Aufwertung der Kraftwerke Handeck 2 und Innertkirchen 1 : Realisierung von einfachen Lösungen im Kraftwerkbau

Autor(en): **Stamm, Jan / Kost, Markus / Wildi, Tobias**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **108 (2016)**

Heft 3

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939522

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Aufwertung der Kraftwerke Handeck 2 und Innertkirchen 1 – Realisierung von einfachen Lösungen im Kraftwerksbau

Jan Stamm, Markus Kost, Tobias Wildi, Ralf Grand, Andres Fankhauser

Zusammenfassung

Die KWO bestehen seit 91 Jahren. Die Anlagen wurden in verschiedenen Etappen ausgebaut. Das Vorhandensein von bisher ungenutztem Potenzial, die Veränderungen im Bedarf auf dem Energiemarkt und die sich ergebenden neuen Nutzungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit dem Gletscherrückgang legen heute die Basis für zusätzliche weitere Ausbauprojekte. Eines dieser Projekte «die Aufwertung der Kraftwerke Handeck und Innertkirchen» geht im Jahr 2016 in Betrieb. Dadurch wird die Leistung der KWO-Kraftwerke mit 280 MW ergänzt und die Jahresproduktion um 70 GWh gesteigert. Dieses Projekt liefert einen wertvollen Beitrag zum beschlossenen Ausbau der erneuerbaren Energien im Rahmen der Energiestrategie 2050. Jedoch sind unter Berücksichtigung der wirtschaftlich schwierigen Lage auf dem Energiemarkt Investitionen in die Grosswasserkraft heute nicht selbstverständlich. Der Investitionsbeschluss hatte folglich nur eine Chance, wenn die grösstmögliche Wirtschaftlichkeit des Projekts sichergestellt werden konnte. Aufbauend auf dem Prinzip der dynamischen Projektführung, war die Suche nach der einfachsten und somit kostengünstigsten Lösung permanenter und konsequenter Begleiter im gesamten Projektablauf. Im Austausch mit allen Projektbeteiligten wurde Altbewährtes infrage gestellt, tragbare Risiken identifiziert und die Lösungen auf die spezifische Situation hin massgeschneidert. So wurden viele Vereinfachungen beschlossen, die in der Ausführungsphase zu einer Kreditunterschreitung von 10 % führten.

1. Einleitung/Veranlassung

Die KWO wurde 1925 gegründet und verfügt über ein Aktienkapital von 120 Mio. CHF. Aktionäre sind die BKW Energie AG mit einer Beteiligung von 50 Prozent sowie die Energie Wasser Bern, die Industriellen Werke Basel und die Stadt Zürich mit einer Beteiligung von je 16⅔ %. Diese beziehen den von der KWO produzierten Strom und bezahlen deren Produktionskosten.

Mit der Gesamtkonzession vom 12. Januar 1962 wurde der KWO das Recht zur Nutzbarmachung der Wasserkräfte der Aare von ihrem Ursprung bis nach Innertkirchen, einschliesslich ihrer Zuflüsse bis und mit dem Gadmerwasser, nach Massgabe der Konzessionsurkunde desselben Datums verliehen. Die Gesamtkonzession wurde für eine Dauer von 80 Jahren erteilt und mit Beschluss des Grossen Rates vom 21. Mai 1973 um die beiden jüngsten Kraftwerkanlagen (Überleitung Handeck-Trift mit Zentrale Handeck 3 und Pumpspeicherwerk Grimsel 2) ergänzt.

Heute verfügt die KWO über 26 Wasserfassungen und produziert in neun Kraftwerken mit total 1125 MW Leistung und acht Speicherseen durchschnittlich 2350 GWh Energie pro Jahr.

Mit den Ausbauvorhaben und seinen verschiedenen Projekten soll das vorhandene Wasserkraftpotenzial an Grimsel und Susten effizienter genutzt werden. Die Aufwertung der Kraftwerke Innertkirchen 1 und Handeck 2 ist ein wichtiger Bestandteil dieses Vorhabens.

2. Beschreibung der neu erstellten Kraftwerkanlagen

Die Wasserzuflüsse im Grimselgebiet werden über verschiedene Kraftwerke vom Oberaarsee auf 2303 m ü. M. bis zum Talboden Innertkirchen auf 620 m ü. M. zur Stromproduktion genutzt. Das Wasser der Gefällestufe Räterichsboden (1767 m ü. M.) – Handeck (1303 m ü. M.) – Innertkirchen (620 m ü. M.) wird zweistufig über die beiden Kraftwerke Innertkirchen 1 und Handeck 2 verarbeitet (siehe *Bild 1*).

Die über 60-jährigen Anlagen in Innertkirchen und in der Handeck sollen auf

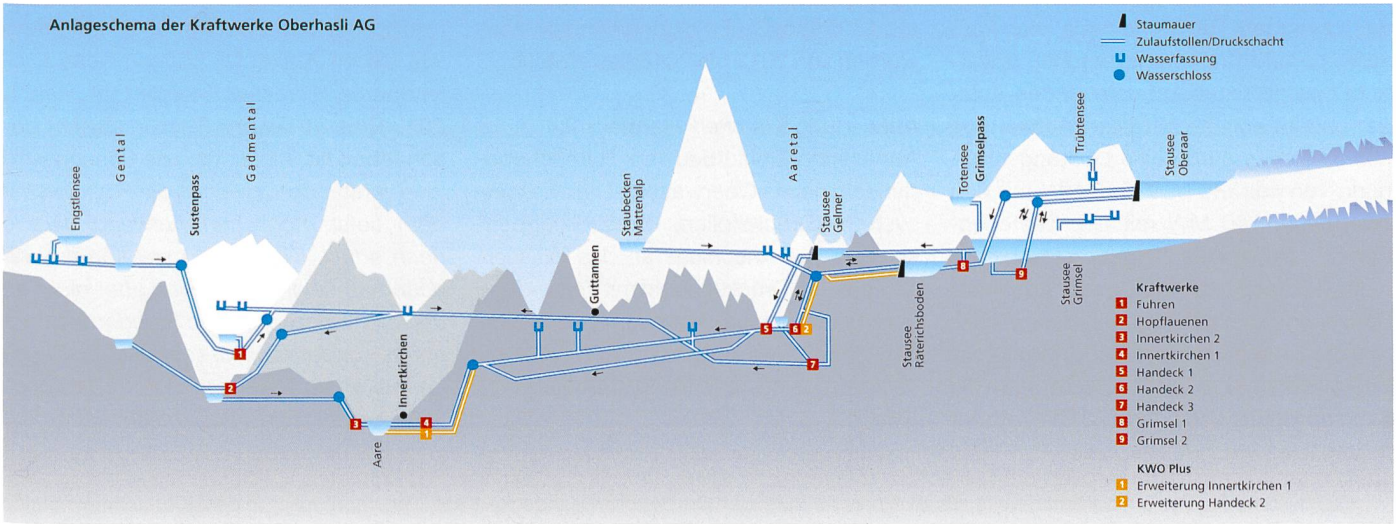

Bild 1. Anlagenschema mit Ausbauvorhaben «Tandem».

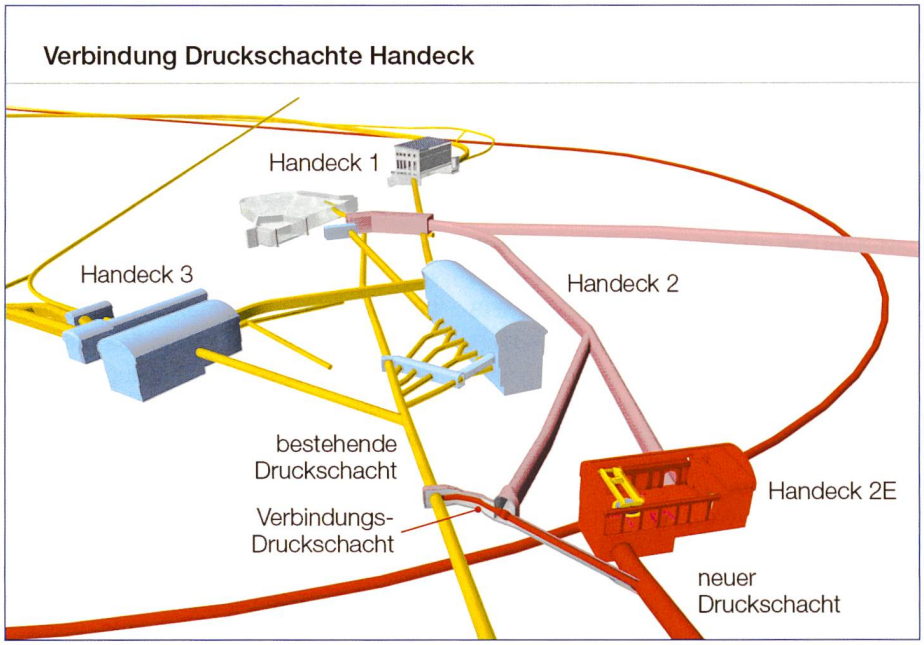

Bild 2. Kraftwerksystem Innertkirchen 1/1.

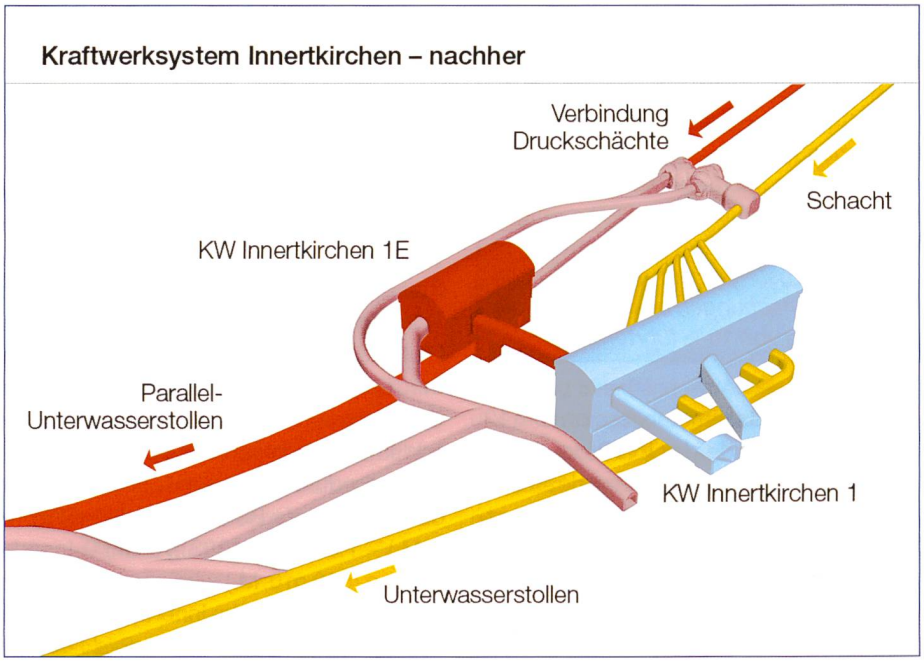

Bild 3. Verbindung Druckschächte Handeck 2/2.

die heutigen Bedürfnisse zielend aufgewertet werden. Dazu sind neue Triebwasserwege und Kraftwerkszentralen unmittelbar parallel zu den bestehenden Anlagen gebaut worden. Mit dieser Aufwertung soll einerseits durch eine Leistungserhöhung von ca. 280 MW (240 MW mit den zwei neuen, 40 MW mit den bestehenden Maschinen) die steigende Nachfrage nach kurzfristig zur Verfügung stehender Spitzenenergie gedeckt werden. Andererseits kann durch eine Reduzierung der Energieverluste im Triebwassersystem die Jahresproduktion um rund 70 GWh erhöht werden. Das Investitionsvolumen beträgt rund 305 Mio. CHF. Folgende Anlagenteile wurden von 2012 bis 2016 neu erstellt:

Aufwertung Kraftwerk Handeck 2:
Anpassung Einlaufbauwerk Räterichsbodensee, neues Oberwasser-Triebwassersystem (Druckstollen, Drosselklappenkammer mit Anschluss an das Wasserschloss und Druckschacht mit Verbindung zum bestehenden System), neue Kavernenzentrale mit Anschluss unterwasserseitig an das bestehende System Handeck *(Bild 3)*.

Aufwertung Kraftwerk Innertkirchen 1:
Ergänzung Wasserschloss Kapf mit neuer Drosselklappenkammer und neuem Druckschacht, beides mit Anschlüssen an das bestehende System [1], neue Kavernenzentrale, neuer Unterwasserstollen und neues Ausgleichsbecken mit mehreren Anschlüssen an das bestehende System *(Bild 2)*.

Eine besondere Herausforderung war der Neubau der Kavernenzentralen dicht neben den bestehenden Anlagen. Während des Baus wurden die Maschinen weiterbetrieben. Eine Vorstellung über die räumliche Nähe geben die *Bilder 1* und *2*:

Eine weitere Besonderheit war der Zusammenschluss des bestehenden und des neuen Systems. Dazu musste beispielsweise für den Anschluss des neuen parallelen Stollens Räterichsbodensee-Wasserschloss Handeckfluh (oberhalb des Seeabschlussorgans) der Räterichsbodensee und das Triebwassersystem vom 17. November 2014 bis 27. Februar 2015 vollständig entleert werden (siehe *Bild 3*).

3. Projektführung der KWO: Philosophie der einfachen Lösung

Bei der Realisierung des Aufwertungsprojekts «Tandem» stand die Projektführung vor der grossen Herausforderung, die vorliegende, projektierte und ausgeschriebene Anlage so kostengünstig wie möglich zu erstellen. Da es auch nach der Beauftragung von Unternehmungen und Lieferanten im Verlaufe der Bauarbeiten zu Änderungen und damit zu Mehrkosten kommen kann, war die permanente und konsequente Suche nach der einfachsten bzw. kostengünstigsten Lösung auch in der Ausführungsphase zwingend vorgegeben.

Diese Vorgehensweise folgt dem Prinzip der dynamischen Projektführung wie sie im Artikel [1] «Dynamische Projektführung, Wasser Energie Luft, Heft 4, 2013 *Biasiutti Gianni, Fischlin Daniel*» beschrieben ist. Als einfachste Lösung wird jene verstanden, *«welche die Funktion mit dem tiefst möglichen Aufwand gerade noch erfüllt. Die Lösung soll korrekt und dauerhaft sein, sie soll sich aber nicht an üblichen Konzepten und Standards orientieren, sondern auf die spezifischen Gegebenheiten hin massgeschneidert und innovativ-einfach sein. Hinsichtlich Sicherheit,*

[1] Das bestehende System besteht bereits aus zwei parallel laufenden Druckstollen Handeck – Kapf. Der ursprünglich in den 40er-Jahren erstellte Druckstollen wurde von 2002 bis 2007 mit einem parallelen Druckstollen ergänzt.

Betrieb und Instandhaltbarkeit werden gewisse Unannehmlichkeiten zugunsten der Einfachheit bewusst in Kauf genommen. Tragbare Risiken werden nicht eliminiert. Der prioritäre Fokus liegt bei den Kosten.»

Naturgemäss sind damit Änderungen/Abweichungen von bisher verfolgten Konzepten, Bauweisen und werkvertraglich vereinbarten Inhalten verbunden. Ein erfolgreiches Realisieren einer solchen «noch einfacheren» Lösung bedingt ein Kooperationswille bei sämtlichen beteiligten Partnern und ist mit einem grösseren Aufwand für die Projektleitung des Bauherrn, der beteiligten Unternehmen und Planer verbunden. Gelingt es, zwischen den Beteiligten eine Lösung zu finden, die für alle Vorteile bietet, können durch gemeinschaftliches Handeln massgebende Vereinfachungen erfolgreich umgesetzt werden. Insbesondere gefordert ist dabei jedoch der Bauherr. Er muss Bereitschaft zeigen, Verantwortung zu übernehmen, Bisheriges oder Altbewährtes infrage zu stellen, und er muss mit hoher Fachkompetenz und diplomatischem Geschick für ein möglichst effizientes Schnittstellenmanagement sorgen.

Zur Sicherstellung dieser Bedingungen hat die KWO als Bauherr die essenziellen Funktionen im Projektführungsteam mit eigenen fachkompetenten Mitarbeitern besetzt. Dazu zählt nicht nur die Funktion der Gesamtprojektleitung, sondern auch diejenigen der Teilprojektleitungen «Bau», «Elektromechanik (EM)», diejenigen der entscheidenden Fachingenieure in der Planung und in der Inbetriebsetzung (insbesondere im EM-Bereich) und – besonders wichtig – die gesamte Bau- und Montageleitung. Viele dieser Aufgaben werden in anderen Fällen oftmals von Mitarbeitern der beteiligten Planer wahrgenommen. Bei der Realisierung des Tandems konzentrierte sich der Bauplaner auf die Erstellung des Ausführungsprojekts mit den entsprechenden statischen Berechnungen und den zugehörigen Ausführungsplänen einerseits und übernahm andererseits die wichtige Rolle des verlässlichen Partners für die notwendigen Abklärungen im Zusammenhang mit den vielen Optimierungsideen. Im Bereich Elektromechanik übernahm die KWO auf weiten Teilen auch die Aufgabe des Planers. Nur in wenigen speziellen Fachbereichen musste auf die Unterstützung von externen EM-Fachleuten zurückgegriffen werden. Mit dieser Gestaltung des Projektführungsteams sind möglichst kurze und schlanke Entscheidungswege möglich, ist die Schaffung der für den Betrieb der Anlage notwendigen Erfahrung sichergestellt und ist die konsequente Anwendung der KWO-Umsetzungsphilosophie garantiert. In diesem Zusammenhang speziell erwähnenswert, ist die durch KWO-Mitarbeiter ausgeführte Montage der Abschlussorgane (Kugelschieber, Drosselklappen) sowie die Herstellung sämtlicher Schalt- und Steuerschränke für die EM-Ausrüstung. Dies ermöglichte ebenfalls die Realisierung der einfachsten Lösungen. Naturgemäss ist die für die KWO einfachste Lösung nicht zwingend auch die einfachste Lösung für einen Planer, externe Unternehmer oder einen anderen externen Pojektbeteiligten.

Der Einsatz von eigenem fachkundigem Personal ermöglichte beim vorliegenden Projekt die bestmögliche Identifikation mit dem Vorhaben und bewirkte so die maximale Motivation zum ständigen Hinterfragen der aktuell vorgesehenen und zur Suche nach noch kostengünstigeren innovativeren Lösungen. Dabei wurden im intensiven Austausch zwischen den Beteiligten viele Vereinfachungsvorschläge über eine Kosten/Nutzen- bzw. Risiko-Abwägung zeitnah zur Entscheidung gebracht. Dies mit dem Resultat, dass der Projektkredit um über 10 % unterschritten werden konnte. Eine Auswahl von realisierten «einfachen Lösungen» ist nachfolgend beschrieben.

4. Beispiele von umgesetzten «einfachen Lösungen»

Unabhängig von der Realisierung einfacher Lösungen mit Sparpotenzial im Bauablauf, liegt auch in der Festlegung der Ausbaugrössen von Produktionssteigerungen bestehender Kraftwerke grosses Einsparpotenzial. Bestehende Bau- und Anlagenteile bieten meist Reservekapazitäten an, die eine gewisse Leistungssteigerung oder Anlagenerweiterung zulassen. Die KWO hat dies bei der Bestimmung der Projekt-

Bild 4. Entleerter Räterischbodensee.

randbedingungen bewusst berücksichtigt und konnte so viele bestehende Anlagenteile unverändert oder leicht angepasst beibehalten respektive auf eine kostenintensive Neuerstellung verzichten. Diese Vorgehensweise führt zwar zu einem bescheideneren Produktionsleistungszuwachs, hat aber Projektvereinfachungen mit entscheidender Kostenreduktion zur Folge. Beim vorliegenden Projekt können diesbezüglich die folgenden Beispiele genannt werden:

- Zur Vermeidung einer Neuerstellung des Anschlusses im Räterichsbodensee wurde die Ausbaugrösse auf die zumutbare Schluckfähigkeit des vorhandenen Einlaufbauwerks abgestimmt. Für das Ausbauprojekt war folglich nur der Anschluss des neuen Parallelstollens an das bestehende System notwendig, und aufwendige Bauarbeiten mit einer entsprechend lang andauernden See-Entleerung konnten vermieden werden.
- Ebenfalls wurden die Ausbaugrössen darauf ausgerichtet bei den existierenden Wasserschlössern in der Handeckfluh (KW-Handeck) und im Kapf (KW-Innertkirchen 1) die notwendigen Anpassungsarbeiten für die Bewältigung der transienten Vorgänge auch nach Anschluss des neuen Systems mit gesteigerter Abflusskapazität auf ein Minimum zu reduzieren. Einzig beim Wasserschloss Kapf war so die Erstellung einer kleinen Zusatzkammer notwendig.
- Durch die Mitbenutzung der vorhandenen Infrastruktur der bestehenden Kraftwerkkavernen Handeck 2 und Innertkirchen 1 (Werkstatt, Garderoben, Toiletten, Lagerräume usw.) konnte die Ausrüstung der beiden neuen Kavernen auf ein Minimum reduziert werden.

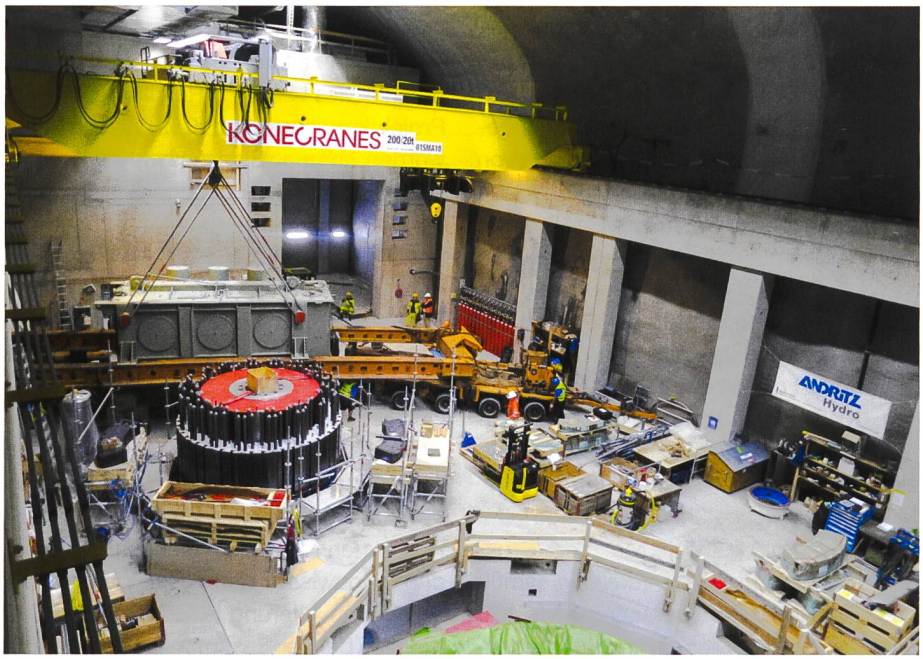

Bild 5. Kaverne Handeck 2E beim Generatortransport mit Abdichtungsfolie im Hintergrund am Gewölbe.

Bild 6. Massgeschneiderte Auskleidung im Unterwasserstollen des Kraftwerks Innertkirchen 1 und 1E.

Bei der Ausschreibung der Arbeiten und Lieferungen haben die folgenden Vorgehensweisen entscheidend zur erfolgreichen Realisierung beigetragen:

- In der Ausschreibungsphase verzichtete die KWO bewusst auf die Bildung von umfassenden grossen Losen. Beispielsweise wurden Generator und Turbine wie auch der Hallenkran in separaten Losen ausgeschrieben. Dies bedingte das Inkaufnehmen des damit verbundenen intensiveren Schnittstellenmanagements. Die KWO verfügt über die fachtechnische Erfahrung zur Handhabung der erforderlichen Koordination und profitierte im Gegenzug von vorteilhafteren Konkurrenzsituationen mit einer ausreichenden Anzahl Angebote.
- Bei den Ausschreibungen sämtlicher Baulose wurden Unternehmervarianten zugelassen. Während die Unternehmer dadurch ihre Stärken im Wettbewerb geltend machen konnten, profitierte die KWO als Bauherr von innovativen und vorteilhaften Lösungen. Bei den folgenden Arbeitsvergaben erfolgte der Zuschlag aufgrund von Unternehmervarianten:
  - Bei der Vergabe der Baumeisterarbeiten beim Projektteil «Aufwertung Handeck» kam eine Unternehmervariante zum Zuge, welche anstelle der ausgeschriebenen TBM-Vortriebe den Ausbruch der Stollen für das Triebwassersystem im preislich vorteilhafteren Sprengbetrieb vorsah. Der mit gleichmässiger Neigung ausgeschriebene Schrägschacht wurde in eine Flach- und Steilstrecke unterteilt und der steile Schacht wurde unter Zuhilfenahme der Alimak-Aufbruchbühne ausgebrochen. Beim 3 km langen Druckstollen war mit dem konventionellen Vortrieb zwar ein grösseres Ausbruchprofil und somit Mehraufwand

beim Ausbruch verbunden, Letzterer kann jedoch mit der Reduktion der Fliessgeschwindigkeiten und somit der Energieverluste mehr als kompensiert werden.

- Auch bei der Realisierung des Druckschachts für die Aufwertung Innertkirchen 1 konnte die ausgeschriebene Ausbruchsmethodik entsprechend einer Unternehmervariante abgeändert werden. Anstelle der im Sprengvortrieb ausgeschriebenen Flachstrecke von 1000 m wurden sowohl die Flach- als auch die Steilstrecke (ebenfalls 1000 m) im TBM-Vortrieb ausgeführt. Durch die Verdoppelung der TBM-Ausbruchsstrecke ergab sich für Unternehmer und Bauherrn eine vorteilhaftere Situation.
- Beim Projekt «Aufwertung Innertkirchen 1» ermöglichte die Vergabe der Lose «Unterwasserstollen» und «Kaverne» an den gleichen Unternehmer einen Wechsel vom ausgeschriebenen steigenden zum fallenden Vortrieb beim Unterwasserstollen. Auf diese Weise konnten die Baustelleninstallationen mit denjenigen des Kavernenausbruchs kombiniert und die Schutterwege massiv reduziert werden.

Als Folge des ständigen Hinterfragens der bestehenden Konzepte und Vorgehensweisen konnten wesentliche Projektvereinfachungen während der Ausführung identifiziert, beschlossen und umgesetzt werden. Als Beispiele seien die folgenden erwähnt:

- Aufgrund der guten Kenntnisse der geologischen Verhältnisse beim Projekt Handeck (Vorhandensein eines bestehenden Druckstollens) wurde das Risiko als tragbar befunden, den unterhalb der Seeabschlussklappe liegende Teil des neuen parallel laufenden Druckstollens im fallenden Vortrieb aufzufahren. Durch diese vom ursprünglichen Konzept abweichende Projektdisposition ist die Apparatekammer für das Abschlussorgan am Kopf des neuen Schachts rund 20 m tiefer angeordnet. Als Konsequenz daraus konnte die Panzerungsstrecke reduziert und auf die beim Tiefpunkt bei der Seeabschlussklappe vorgesehenen rohrgeführte Entwässerung verzichtet werden.
- Die Auskleidung der Kavernenwände beschränkte sich auf Spritzbeton für die Felssicherung und eine Entwässerungsrigole. Das Verhalten von Wasserleckagen wurde in beiden Kavernen während der Rohbauphase bei unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen (inkl. Schneeschmelze) beobachtet. Daraus resulierten unterschiedliche Massnahmen. In der Kaverne Handeck konnte dank gutem Fels gänzlich auf ein Tropfdach verzichtet werden. Es war ausreichend, einige feuchte oder tropfende Stellen lokal mit Abdichtungsfolie abzuleiten. In der Kaverne Innertkirchen wurden die sporadisch auftretenden Felsleckagen mit einer einfachen Tropfdachkonstruktion in die entwässerten Bodenrigolen abgeleitet *(Bild 5)*.
- Die Erschliessung der Baustelle beim Wasserschloss Handeckfluh (Aufwertung Handeck) mit einer Materialseilbahn wurde zugunsten eines nachhaltigen Erschliessungsstollens ersetzt. Mit dieser investitionsneutralen aber betrieblich vorteilhafteren Lösung konnten das Risiko durch Naturgefahren weitgehend eliminiert und Synergien für allfällig weitere Ausbauprojekte geschaffen werden.
- Grundsätzlich wurde die Innenauskleidung (Gewölbe, Paramente und Sohle) der Erschliessungsstollen auf das notwendige Minimum zur Sicherstellung der Grundfunktionalität des entsprechenden Bauwerks reduziert. So konnte in etlichen Stollen die Ausbruchssicherung belassen und auf einen Ausbau verzichtet werden. Allfällige störende Wassereintritte wurden lokal gefasst und abgeleitet. Ebenfalls verzichtete man mehrheitlich auf den Einbau der vorgesehenen definitiven Fahrbahn. Die Sohle der Baupiste ist zwar etwas holprig, erfüllt aber ihre Funktion auch für die kommenden Jahre (eventuell auch für weitere Baustellenerschliessungen über diesen Stollen). Der ursprünglich in der definitiven Sohle integrierte Kabelrohrblock konnte an der Stollenwand in Kabelkanälen geführt werden.
- Dieses Konzept der massgeschneiderten Auskleidung wurde auch beim Innenausbau der wasserführenden Stollensysteme angewendet. Mit dem Fokus auf die Felsqualität konnte die Sicherung von Gewölbe und Wänden auf ein Minimum reduziert werden, ein tragbares Schadenrestrisiko wird bewusst in Kauf genommen. Als Sohle beliess man in weiten Bereichen die vorhandene qualitativ gute Sauberkeitsschicht. Ein besonderes Augenmerk wurde auf einen sauberen Übergang von Sohle zu Wand gelegt, sodass möglichst keine Schwachstellen als Angriffspunkte für Ablöseschäden vorhanden sind *(Bild 6)*.

Bedingt durch das bereits vorhandene umfangreiche Kraftwerkportfolio, konnten bei der Ausrüstung der neuen Anlagen gewisse betriebliche Kompromisse zugunsten der Einfachheit als tragbar erachtet werden:

- Bei den Hebezeugen und Winden bekamen, wo möglich, mobile oder mehrfach einsetzbare Installationen den Vorzug. Beispielsweise wurde für die Sicherstellung des Unterhalts der neuen Druckschächte anstelle von fix installierten Schachtwinden eine mobile Winde angeschafft, welche jeweils an den Einsatzort verschoben werden kann. Wo vom Zugang und Handling her möglich, werden bei Bedarf kleine, mobile Krane eingesetzt und in der Apparatekammer Gerstenegg wurde der Hallenkran so ausgelegt, dass er nach der Drosselklappenmontage bis auf die Kranstützen wieder ausgebaut und in der Kaverne des ebenfalls im Bau befindlichen Kleinwasserkraftwerks Grund als Maschinensaalkran verwendet werden konnte.
- Bei der Ersatzteilbeschaffung beschränkte man sich auf das Minimum und nimmt damit ein kalkuliertes Verfügbarkeitsrisiko in Kauf.
- Auch erlaubte die Anzahl Kraftwerke zusammen mit der geografischen Anordnung der Anlagen und deren elektrischen Eigenbedarfsanbindung, bewusst auf elektrische Redundanzeinspeisungen zu verzichten.
- Bei den verschiedenen notwendigen, aber voraussichtlich selten zum Einsatz kommenden Dammbalkenabschlüssen wurden, solange statisch möglich, nur die Dammbalkenführungen realisiert. Die Dammbalken werden im Bedarfsfall aus Holz beschafft, eingesetzt und danach entsorgt.
- Auf die üblicherweise in den Generatorableitungen eingesetzten Eigenbedarfstrafos konnte verzichtet werden. Die Konsequenz, dass die neuen Maschinen nicht schwarzstartfähig sind, wurde aufgrund des bestehenden umfangreichen Maschinenparks der KWO als zulässig befunden. Zusätzlich zur Kosteneinsparung bei der Trafobeschaffung konnte auf diese Weise auch das Risikopotenzial von generatornahen Kurzschlüssen reduziert werden.

- Generell wurden die üblichen Redundanzen der Hilfssysteme zur Erhöhung der Verfügbarkeit der Kraftwerkanlage konsequent hinterfragt und wenn immer möglich weggelassen. Beispielsweise wurde im Kühlwasserkreislauf der neuen Maschinengruppen nur eine Pumpe eingebaut.

In Sachen Anlagesicherheit und CE-Konformität war das Augenmerk in der Realisierungsphase auf ein konsequentes Einfordern der vertraglich vereinbarten CE-Konformitäts- und -Einbauerklärungen der EM-Lieferlose gerichtet. Die Verantwortung in Bezug auf die sicherheitsrelevanten Schnittstellen zwischen diesen Lieferlosen lag bzw. liegt bei der KWO. Mit einem übergeordneten Konformitätskonzept wurden sämtliche nicht abgedeckten Risiken an den Schnittstellen der einzelnen Lieferlose systematisch erfasst, bewertet und entsprechende technische und organisatorische Massnahmen abgeleitet. Die direkte Führung dieses Prozesses erfolgte simultan zur Auslegung und Realisierung des Projekts. Ausufernde Kosten für die Nachweisführung der Einhaltung von Normen und Vorschriften konnten damit vermieden und unter Kontrolle gehalten werden.

5. Fazit

Die Ausführungen zeigen, dass bei Erweiterungen von bestehenden Wasserkraftwerken die Wahl der Ausbaugrössen mit Rücksicht auf vorhandene Reserven in den bestehenden Anlageteilen zu bescheideneren, aber dafür wirtschaftlicheren Investitionen führen kann. Bringt der Bauherr zusätzlich noch die Bereitschaft mit, tragbare Risiken zu akzeptieren und die entsprechende Verantwortung zu übernehmen, kann das Projekt selbst in der Ausführungsphase in finanzieller Hinsicht massgeblich vorteilhaft beeinflusst werden. Eine geschickt gewählte Loseinteilung, das Zulassen von Unternehmervarianten und die ständige Neubeurteilung der sich im Bauablauf ergebenden Situationen bringt viele Optimierungsmöglichkeiten auf den Tisch, welche im Hinblick auf die Kosten/Nutzen-Situation analysiert und zur Entscheidung gebracht werden können. Voraussetzung dafür ist jedoch ein Bauherr mit eigenen erfahrenem Fach- und Projektführungsmitarbeitern, welches die rasche und umfassende Beurteilung der Auswirkungen der Kostenreduktionsvorschläge sicherstellen können. Die Anwendung dieser Projektführungsphilosophie hat dazu beigetragen, dass – trotz des schwierigen wirtschaftlichen Umfeld – ein massgeblicher Beitrag zur Verstärkung der landeseigenen erneuerbaren Stromproduktion realisiert werden konnte.

Literatur:

[1] *Biasiutti Gianni, Fischlin Daniel*, Dynamische Projektführung, «Wasser Energie Luft», Heft 4, 2013.

Anschrift der Verfasser

Jan Stamm, Markus Kost, Tobias Wildi, Ralf Grand, Andres Fankhauser

KWO, Kraftwerke Oberhasli AG, Innertkirchen