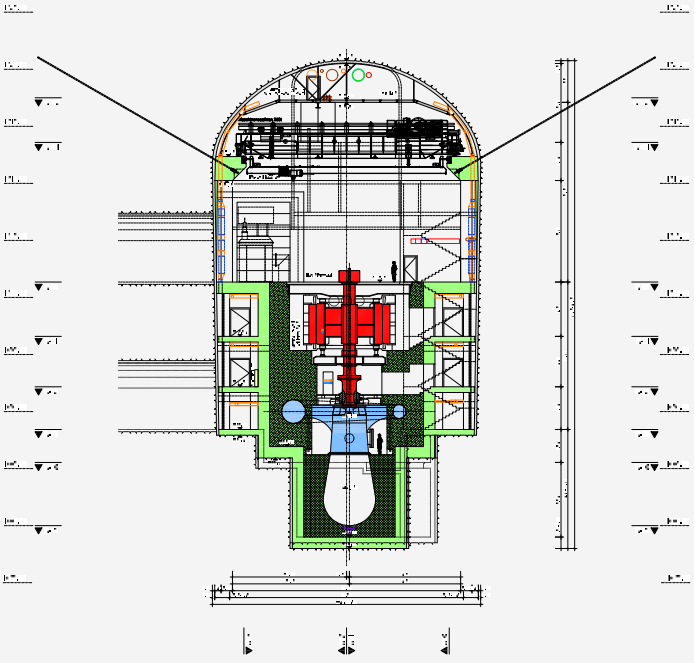
Die Einlaufkote (Sohle) des Bauwerks befindet sich auf 1726 m ü. M. Die Achse beim Eintritt in den Mündungstrichter liegt bei 1723.50 m ü. M. Damit ist für das Kraftwerk Grimsel 1E ein Volllastbetrieb im Pumpmodus bis zu einem Seespiegel im Räterichsbodensee von ca. 1735 m ü. M. gewährleistet. Der Turbinenbetrieb ist mit geringen Einschränkungen auch bei noch tieferen Seeständen möglich. Für die übrigen Kraftwerke (Grimsel 1, Handeck 2, 2A und 3) ergeben sich keine Einschränkungen. Beim Ein- und Auslaufbauwerk Räterichsbodensee sind keine besonderen Massnahmen (z. B. Abschlussorgane, Rechen) vorgesehen.



Grundriss Maschinensaal.



Längsschnitt Kavernenzentrale.



Querschnitt Kavernenzentrale.

Zusammenstellung der technischen Daten des Kraftwerks Grimsel 1E.

Hydraulische Grundlagen		
Grimselsee:		
Stauziel	(unverändert)	1908.74 m ü. M.
min. Betriebskote	Grimsel 1 und Überleitung Gelmer (unverändert)	1832 m ü. M.
	Grimsel 2 (unverändert)	1850 m ü. M.
	Grimsel 1E	1850 m ü. M.
Räterichsbodensee:		
Stauziel	(unverändert)	1767 m ü. M.
min. Betriebskote	(unverändert)	1712 m ü. M.
	Grimsel 1E (Pumpbetrieb)	1735 m ü. M.
Gefälle:		
max.		174 m
min.		83 m
Ausbauwassermenge		100 m^3/s

Triebwasserweg	Länge	Neigung	Durchmesser (D_i)
Oberwasser-Triebwassersystem (OW)			
OW-Druckstollen bis Drosselklappenkammer, inkl. Einlaufbauwerk	ca. 100 m	ca. 0 %	4.5 m bzw. variabel
Schrägschacht	ca. 80 m	ca. 60°	ca. 4.80 m
OW-Druckstollen (inkl. Fusskrümmer)	ca. 500 m	ca. 12 %	ca. 6.00/5.20 m
Gepanzerte Anschlussstrecke	ca. 30 m	ca. 0 %	ca. 5.20/4.50 m
Unterwasser-Triebwassersystem (UW)			
UW-Druckstollen, inkl. Einlaufbauwerk	ca. 430 m	ca. 8.6 %	ca. 6.6 m

Kavernenzentrale	L × B × H
Abmessungen	50 × 24 × 42 m

Elektromechanische Ausrüstung	
Pumpturbine Typ	Francis, reversibel, einstufig
Max. Leistungsabgabe Turbinenbetrieb	150 MW
Max. Leistungsaufnahme Pumpbetrieb	150 MW
Synchron-Motor-Generator: Nennleistung	150 MVA
Frequenzumrichter: Nennleistung	175 MVA
Maschinentransformator Typ	3-phasig, Öl-isoliert
Nennleistung	175 MVA

Kavernenzentrale

Der Standort der neuen Kavernenzentrale befindet sich in der Nähe der bestehenden Zentrale Grimsel 1 unter dem «Chessibidmer», aber auf einem 70 m tieferen Niveau. In der Zentrale sind die elektromechanischen und elektrotechnischen Einrichtungen des Kraftwerks (Maschinengruppe, Frequenzumrichter, Maschinentransformator, Hilfseinrichtungen) auf mehreren Ebenen untergebracht. Die einzelnen Ebenen werden über zwei Treppenhäuser und einen Lift erschlossen.

Die Abmessungen der Kaverne betragen 42 m in der Höhe, 24 m in der Breite und 50 m in der Länge. Der Innenausbau der Kaverne besteht im Wesentlichen aus einer Stahlbetonkonstruktion. In der Kaverne werden oberwasserseitig ein Kugelschieber und unterwasserseitig eine Rollschütze als Abschlussorgan angeordnet.

Die Kaverne wird im Betrieb über den Zugangsstollen ab Kilometer 2 des bestehenden Hauptzugangsstollens zum Pumpspeicherwerk Grimsel 2 erschlossen. Über diesen Zugang erfolgt auch die Energieableitung in die Schaltanlage Grimsel. Die Zentrale wird mit einem Maschinensaalkran ausgerüstet.

Elektromechanische Ausrüstung

Das Kraftwerk Grimsel 1E wird mit einer vertikalachsigen, drehzahlvariablen Pumpturbinengruppe ausgerüstet, die durch Umkehrung der Drehrichtung das Wasser sowohl pumpen als auch turbinieren kann. Die Einbaukote der Pumpturbine (Laufradachse) befindet sich auf 1690 m ü. M. Aufgrund der gegebenen Fallhöhe und der vorgesehenen Leistung kann die Pumpturbine einstufig ausgeführt werden.

Bei einer maximalen Bruttofallhöhe von 174 m und einer Ausbauwassermenge von 100 m^3/s beträgt die installierte Turbinenleistung 150 MW. Im Pumpbetrieb beträgt die maximale Leistung ebenfalls 150 MW. Falls die Grimselseekote um 23 m erhöht würde, kann die Wassermenge für die grösseren Bruttofallhöhen so reduziert werden, dass die Leistung von 150 MW nicht überschritten wird.

Als Motor-Generator wird eine Synchronmaschine mit einer Leistung von 150 MVA eingesetzt. Zwischen dem Motor-Generator und dem dreiphasigen Maschinentransformator wird ein mehrstufiger Frequenzumrichter geschaltet, mit dem die Frequenz verändert und so die Drehzahl der Maschinengruppe variiert werden kann. Der Synchron-Motor-Generator läuft immer mit $\cos \varphi = 1$ und kann entsprechend kleiner dimensioniert werden. Der Phasenschieberbetrieb ist ohne Maschinengruppe möglich, da die für die Spannungsregulierung erforderliche netzseitige Blindleistung vom Frequenzumrichter unabhängig von der Maschine erzeugt werden kann.

Im Turbinenbetrieb kann die Drehzahl dank dem Frequenzumrichter fallhöhenabhängig auf den besten Wirkungsgrad ausgerichtet werden. Andererseits erlaubt diese Technik auch im Pumpbetrieb eine Regulierung des Leistungsbezugs aus dem Netz. Dieses Konzept ermöglicht sowohl einen flexiblen

Technische Spezifikationen der Stollen.

	Länge	Neigung ca.	B × H ca.
Zugangsstollen (Energieableitung)	890 m	12–2.1 %	4.50 × 5.80 m
Erschliessungs- und Drainagestollen	1700 m	0.4 %	4.50 × 5.80 m
Zugang DK-Kammer	480 m	13 %	4.50 × 5.80 m
Lüftungs-, Flucht- und Entrauchungsschacht	40 m	85 %	Durchm. 3.00 m

Betriebseinsatz als auch die Netzregulierung im Pumpmodus und minimiert die hydraulischen und elektrischen Verluste der Gesamtanlage.

Zudem sind folgende Hilfssysteme vorgesehen:
– Lüftungs- und Entrauchungssystem;
– Entwässerungssystem;
– Kühlwassersystem;
– Druckluftsystem;
– Wasserversorgungs- und Löschwassersystem;
– Brandschutzsystem;
– Hydraulikaggregate für die Steuerung verschiedener Komponenten.

Im Weiteren wird das Kraftwerk mit der erforderlichen Eigenbedarfsversorgung ausgerüstet. Die digitale Kraftwerksleittechnik für die Schutz-, Mess- und Steuereinrichtung gestattet die Fernsteuerung und Fernüberwachung ab der Zentralen Leitstelle in Innertkirchen. Über einen lokalen Kraftwerksleitstand kann zudem auch bei Störungen im Leittechnik-Übertragungsnetz ein zuverlässiger Betrieb gewährleistet werden.

Für die Montage und die Revisionen der Maschinengruppe ist ein Maschinensaalkran mit einer Traglast von 250 t vorgesehen, der den ganzen Zentralenbereich bedienen kann.

Energieableitung

Ab dem Maschinentransformator werden die 220-kV-Energieableitungskabel über das Maschinensaaldach in der Kalotte der Kaverne in den neuen Zugangstollen und den bestehenden Drainage- und Kabelstollen des Pumpspeicherwerks Grimsel 2 in die im Jahr 2012 erneuerte Schaltanlage Grimsel geführt. Die Schaltanlage wird um ein weiteres Feld erweitert.

Die Energie des Kraftwerks Grimsel 1E wird zusammen mit der Energie des Kraftwerks Grimsel 1 und des Pumpspeicherwerks Grimsel 2 via die bestehende 220-kV-Kabel- und Freileitung nach Innertkirchen übertragen. Die Kapazität dieser Leitung reicht auch für die zusätzliche Energie des Kraftwerks Grimsel 1E.

Erschliessungs- und Versorgungsstollen

Nebst den Stollen für das Triebwassersystem sind für den Bau und Betrieb des Kraftwerks die folgenden Stollen vorgesehen:
– Zugangsstollen (Energieableitung);
– Erschliessungs- und Drainagestollen;
– Zugang DK-Kammer;
– Lüftungs-, Flucht- und Entrauchungsschacht.

Für den Bau sind weitere baulogistisch bedingte Stollen erforderlich.

Mit Ausnahme des Lüftungs-, Flucht- und Entrauchungsschachts sind alle Stollen befahrbar. Sie haben ein Lichtraumprofil von 3.3 m in der Breite und 4.2 m in der Höhe.

Bewilligung, Bauzeit, Investitionskosten

Für das Projekt Kraftwerk Grimsel 1E ist die Bewilligung für die Anpassung und Ergänzung der Gesamtkonzession bereits erteilt worden. Die Bauzeit beträgt rund vier Jahre, und das Investitionsvolumen wird auf 155 Mio. CHF geschätzt.

Pumpspeicheranlagen werden bevorzugt in bestehende Speicherwasserkraftwerke eingebaut, weil sie so die bestehenden Speicher mitbenutzen können.

2. PUMPSPEICHERWERK GRIMSEL 3

Wirkung und Bedeutung der Pumpspeicherung

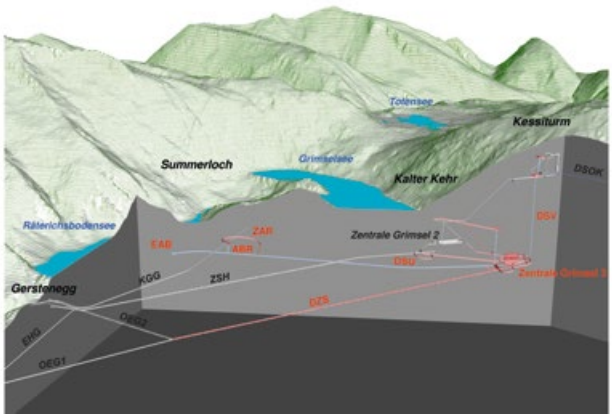
Pumpspeicherwerke speichern Energie in Zeiten, in denen nicht so viel Strom verbraucht wird. Diese zwischengespeicherte Energie geht ins Netz zurück, wenn der Strom knapp ist. Pumpspeicherwerke sind vergleichbar mit einer Batterie, die mit Wasser betrieben wird. Das Laden der Batterie geschieht, indem das Wasser von einem tiefer gelegenen Becken in ein höher gelegenes gepumpt wird. Das Entladen der Batterie erfolgt durch Turbinieren des Wassers vom höheren ins tiefere Becken.

Pumpspeicheranlagen werden bevorzugt in bestehende Speicherwasserkraftwerke eingebaut, weil sie so die bestehenden Speicher mitbenutzen können.

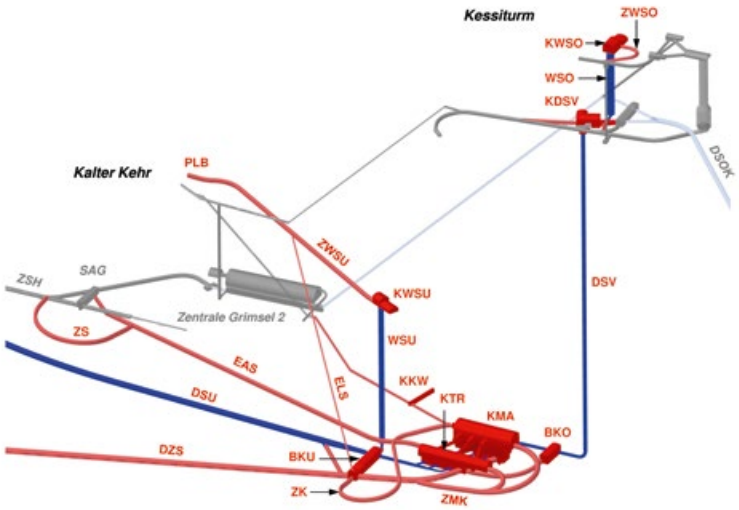
Pumpspeicherwerke können aus dem Stillstand heraus innerhalb von wenigen Minuten auf das Stromnetz einwirken, indem sie Energie aufnehmen oder abgeben. Sie tun das mit einem hohen Wirkungsgrad von rund 80 % für den ganzen Zyklus.

Aufgrund der physikalischen Gesetze muss die erzeugte Energie stets exakt der benötigten bzw. der dem Netz entnommenen Energiemenge entsprechen. Dies ist die Aufgabe der Netzregelung. Dazu sind nebst den Hochdruck-Wasserkraftwerken die Pumpspeicherwerke ideale Anlagen. Mit ihrer Hilfe können die Kraftwerke den eigenen Bedingungen entsprechend optimal gefahren werden. Die Pumpspeicherung übernimmt den nicht abgedeckten Teil der Regelung. Die kurzfristigen Differenzen zwischen Produktion und Bedarf werden von der Pumpspeicherung entweder absorbiert oder abgedeckt.

Im Weiteren wird die Pumpspeicherung für Systemdienstleistungen eingesetzt. Es handelt sich um eine vom zentralen Netzbetreiber direkt gesteuerte Kurzzeitregelung, mit der er unerwartete Abweichungen von der Tagesprognose sowie Störungen ausgleicht. Dafür bietet das Pumpspeicherwerk die Bereitschaft, falls nötig sofort Energie abzugeben oder einzuspeichern. Entschädigt wird dabei die Bereitschaft.



Übersicht PSW Grimsel 3.



Gesamtansicht Grimsel 3.

Oberes Becken PSW Grimsel 3.

Zusammenfassung

Das Pumpspeicherwerk Grimsel 3 weist bei einer Ausbauwassermenge von 130 m^3/s eine installierte Leistung von 630 MW auf. Das Pumpspeicherwerk nutzt das Energiepotenzial zwischen dem Stausee Räterichsboden und dem 535 m höher gelegenen Oberaarsee.

Neben den erwähnten Stauseen nutzt das Bauvorhaben weitere bestehende Anlageteile, insbesondere das oberwasserseitige Triebwassersystem des Pumpspeicherwerks Grimsel 2 sowie die Erschliessungs- und Versorgungsanlagen der bestehenden Kraftwerke an der Grimsel. Die neu zu erstellenden Bauwerke umfassen im Generellen einen vertikalen Druckschacht, ein oberwasserseitiges Wasserschloss, die Maschinen- und Transformatorenkaverne, das unterwasserseitige Triebwassersystem mit Unterwasserstollen, Unterwasser-Wasserschloss und Ein-/Auslaufbauwerk sowie zusätzliche Erschliessungsstollen.

Das neue Pumpspeicherwerk ist vollständig im Berginnern angeordnet. Die Auswirkungen auf die Umwelt betreffen hauptsächlich die Deponierung des Ausbruchmaterials. Im Umweltverträglichkeitsbericht sind die zu erwartenden Auswirkungen sowie die zu deren Beschränkung bzw. Kompensation vorgeschlagenen Massnahmen eingehend beschrieben.

Das neue Pumpspeicherwerk ist vollständig im Berginnern angeordnet. Die Auswirkungen auf die Umwelt betreffen hauptsächlich die Deponierung des Ausbruchmaterials.

Beschreibung des Pumpspeicherwerks Grimsel 3

In den Jahren 1973 bis 1980 wurde das Pumpspeicherwerk Grimsel 2 (Ost) erstellt. Dieses kann mittels vier Maschinengruppen zu je 90 MW Leistung eine max. Wassermenge von 100 m^3/s zwischen den beiden Stauseen Oberaar und Grimsel umwälzen. Das Kraftwerk wurde ursprünglich so konzipiert, dass später bei entsprechendem Bedarf eine Zwillingsanlage gleicher Leistung (Grimsel 2 West) erstellt werden könnte, die eine Verdoppelung der installierten Leistung ermöglicht hätte. Das Ein- und Auslaufbauwerk im Oberaarsee, die Seeabschlussdrosselklappe Oberaar, der rund 4 km lange Druckstollen Oberaar–Kessiturm und das Wasserschloss im Kessiturm sind deshalb bereits für einen Durchfluss von rund 200 m^3/s dimensioniert. Das Projekt Grimsel 2 West wurde nicht realisiert.

Das Ausbauprojekt PSW Grimsel 3 kann die folgenden bereits bestehenden Bauwerke nutzen bzw. mitbenutzen:

- Stauanlage Oberaar;
- Ein-/Auslaufbauwerk des PSW Grimsel 2;
- Druckstollen Oberaar–Kessiturm;
- Wasserschloss des PSW Grimsel 2 im Kessiturm;
- Stauanlage und Stausee Räterichsboden;
- Schaltanlagenkaverne Grimsel;
- Hauptzugangsstollen zu den Kraftwerksanlagen Grimsel 1 und 2;
- Bauwerke des Lüftungssystems PSW Grimsel 2;
- Betriebsseilbahnen Handeck–Gerstenegg sowie Grimsel–Nollen–Kessiturm;
- Erschliessungsstollen Handeck–Gerstenegg (EHG).

Die erwähnten Bauwerke bleiben unverändert. Das Wasserschloss Kessiturm ist durch ein zusätzliches Wasserschloss für das PSW Grimsel 3 zu ergänzen. Ebenfalls bleibt die Bewirtschaftung der Stauseen Oberaar und Räterichsboden zwischen ihrer minimalen und maximalen Wasserspiegelkote unverändert.

Triebwasserweg

Das bestehende Ein-/Auslaufbauwerk Oberaar sowie der bestehende Druckstollen Oberaar–Kessiturm mit der Drosselklappenkammer Oberaar bilden einen ersten Teil des oberwasserseitigen Triebwasserwegs der Anlage PSW Grimsel 3. Am Ende des Druckstollens respektive unterwasserseitig des bestehenden Wasserschlosses Kessiturm verzweigt sich der Stollen in Form eines Hosenrohrs auf die Anlagen PSW Grimsel 2 und PSW Grimsel 3. Diese Bauwerke sind bestehend.

Anschlussdruckstollen und OW-Wasserschloss

Mit dem Anschlussdruckstollen schliesst der weitere Triebwasserweg in der bestehenden Apparatekammer Kessiturm an der Panzerstrecke des bestehenden Druckstollens an. Dieser mit einer Stahlpanzerung versehene Abschlussstollen führt zur neuen Drosselklappenkammer und weiter zum vertikalen Druckschacht.

Zwischen dem bestehenden Druckstollen und der neuen Drosselklappenkammer ist das zusätzliche OW-Wasserschloss angeordnet. Zur Beherrschung der transienten Zustände beim Starten und Abschalten der beiden Anlagen PSW Grimsel 2 und PSW Grimsel 3 und auch für die Regelung der Maschinengruppen ist eine Erweiterung des Wasserschlosses Kessiturm notwendig. Damit der Betriebsunterbruch für das PSW Grimsel 2 möglichst kurz gehalten werden kann, wird ein zusätzliches Wasserschloss im Nebenschluss erstellt. Das Wasserschloss besteht aus einem 108 m hohen Vertikalschacht mit einem Innendurchmesser von 13.0 m. Das Wasserschloss weist eine Betonverkleidung auf. Die Be- und Entlüftung des Wasserschlosses wird durch das bestehende Stollensystem und des bestehenden Lüftungsbauwerks auf der oberen Wasserschlossebene gewährleistet.

Drosselklappenkammer, vertikaler Druckschacht, OW-Druckstollen

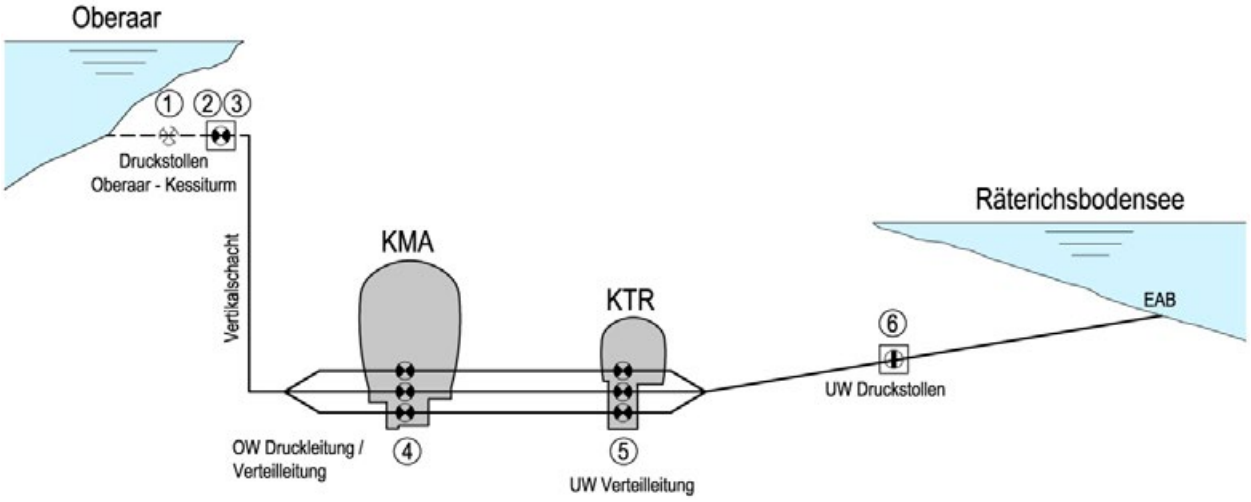
In der Drosselklappenkammer wird das nach ihr benannte Absperrorgan installiert. Weiter bietet die Kammer Platz für den Einbau des Krümmers zum Vertikalschacht bzw. für die zur Instandhaltung des Schachts notwendigen Zugänge und Einrichtungen. Bis und mit Krümmer wird der Triebwasserweg als grösstenteils einbetonierte Stahlleitung geführt.

Der 556 m hohe, vertikale Druckschacht führt das Triebwasser auf das Niveau der neuen Kavernenzentrale. Der Vertikalschacht ist für eine Wassermenge von 130 m^3/s dimensioniert und weist einen Innendurchmesser von 5.9 m auf. Aufgrund der guten geologischen Bedingungen sowie der grossen Felsüberdeckung kann auf eine Stahlverkleidung verzichtet und der Schacht mit Beton verkleidet werden.

Der Schachtfuss des Druckschachts, der wiederum als Krümmer ausgebildet wird, befindet sich cirka auf Höhe der Turbinenachse von 1655 m ü. M. Ein sub-horizontaler Druckstollen führt das Wasser zur Verteil- und Sammelleitung auf der Oberwasserseite der Maschinenkaverne bzw. zu den drei Pumpturbinen. Der Krümmer am Schachtfuss sowie das gesamte Stollensystem bis zur Maschinenkaverne weisen eine Stahlpanzerung auf.

Abschlusskonzept des Triebwassersystems PSW Grimsel 3.

Nr.	Name und Typ	Anzahl	Funktion
1	Drosselklappe Oberaar	1	Revisionsorgan
2	Drosselklappe Kessiturm PSW Grimsel 2	1	Sicherheits- und Revisionsorgan
3	Drosselklappe Kessiturm PSW Grimsel 3	1	Sicherheits- und Revisionsorgan
4	Kugelschieber Pumpturbine PSW Grimsel 3	3 × 1	Betriebs-, Sicherheits- und Revisionsorgan
5	Drosselklappe Pumpturbine PSW Grimsel 3	3 × 1	Betriebs-, Sicherheits- und Revisionsorgan
6	Rollschütze Abschluss Räterichsboden	1	Revisionsorgan



Wasserschloss Kessiturm.

Lüftungsportal Wasserschloss Kessiturm.

UW-Wasserschloss, UW-Druckstollen und Abschlussbauwerk Räterichsboden

Aufgrund der Länge des UW-Druckstollens von 2.2 km bis zum Räterichsbodensee ist für einen uneingeschränkten Kraftwerksbetrieb unterwasserseitig der Kavernenzentrale ein Wasserschloss erforderlich. Das Wasserschloss besteht aus einem 234 m hohen Vertikalschacht mit einem Innendurchmesser von 8.0 m. Der Vertikalschacht wird mit Spritzbeton ausgekleidet. Die Be- und Entlüftung des Wasserschlosses erfolgt über einen neuen Zugangsstollen, der vom Portal- und Lüftungsbauwerk Kalter Kehr vorgetrieben wird.

Der UW-Druckstollen stellt die Verbindung des Triebwasserweges zwischen der Kavernenzentrale und dem Räterichsbodensee her. Eine Sammel- und Verteilleitung auf der Unterwasserseite der Kavernenzentrale vereinigt den Triebwasserweg von den drei Pumpturbinen auf einen Stollen. Der nachfolgende Druckstollen weist einen Innendurchmesser von 6.75 m und ein Längsgefälle von 3.0 % auf. Zwischen den unterwasserseitigen Abschlussorganen (Drosselklappen) und dem UW-Wasserschloss wird der Druckstollen zur Verhinderung von Wasserzutritten in die Kavernen sowie aus Sicherheitsgründen mit einer Stahlpanzerung versehen. Darauffolgend ist der UW-Druckstollen bis zum Räterichsbodensee betonverkleidet.

Drosselklappenkammer Kessiturm,
bestehender Anschluss PSW Grimsel 3.

Rund 300 m oberwasserseitig des Ein-/Auslaufbauwerks im Räterichsbodensee ist ein Abschlussorgan angeordnet, das ermöglicht, den Triebwasserweg gegenüber dem Räterichsbodensee zu separieren. Eine als Revisionsorgan ausgelegte Rollschütze wird in der Kopfkaverne über einem sogenannten Nassschacht installiert. Für Inspektions- und Unterhaltsarbeiten wird die Rollschütze im Schacht abgesenkt. Diese verschliesst somit den Stollen gegen den Räterichsbodensee.

Ein-/Auslaufbauwerk Räterichsboden

Das Triebwassersystem endet im Ein-/Auslaufbauwerk (EAB) Räterichsbodensee. Dieses ist in der orografisch linken, südlichen Ufereinbuchtung des Räterichsbodensees angeordnet. Die Form des EAB entspricht im Grundriss einem Hosenrohr, in dem der UW-Druckstollen auf zwei Teilstollen aufgeteilt wird und diese sukzessive trompetenförmig aufgeweitet werden. Durch die Aufweitung reduzieren sich im Betrieb die Fliessgeschwindigkeiten und somit auch die auftretenden hydraulischen Verluste.

Der minimale Betriebswasserspiegel des Räterichsbodensees wird für das PSW Grimsel 3 auf 1725 m ü. M. festgelegt. Das Nutzvolumen im Räterichsbodensee beträgt für das PSW Grimsel 3 damit ca. 21.5 Mio. m^3.

Kavernenzentrale

Aufgrund der Grösse der Maschinengruppen sowie der begrenzt möglichen Spannweite für Felskavernen werden eine Maschinenkaverne und eine separate Transformatorenkaverne gebaut. In der Maschinenkaverne werden drei Maschinengruppen mit den oberwasserseitigen Kugelschiebern installiert und in der Transformatorenkaverne die neun einphasigen Maschinentransformatoren und die unterwasserseitigen Drosselklappen.

Die Abmessungen der Maschinenkaverne betragen 93 m Länge, 28 m Breite und 47 m Höhe, diejenigen der Transformatorenkaverne 110 m Länge 18 m Breite und 32 m Höhe. Der Abstand zwischen den beiden Kavernen wird aufgrund der geologischen Verhältnisse auf 40 m festgelegt. Drei Energieableitungsstollen zwischen den beiden Kavernen gewährleisten individuelle Verbindungen zwischen den Motor-Generatoren und den Transformatoren.

Die Kavernen werden bergmännisch erstellt und mit einer Spritzbeton- bzw. Betonauskleidung permanent gesichert. Die verschiedenen Bauwerksgeschosse bieten Platz für die Installation der notwendigen Kraftwerkseinrichtungen und stellen den Zugang zu den Komponenten der Maschinengruppen für Betrieb und Instandhaltung sicher. Für den Ein- und Ausbau der schweren Einrichtungen steht in der Maschinenkaverne ein Maschinensaalkran zur Verfügung. Auch für den Ein- und Ausbau der Drosselklappen wird ein schwerer Brückenkran installiert.

Die Geschosse für das Betriebspersonal sind über die Treppenhäuser und mit einer Liftanlage im Maschinenhaus erreichbar. Der Rohbau der beiden Kavernen besteht aus einer Stahlbetonkonstruktion.

Elektromechanische und elektrotechnische Ausrüstung

Das PSW Grimsel 3 wird mit drei vertikalachsigen, drehzahlvariablen Pumpturbinengruppen ausgerüstet. Durch Umkehrung der Drehrichtung kann mit denselben hydraulischen Maschinen das Wasser sowohl gepumpt als auch turbiniert werden. Aufgrund der gegebenen Fallhöhe und der Drehzahlvariabilität können die Pumpturbinen einstufig ausgeführt werden. Im Turbinenbetrieb kann einerseits die Drehzahl fallhöhenabhängig auf den besten Wirkungsgrad der Pumpturbine ausgerichtet werden. Andererseits erlaubt diese Technik auch im Pumpbetrieb eine Regulierung des Leistungsbezugs aus dem Netz, was sowohl einen flexiblen Betriebseinsatz als auch eine Netzregulierung im Pumpmodus ermöglicht. Dieses Konzept minimiert die hydraulischen und elektrischen Verluste der Gesamtanlage.

Als Motor-Generatoren sind Asynchronmaschinen mit Frequenzumrichter in der AC-Erregung vorgesehen, mit der die Maschinendrehzahl in einem Bereich von ca. ±10 % variiert werden kann. Als Option sind auch Synchronmaschinen mit Frequenzumrichtern voller Leistung vorgesehen. Mit der Veränderung der Frequenz kann die Drehzahl der Maschinen variiert werden.

Die Transportlimiten auf den Verkehrswegen an die Grimsel erfordern für diese Maschinengrösse einphasige Transformatoren. Jede Maschinengruppe wird deshalb mit je drei einphasigen Maschinentransformatoren ausgerüstet.

Zur Versorgung der Maschinen mit Schmieröl, Kühl- und Löschwasser werden entsprechende Hilfssysteme installiert. Im Weiteren wird das Kraftwerk mit der erforderlichen Eigenbedarfsversorgung ausgerüstet.

01 Bestehender Lüftungsschacht für Grimsel 2 und PSW Grimsel 3.

02 Zugang Grimsel 2 und PSW Grimsel 3.
03 Energieabtransport für Grimsel 1, 2 und 3.

Die digitale Kraftwerksleittechnik für die Schutz-, Mess- und Steuereinrichtung gestattet die Fernsteuerung und Fernüberwachung ab der Zentralen Leitstelle in Innertkirchen. Über einen lokalen Kraftwerksleitstand kann zudem auch bei Störungen im Leittechnik-Übertragungsnetz ein zuverlässiger Betrieb gewährleistet werden.

Energieableitung

Ab den Maschinentransformatoren werden die Hochspannungskabel in einem separaten Energieableitungsstollen in die Schaltanlage Grimsel geführt. Die Schaltanlage wird entsprechend ausgebaut.

Bewilligung, Bauzeit, Investitionskosten

Für den Bau des Pumpspeicherwerks Grimsel 3 ist die Anpassung und Ergänzung der Gesamtkonzession bewilligt.

Die Bauzeit für die neue Anlage beträgt rund 6 Jahre. Die Investitionskosten werden auf ca. 700 Mio. CHF geschätzt.

Zusammenstellung der technischen Daten des Pumpspeicherwerks Grimsel 3.

Hydraulische Grundlagen

Stauziel Oberaarsee (unverändert)	2303.0 m ü. M.
Min. Betriebskote Oberaarsee (unverändert)	2250.0 m ü. M.
Stauziel Räterichsbodensee (unverändert)	1767.0 m ü. M.
Min. Betriebskote Räterichsbodensee für PSW Grimsel 3	1725.0 m ü. M.
Max. Gefälle	578 m
Min. Gefälle	483 m
Ausbauwassermenge PSW Grimsel 3	130 m^3/s

Triebwasserweg

Oberwasser Wasserschloss	
Innendurchmesser	13.0 m
Höhe	108 m
Vertikaler Druckschacht	
Innendurchmesser	5.9 m
Höhe	556 m
Unterwasser Wasserschloss	
Innendurchmesser	8.0 m
Höhe	234 m
Unterwasser Druckstollen	
Innendurchmesser	6.75 m
Länge	2170 m

Kavernenzentrale

Maschinenkaverne L × B × H	93 × 28 × 47 m
Transformatorenkaverne L × B × H	110 × 18 × 32 m

Elektromechanische Ausrüstung

Pumpturbine	
Typ	Francis, reversibel, einstufig
Anzahl Maschinengruppen	3 Einheiten
Max. Leistungsabgabe Turbinenbetrieb	3 × 210 MW
Max. Leistungsaufnahme Pumpbetrieb	3 × 220 MW
Asynchron-Motor-Generator	
Anzahl	3 Einheiten
Nennleistung Motor-Generator	3 × 235 MVA
Maschinentransformatoren	
Typ	1-phasig, Öl-isoliert
Anzahl	3 × 3 Einheiten

Vereinfachung des vorhandenen Bauprojekts

Obschon das Projekt für den Bau des PSW Grimsel 3 baureif oder zumindest fertig zur Ausschreibung in der Schublade liegt, muss das Projekt, sollte es einst realisiert werden, noch einmal überarbeitet und vereinfacht werden.

Denn das vorliegende Bauprojekt hatte zum Ziel, eine maximale mögliche Leistung zu erreichen, dabei aber nur den bestehenden Triebwasserweg von der Oberaar bis zum Wasserschloss Kessiturm ohne Anpassungen und Ausbauten zu nutzen. Dieser Triebwasserweg kann im Maximum 230 m^3/s schlucken, so wurde das PSW Grimsel 3 mit einer Wassermenge von 130 m^3/s ausgelegt. Das erfordert jedoch einen Neubau der Anlagen im Kessiturm mit Wasserschloss, Windenkammer und Apparatekammer mit der Sicherheitsdrosselklappe.

Das PSW Grimsel 3 liesse sich jedoch vereinfachen und kostengünstiger bauen, wenn die vorhandenen Anlagen des PSW Grimsel 2 so weit wie möglich ohne Ausbauten und Anpassungen mitgenutzt werden und die mögliche Ausbauleistung aus den sich daraus ergebenden hydraulischen Daten bestimmt wird.

Damit am Triebwassersystem Oberaar bis und mit Kessiturm keine Aus- und Neubauten nötig sind, darf die gesamte Triebwassermenge für Grimsel 2 und 3 von 200 m^3/s im Turbinen- und 180 m^3/s im Pumpbetrieb nicht überschritten werden. Somit müsste das PSW Grimsel 3 mit einer Triebwassermenge von 100 m^3/s im Turbinen- und 90 m^3/s im Pumpbetrieb ausgelegt werden. Das ergibt folgende Leistungswerte:

- installierte Leistung – Maximalwert bei der Nettofallhöhe von 573 m: 510 MW;
- effektive Leistung mit allen Maschinen im Grimsel 3 – Maximalwert bei der Nettofallhöhe von 568 m: 506 MW;
- effektive Leistung mit allen Maschinen im Grimsel 2 und 3 – Maximalwert bei der Nettofallhöhe von 559 m: 498 MW.

Die installierte Leistung ist die Maschinenleistung bei Betrieb einer Maschine mal Anzahl Maschinen.

Die Leistungsaufnahme im Pumpbetrieb wird einerseits durch die maximal mögliche Fördermenge von 90 m^3/s (begrenzt durch das Triebwassersystem) und anderseits durch die max. Wirkleistung der Motor-Generatoren von 510 MW bestimmt.

Maschinenkonzept

Die Anzahl der Maschinengruppen wird durch die Leistung der Transformatoren bestimmt, die aus Kostengründen als dreiphasige, an die Grimsel transportierbare Einheiten vorzusehen sind. Die Grenzleistung für den Transport liegt bei ungefähr 180 MVA, d. h. die maximale Gesamtleistung von 510 MW wird auf drei Maschinengruppen à 170 MW/180 MVA aufgeteilt.

Die Leistungsregulierung im Pumpbetrieb kann mit Dreimaschinensätzen fester Drehzahl im hydraulischen Kurzschluss oder mit drehzahlvariablen Pumpturbinen und Synchronmaschinen mit Frequenzumrichtern realisiert werden.

Für das vorhandene Bauprojekt mit einer installierten Gesamtleistung von 630 MW kommen die spezifischen Baukosten auf rund 1.1 Mio. CHF pro MW. Mit dem vereinfachten Projekt mit einer installierten Gesamtleistung von 510 MW können diese auf rund 1.0 Mio. CHF pro MW gesenkt werden.

K KEV-KRAFTWERKE

Die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) betreiben Kleinkraftwerke mit Kostendeckender Einspeisevergütung (KEV). Sowohl das Kraftwerk Grund als auch das Kraftwerk Grimsel Nollen erfüllen die Voraussetzungen für die KEV. Beide haben eine Leistungsgrenze, die unter 10 MW liegt, und beide werden als selbstständige Einrichtungen betrieben. Die Kostendeckende Einspeisevergütung beträgt für beide Kraftwerke rund 16 Rp/kWh, beim Kraftwerk Grund für die Dauer von 25 Jahren, für das Kraftwerk Grimsel Nollen für die Dauer von 20 Jahren.

1. KEV-BEDINGUNGEN FÜR KLEINWASSERKRAFT

Damit die Voraussetzungen eines positiven Bescheids für die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) erfüllt sind, müssen folgende Bedingungen eingehalten werden:

Leistungsdefinition
Die Obergrenze zur Teilnahme am Vergütungssystem beträgt 10 MW, dies bezieht sich auf die mittlere mechanische Bruttoleistung des Wassers. Für deren Berechnung gelten das Wasserrechtsgesetz sowie die Wasserzinsverordnung.

Anlagedefinition
Eine angemeldete Anlage muss als selbstständige Einrichtung gelten und über alle nötigen technischen Einrichtungen für einen unabhängigen Betrieb verfügen.

Erheblich erweiterte oder erneuerte Anlagen müssen entweder das Investitionskriterium oder das Kriterium der Elektrizitätsproduktionssteigerung erfüllen.

Investitionskriterium:
- Die Investitionskosten für die Erweiterung oder Erneuerung müssen mindestens 50 % der für eine Neuanlage erforderlichen Investition betragen. Die theoretisch erforderliche Investition einer Neuanlage wird anhand der Jahresproduktion nach der Erneuerung und des zu erwartenden Vergütungssatzes gerechnet.
- Die Elektrizitätsproduktion darf nach der Erweiterung oder Erneuerung nicht kleiner sein als vorher, neue behördliche Auflagen, z. B. Restwasserbestimmungen, werden jedoch berücksichtigt.
- Die Nutzungsdauer muss mindestens zu zwei Dritteln der Vergütungsdauer abgelaufen sein. Bei einer Vergütungsdauer von 20 Jahren muss eine Anlage vor mindestens 13 Jahren und 4 Monaten in Betrieb genommen worden sein.

Kriterium Elektrizitätsproduktionssteigerung:
- Die Elektrizitätsproduktion muss gegenüber dem Durchschnitt der letzten 5 vollen Betriebsjahre vor dem 1. Januar 2010 um mindestens 20 % gesteigert werden.

2. KEV-KRAFTWERK GRUND

Zusammenfassung

Das Kraftwerk Grund erfüllte als Neuanlage die Bedingungen der KEV, weil die mechanische Leistung des Wassers und auch die Ausbauleistung des Kraftwerks kleiner als 10 MW sind und das Kraftwerk die Bedingung einer selbstständigen Einheit erfüllt.

Das Kraftwerk liegt am Ausgang des Urbachtals in Innertkirchen und nutzt die letzte Steilstufe des Urbachs. Die hydrologischen und topografischen Voraussetzungen in diesem Bereich des Urbachtals sind optimal für die Wasserkraftnutzung. Auf einer Strecke von ca. 570 m überwindet der Urbach einen Höhenunterschied von 135 m. Dieser nicht einsehbare Gewässerabschnitt befindet sich in einer steilen Schlucht und ist geprägt von vielen kleinen Abstürzen und Zwischenbecken.

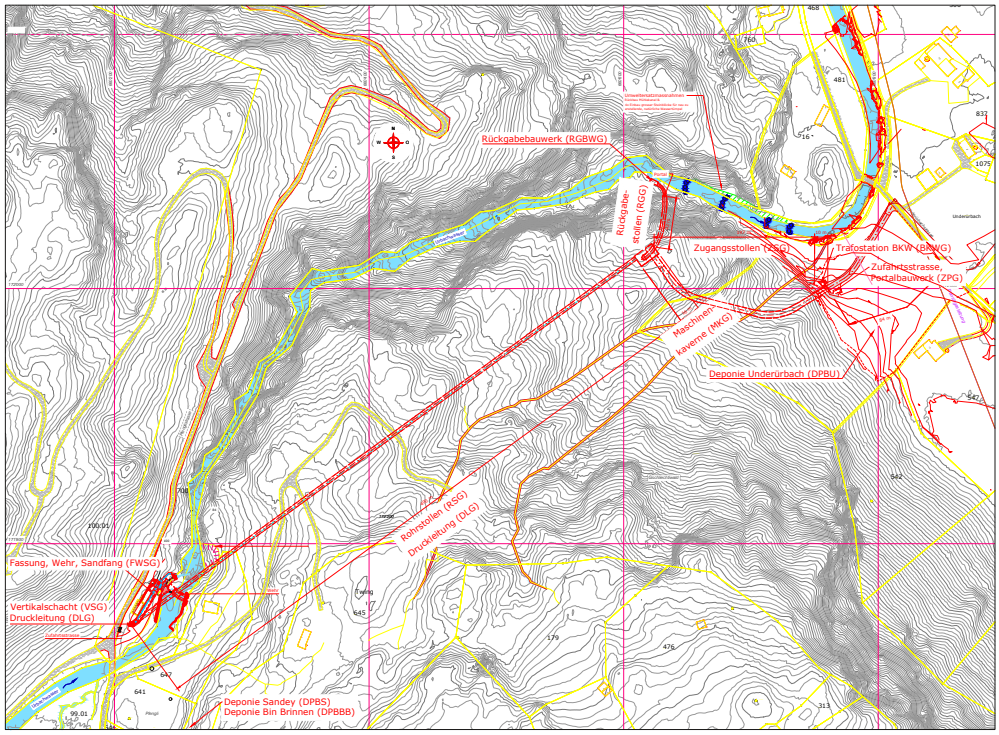
Das Kraftwerk wird als Laufwasserkraftwerk betrieben. Ein geringer Aufstau ist vorhanden, jedoch ohne Speicherbewirtschaftung. Mit dem Kraftwerk werden bis maximal 2.5 m^3/s aus dem Urbachwasser ausgeleitet.

Die Fassung unterhalb der Brücke Pfengli am Eingang des Urbachtals ist von der Strasse her kaum einsehbar. Sie besteht aus einem festen Wehrkörper mit integriertem Grundablass, über den auch die Kiesweiterspülung erfolgt, und einem Fischabstieg sowie einem seitlich angeordneten Einlauf mit Feinrechen und nachgeschaltetem Zweikammersandfang.

Das Wasser wird zur elektrischen Energieerzeugung über ein Druckrohr in einem begehbaren Stollen in die Kavernenzentrale geleitet. Über einen Freispiegelstollen erfolgt die Wiedereinleitung in den Urbach oberhalb des ersten fischgängigen Kolks unterhalb der Schlucht.

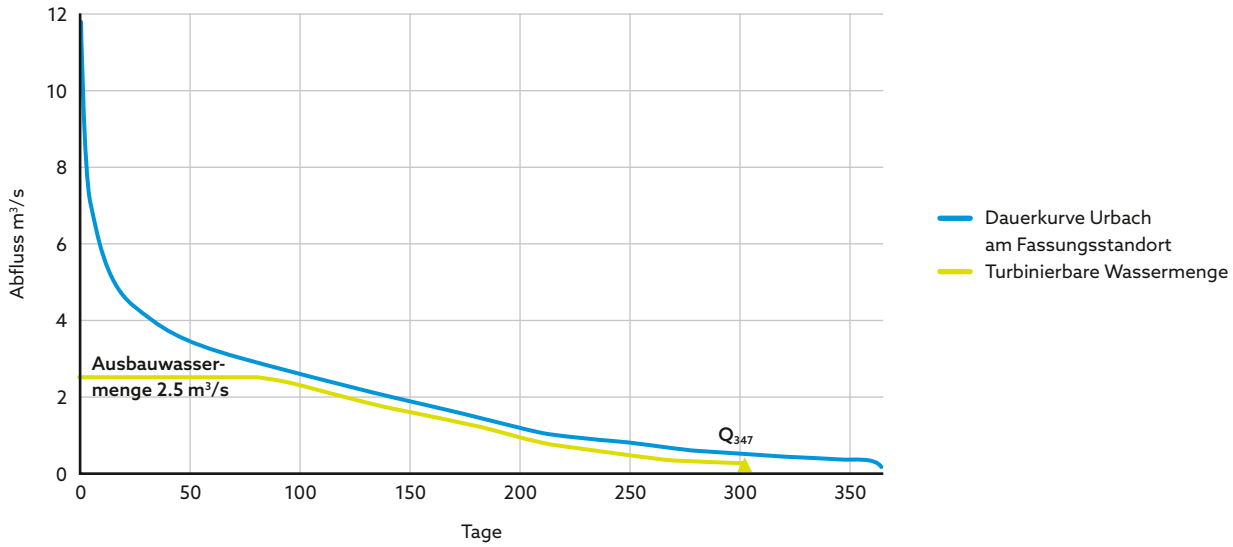
Hydrologie

Das geografische Einzugsgebiet des Urbachwassers bei der Fassung Pfengli umfasst 67.7 km^2. Davon werden rund 36 km^2 vom Einzugsgebiet des Mattenalpsees in den Räterichsbodensee übergeleitet. Demzufolge beträgt das effektive hydrologische Einzugsgebiet des Kraftwerks Grund 31.7 km^2.



Gesamtübersicht KW Grund.

Dauerkurve des Urbachs und turbinierbare Wassermenge unter Berücksichtigung der Restwassermenge.



Seit Ende 2007 werden die Abflüsse des Urbachwassers in Innertkirchen (642 m ü. M.) gemessen. Die Abflussdaten der Messstelle wurden auf das Einzugsgebiet der Fassung umgerechnet. Die der Planung des Kraftwerks zugrunde gelegte Dauerkurve beruht auf den Werten dieser Messstelle aus den Jahren 2008 bis 2012.

Ausbau- und Restwassermengen
Die Ausbauwassermenge wurde auf 2500 l/s festgelegt. Dies entspricht ca. 90 Volllasttagen.

Die Festlegung der Restwassermenge erfolgte im Rahmen des Restwasser-Umweltberichts. Die zur Bestimmung der Restwassermenge verwendeten Abflussdaten sind:

– Q_{347} Messstelle Innertkirchen 348 l/s
– Q_{347} Mattenalpsee 100 l/s

Daraus ergibt sich ein Q_{347} von 448 l/s bei der Fassung. Aufgrund dieses Wertes muss nach Art. 31.1 Gewässerschutzgesetz (GSchG) ein Restwasser von 257 l/s abgegeben werden. Eine Erhöhung nach Art. 31.2 und 33 GSchG war nicht vorzunehmen, da keine schützenswerten Lebensräume oder Arten betroffen sind.

Beschreibung des KEV-Kraftwerks Grund

Anlagenkonzept
Die Fassungsanlage liegt linksseitig des Urbachwassers, die Maschinenkaverne ist im Berginnern rechts des Baches positioniert. Die Rückgabe des Wassers erfolgt etwas oberhalb des Schluchtausgangs.

Fassung
Die einzelnen Teile der Fassung wurden auf folgende Anforderungen an den Kraftwerksbetrieb ausgelegt und aufeinander abgestimmt:

– Aufteilen des Zuflusses in:
  Dotierwasser 257 l/s;
  Spülwasser nach Bedarf;
  Triebwasser bis zu 2500 l/s;
  Überschusswasser;
– Ausscheiden von Geschiebe bis zu einer Korngrösse von 0.3 mm;
– Ausscheiden/Weiterleiten von Treibholz und Geschwemmsel;
– sicheres Abführen von Hochwasserabflüssen, evtl. mit grobem Geschiebe und Treibholz, auch bei Ausfall der Stromversorgung und/oder Steuerung;
– unbemannter, vollautomatischer Betrieb;
– wenig Energieverluste für das Triebwasser;

01 Bau der Fassung KW Grund.
02 Stollen mit Druckrohr KW Grund.
03 Rückgabestollen KW Grund.
04 Kaverne KW Grund.
05 Nachschubturbine KW Grimsel Nollen.

01

04

02

05

03

– geringer Betriebs- und Unterhaltsaufwand;
– robust, schnee- und frostsicher;
– Statik: Stabilitätsnachweise Gleiten und Kippen, auch unter Auftrieb und bei Hochwasser;
– gut in die Landschaft eingepasst.

Die Fassung besteht aus einer massiven, in den anstehenden Fels eingebundenen Wehrschwelle mit ca. 12 m breiter Überfallkrone. Die Entnahme von Wasser für das Kraftwerk erfolgt auf der linken Flussseite. Unter Ausnützung einer bestehenden, natürlichen Rinne wurde vor dem Einlauf ein Kiesfang errichtet, der den Eintrag von grobem Geschiebe in das Triebwassersystem verhindert. Entlang der linken Begrenzungsmauer der Kiesrinne befindet sich die 4 m breite und 0.75 m hohe Einlauföffnung für das Triebwasser.

Dank der relativ grossen Fläche des Einlaufrechens beträgt die Anströmgeschwindigkeit nur 0.5 m/s. Dies führt einerseits zu geringen hydraulischen Verlusten. Andererseits ermöglicht es den Fischen, wieder vom Rechen wegzuschwimmen. Das Geschwemmsel wird vom automatisch betriebenen Rechenreiniger entfernt und über eine Spülrinne ins Unterwasser geleitet.

Der praktisch vollständig mit Erde überdeckte Sandfang besteht aus zwei parallel verlaufenden 2.1 m breiten und 22 m langen Entsanderkammern. Er wurde auf ein Grenzkorn von 0.3 mm ausgelegt. Die mittlere Wassertiefe beträgt 3.4 m.

Triebwasserweg

Nach dem Einlaufbecken schliesst ein 55 m tiefer, vertikaler Schacht an die Druckrohrleitung an. Der Sollwasserspiegel im Schacht liegt wenige Zentimeter unter dem Stauziel der Fassung und wird über die Wasserstandsregelung der Turbine gehalten.

Der Vertikalschacht endet im 490 m langen, 3 m breiten und 3.5 m hohen Rohrstollen, der mit einem 15 % Gefälle zur Kavernenzentrale führt. Die Druckrohrleitung mit einem Durchmesser von 1 m ist auf Konsolen befestigt.

Die Wasserrückgabe erfolgt über einen 40 m langen, 2.2 m breiten und 2.9 m hohen Rückgabestollen. Dieser endet oberhalb des letzten fischgängigen Kolks unterhalb der Schlucht. Dadurch bleiben die Strömungsverhältnisse im letzten noch fischgängigen Kolk unverändert. Damit wurde sichergestellt, dass die guten Laichbedingungen für die Seeforellen erhalten bleiben.

Kavernenzentrale

Die Kavernenzentrale hat eine Länge von 17 m, eine Breite von 10 m und eine Höhe von 12 m. Hier befinden sich nebst der Maschinengruppe folgende Einrichtungen:
– Kran für die Montage der elektromechanischen Ausrüstung sowie für deren Instandhaltung;
– Kraftwerkssteuerung;
– Niederspannungsverteilung;
– 16-kV-Schaltanlage;
– Maschinentransformator.

Für das KEV-Kraftwerk Grund wurde eine separate Wasserrechtskonzession für die Dauer von 80 Jahren beantragt.

Zugangsstollen
Der Zugang zur Kavernenzentrale erfolgt über einen 150 m langen, 3.6 m breiten und 4.2 m hohen Stollen. Vom Portal bis zur Gemeindestrasse wurde eine 75 m lange Zufahrtsstrasse erstellt.

Elektromechanische Ausrüstung
In Anbetracht der schwankenden Wassermengen und der kleinen Winterzuflüsse wurde eine 6-düsige Peltonturbine eingebaut, die auch den Teillastbereich mit guten Wirkungsgraden abdeckt. Der Generator ist wie üblich eine Synchronmaschine.

Die Niederspannungsversorgung für Steuerung, Hilfsbetriebe und Haustechnik erfolgt ab dem 16-kV-Netz über einen Eigenbedarfstransformator. Fernsteuerung und Fernüberwachung sichern den Einsatz des Kraftwerks Grund ab der Zentralen Leitstelle der KWO.

Die Regelung der Maschine erfolgt primär über den Wasserstand im Einlaufbecken nach dem Sandfang. Sinkt dieser, wird die Maschine gedrosselt. Manuelles Eingreifen ist aber jederzeit möglich.

Energieableitung
Zwischen Generator und Maschinentransformator besteht eine Kabelverbindung mit Trenner. Der Transformator übersetzt die Maschinenspannung auf 16 kV und ist mit der 16-kV-Schaltanlage verbunden, in der sich auch der Generatorschalter befindet.

Die Energie wird über die in der 16-kV-Schaltanlage eingeschlaufte 16-kV-Leitung Innertkirchen–Unterstock nach der Unterstation Innertkirchen übertragen und dort ins 150- bzw. 220-kV-Netz eingespeist.

Bewilligung, Produktion und Kosten

Für das KEV-Kraftwerk Grund wurde eine separate Wasserrechtskonzession für die Dauer von 80 Jahren beantragt. Die entsprechenden Bewilligungen (Konzession und Baubewilligung) wurden in einem einstufigen Verfahren vom Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern erteilt.

Das KEV-Kraftwerk Grund wurde 2016 in Betrieb genommen und hat 2017 13.5 Mio. kWh Strom erzeugt. Die Anlagekosten betrugen rund 13.5 Mio. CHF. Die KEV beträgt rund 16 Rp/kWh für die Dauer von 25 Jahren.

3. KEV-KRAFTWERK GRIMSEL NOLLEN

Ausgangslage

Der Wassernachschub Grimsel–Gelmer erfolgt über die Regulierkammer Grimsel, die sich in einer Kaverne unter dem Grimsel Nollen befindet. Die Energie des Gefälles zwischen Grimsel- und Gelmersee von durchschnittlich 50 m wurde seit der Inbetriebnahme der beiden Stauseen mit dem Kraftwerk Handeck 1 im Jahr 1932 mit Drosselplatten in der Regulierkammer und durch die Reibungsverluste im 5 km langen Verbindungsstollen abgebaut. Für die Nutzung dieser Energie mit einer Nachschubturbine wurden bereits früher Überlegungen angestellt. Da jedoch für einen Wassernachschub bis 150 Mio. m^3 eine relativ grosse Turbine erforderlich war, scheiterte das Projekt jeweils an der Wirtschaftlichkeit.

Die Installationen in der Regulierkammer (Abschlussorgane und Panzerungen), die fast ausnahmslos noch aus der Anfangszeit der KWO stammten, wurden 1999/2000 komplett erneuert (Kapitel A, Abschnitt 7). Grimselseeseitig wurden je eine neue Drosselklappe und gelmerseeseitig je ein neuer Kugel-

schieber in die beiden Stränge mit den Drosselplatten eingebaut. Für einen eventuell späteren Einbau einer Nachschubturbine wurden in einem Strang entsprechende Anschlüsse angebracht.

Mit der Aufwertung der Kraftwerke Grimsel 1 (Kapitel F, Abschnitt 6) und Handeck 2 (Kapitel G, Abschnitt 3) hat sich der Wassernachschub vom Grimsel- zum Gelmersee stark reduziert, was den Einbau einer kleineren Turbine ermöglichte. Die erforderlichen Abschlussorgane und Anschlüsse beidseits der Turbine waren nach der Erneuerung 1999/2000 vorhanden. Im Weiteren konnte für die Nachschubturbine eine KEV für die Dauer von 20 Jahren erlangt werden. Unter diesen Voraussetzungen war die Wirtschaftlichkeit einer Nachschubturbine in der Regulierkammer gegeben.

Technische Daten des KEV-Kraftwerks Grimsel Nollen.

Turbine	
Laufraddurchmesser	590 mm
Nennfallhöhe	47.5 m
Fallhöhenbereich	35–60 m
Nenndurchfluss	2.5 m^3/s
Nennleistung Turbine	1100 kW
Drehzahl	1000 min^{-1}
Generator	
Synchrondrehzahl	1000 min^{-1}
Nennleistung	1500 kVA
Nennspannung	690 V
Transformator	
Nennleistung	1600 kVA
Übersetzung	0.69/16.5 kV

Beschreibung des KEV-Kraftwerks Grimsel Nollen

Die Nachschubturbine wurde in den mit Anschlüssen vorbereiteten Strang in der Regulierkammer eingebaut. Der zweite Strang bleibt unverändert und deckt die kleinen Seestandsdifferenzen ab, die mit der Nachschubturbine nicht mehr abgearbeitet werden können. Dank den vorhandenen Abschlussorganen vor und nach der Turbine konnte die Turbine ohne Seeabsenkungen eingebaut werden.

Die Generatorspannung wird vom Maschinentransformator auf die 16-kV-Spannung des Eigenbedarfsnetzes der KWO transformiert. Über die 16-kV-Schaltanlage der Regulierkammer, in welcher der Generatorschalter eingebaut ist, wird die Energie des KEV-Kraftwerks Grimsel Nollen in die 250 m entfernte Trafostation Spitallamm übertragen und in das 16-kV-Eigenbedarsnetz eingespeist.

Bewilligung, Produktion und Kosten

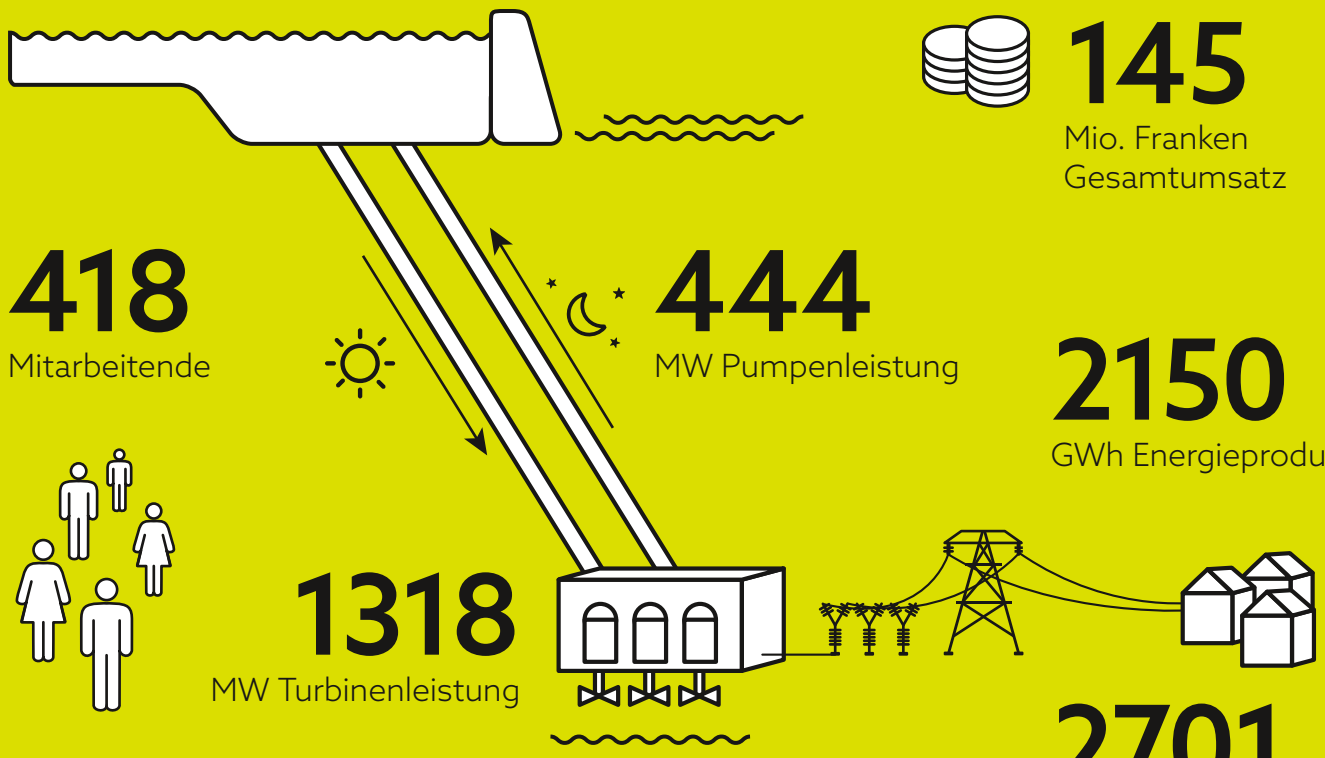
Für den Einbau einer Nachschubturbine in der Regulierkammer Grimsel musste beim Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern eine unwesentliche Änderung der Gesamtkonzession der KWO beantragt werden.

Die Energieproduktion hängt vom Wassernachschub ab. Mit 10 Mio. m^3 Wasser kann ungefähr 1 GWh elektrischer Strom produziert werden. Die Nachschubturbine ging 2018 ans Netz.

Die Anlagekosten betrugen rund 1.6 Mio. CHF. Die Kostendeckende Einspeisevergütung KEV beträgt ungefähr 15 Rp/kWh für die Dauer von 25 Jahren.

KWO 2018

Nach der 35 Jahre dauernden Ausbauetappe von 1983 bis 2018 mit dem Einbau der neuen Grimselmaschine im Kraftwerk Grimsel 1, der Aufwertung der Kraftwerke Handeck 2 und Innertkirchen 1 sowie der Stilllegung von zwei Maschinengruppen im Kraftwerk Handeck 1 und der Diagonalpumpe im Kraftwerk Handeck 3 konnten die KWO nachfolgende Fakten und Zahlen verzeichnen.



145
Mio. Franken
Gesamtumsatz

418
Mitarbeitende

444
MW Pumpenleistung

2150
GWh Energieproduktion

1318
MW Turbinenleistung

2701
GWh Energieumsatz
inkl. Pumpenergie

279
Vollzeitstellen

13
Kraftwerke

Auslauf- und Regulierbauwerk Beruhigungsbecken Innertkirchen >

IMPRESSUM

Herausgeberin: Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen
Autoren: Wilhelm Regez, Dres von Weissenfluh
Fotos: Wenn nicht anders vermerkt: KWO
Grafik: Casalini Werbeagentur AG, Bern
Lithografie: Lithwork Phoenix GmbH, Bern
Korrektorat/Druck: Stämpfli AG, Bern
Buchbinderei: Schumacher AG, Schmitten

Klimaneutral gedruckt. Papier aus umweltfreundlicher Herstellung (FSC-zertifiziert) sowie klimaneutral produziert.

© 2019 Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen
Alle Rechte vorbehalten.

Umschlagfoto: Turbine Innertkirchen Maschine 6 (Foto David Birri).

FSC www.fsc.org MIX Papier aus verantwortungsvollen Quellen FSC® C016087

PERFORMANCE myclimate neutral Drucksache
No. 01-19-877192 – www.myclimate.org
© myclimate – The Climate Protection Partnership

Umschlag 3

Umschlag 4
(Rückseite)