Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 128 (2002)
Heft: 36: Wasserkraft

Artikel: "KWO plus": Mehrung der Wasserkräfte an der Grimsel
Autor: Ursin, Max
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-80468

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

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

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

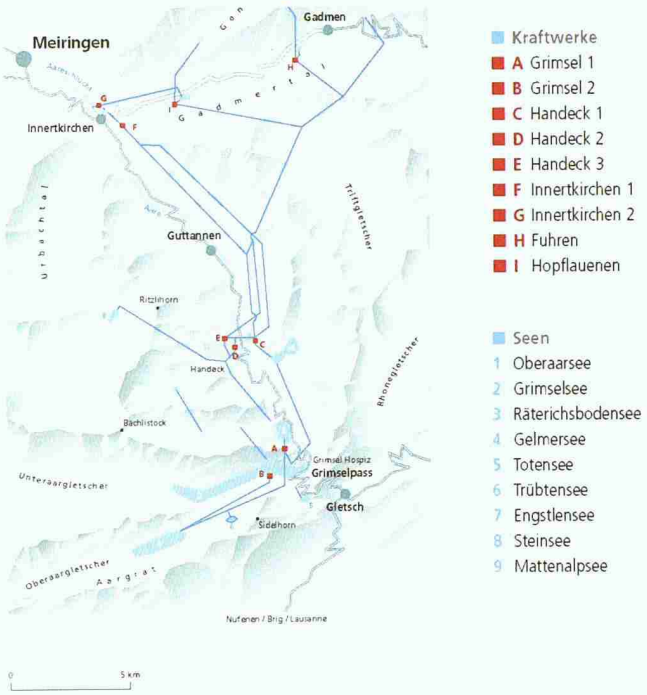
Download PDF: 17.07.2025

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

Max Ursin

«KWO plus»: Mehrung der Wasserkräfte an der Grimsel

Mit «KWO plus» wollen die Kraftwerke Oberhasli ihre bestehenden Anlagen vermehrt auf die Stärken der Wasserkraft ausrichten: flexible Produktion von Spitzen- und Regulierenergie, gesteigerte saisonale Umlagerung, Umwälzung und Reserve, mehr Leistung und Energie. Mit insgesamt fünf Projektteilen würden zunächst bestehende Bauwerke und Anlagen der KWO saniert und aufgewertet, danach folgt eine Erweiterung des saisonalen Speichervolumens und zuletzt eine markante Erhöhung der installierten Leistung. KWO plus bringt einen hohen Energie- und Leistungsertrag mit erstklassiger Wirtschaftlichkeit, der in dieser Ausprägung anderswo in der Schweiz nicht möglich wäre. Mit dem Vorreiterprojekt «KWO plus» wollen die KWO zusammen mit den Umweltorganisationen den Beweis antreten, dass der Weiterausbau der Wasserkraft in der Schweiz in Partnerschaft mit der Natur geschehen kann.



1
Übersicht KWO heute
Installierte Leistung: 1060 MW
Energieproduktion insgesamt: 2100 GWh/a
Winteranteil Energieproduktion: ca. 40 % (Bilder: KWO)

Stellenwert und Eigenheiten der Wasserkraft

Die Könige in der Familie der Wasserkraftwerke sind die Speicher- und Pumpspeicherwerke, denn sie vereinen alle Stärken der Wasserkraft und heben sich so von der Konkurrenz der thermischen Kraftwerke ab. Die grosse Stärke der Wasserkraft liegt in der frei und schnell verfügbaren Leistung. Verfügbarkeit bedeutet produzieren zu können, wann immer man will. Dazu braucht es Speicherseen, die Treibstofftanks der Wasserkraftwerke. Weil Wasserkraftwerke nahezu frei von variablen Kosten sind, kann der Produzent sich die günstigsten Produktionszeitpunkte aussuchen, ohne Rücksicht auf die Kosten. Die thermische Produktion hingegen ist gezwungen, mindestens die Brennstoffkosten zu decken, sonst werden diese Kraftwerke gar nicht erst gestartet. Wasserkraft ist daher für Spitzen- und Regulierenergie wirtschaftlich ohne Konkurrenz. Diese einzigartige Marktposition wurde von der Schweiz seit je genutzt. In der Produktion von Bandenergie und Mittellast ist sie jedoch gezwungen, sich den Markt mit starken Konkurrenten aus dem europäischen Raum zu teilen. Konkurrenten, die mit thermischen Anlagen meist kostengünstiger produzieren. Auch das Pumpen oder Umwälzen ist eine der Stärken der Wasserkraft. Mit den Pumpen kann man nicht nur überschüssige Kraftwerkskapazität während der Schwachlastzeiten in

die Zeiten hoher Nachfrage hinüberretten. Wer ungeplant zu viel Laufenergie ins Netz einspeist, zum Beispiel während eines Gewitters, und damit andere Produzenten kurzfristig zwingt, ihre Leistung zu reduzieren, der wird bestraft, denn er bekommt nur noch ein Viertel der Energie, die er abgegeben hat, wieder zurück. Wer pumpen kann, der rettet sich vor dieser finanziellen Last, indem er die ungeplante Mehrproduktion gleich im eigenen System zwischenlagert.

Die Nutzung der Wasserkraft ist sehr kapitalintensiv und daher nur langfristig rentabel. Gegen diese Langfristigkeit der Wasserkraft-Geldanlage ist kein Kraut gewachsen. Wasserkraft verlangt nach weitsichtigen und verantwortungsvollen Investoren, wie es die ehemaligen Monopolunternehmen und die daran beteiligten Kantone sind und hoffentlich bleiben. Kurzfristig, wie jetzt zu Beginn der Strommarktöffnung, können wirtschaftliche Probleme die Besitzer der Wasserkraftwerke plagen, aber auf die Dauer wird die Wasserkraft in jedem Land, in dem dies möglich ist, die unersetzliche Basis der erneuerbaren Energieproduktion sein.

Das Auflösen der Monopole hat Auswirkungen: Das begehrte Geld der Investoren wird die Wasserkraft nur dann anziehen, wenn sie über grosse Zeitspannen eine nachhaltigere Entwicklung und bessere Rentabilität verspricht als andere Energieträger. Damit Investitionen in die Wasserkraft weiterhin getätigt werden, müssen u. a. die Risiken möglichst klein gehalten werden und die Kosten im Rahmen bleiben. Die ganz grossen Würfe mit den ganz grossen Risiken, die im Monopol noch eingegangen werden konnten, sind im freien Markt, mit der Beteiligung anspruchsvoller Investoren, nur mehr schwierig finanzierbar.

Wasserkraft hat weiter eine glanzvolle Zukunft vor sich. Die Europäische Union schreibt in ihrem «EU-Weissbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan «Energie für die Zukunft», dass zwischen 1997 und 2010 die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien von 14 % (1997) auf 22 % (2010) wachsen soll. Zitat: «... bei den grossen Wasserkraftwerken ist eine Erweiterung der installierten Kapazität um 10 % (8500 MW) bis zum Jahre 2010 wahrscheinlich, wenn man bereits geplante Projekte berücksichtigt und eine umweltgerechte Entwicklung zugrunde legt. Eine zusätzliche installierte Kapazität von 4500 MW bei den kleinen Wasserkraftwerken bis zum Jahre 2010 ist ein realistischer Beitrag, der bei Schaffung günstigerer ordnungspolitischer Rahmenbedingungen erzielt werden kann...».

Ökologischer Wert der Wasserkraft

Unter dem Eindruck der ächzenden Umwelt sind die erneuerbaren Energien, insbesondere die Wasserkraft, Hoffnungsträger jeder Gesellschaft rund um den Globus. Die erneuerbare und bei sorgfältiger Ausführung der Projekte unschlagbar umweltfreundliche Wasserkraft wird deshalb in den nächsten Jahrzehnten in Europa eine neue Blüte erleben. Projekte anderer Unternehmen, die aus Schreck vor der Strommarktliberalisierung sistiert wurden, werden bei heutigem Licht betrachtet wieder interessant.

Eine Erkenntnis aus der neueren Geschichte der KWO ist sicherlich, dass Wasserkraftprojekte nur im Dialog mit den Umweltorganisationen zielführend realisiert werden können. Die zwei Parteien sind für das Projekt KWO plus einen Konfliktlösungsdialog eingegangen. Gemeinsam soll ein Interessenausgleich zustande kommen, der beiden Seiten akzeptabel erscheint.

Alle Massnahmen wie Schützen, Renaturieren, Wiederherstellen und Ersetzen kosten direkt oder indirekt Geld. Im Falle von KWO plus würden dank dem Mehrnutzen durch das Projekt und durch die Vermeidung der Kosten des Rechtsweges Geldmittel frei, die in zukunftsweisende Massnahmen zugunsten der Umwelt und anderer Bereiche investiert werden könnten. Sicher würden die KWO bei einem erfolgreichen Interessenausgleich Massnahmen realisieren, die über ein gerichtlich erstrittenes Minimum hinausgehen.

Zwei bedeutende Aspekte der ökologischen Bilanzierung von Energieträgern entziehen sich einer direkten Messung und Bewertung: Die landschaftlichen Auswirkungen (Ästhetik und Naturwerte) und die Folgen der Klimaerwärmung. Es ist fast unmöglich, sie im Interessenausgleich der Parteien ausgewogen zu berücksichtigen. Und trotzdem haben beide Aspekte Gewicht. Die ganze Schwierigkeit eines Interessenausgleichs liegt im Finden eines Kompromisses in diesem Graubereich.

Für den Konsens über die ökologischen Qualitäten der Wasserkraft und den Weiterausbau ihrer Nutzung sind die folgenden Sachverhalte wesentlich:

- Wasserkraft ist die ökologisch hochwertigste Primärenergie für die Stromproduktion, und ihre Nutzung im Alpenraum weist im Quervergleich zu anderen Energieträgern grosse Vorzüge auf, gleich welche Kenngrössen zur ökologischen Bilanzierung der Auswirkungen angewendet werden.
- Die massgebenden Kosten des Wasserkraftwerks fallen beim Bau an, jene der fossilthermischen Anlagen beim Betrieb. Wind, Photovoltaik und Wasserkraft haben diesbezüglich ähnliche Qualitäten. Auf Grund dieser Kostenstruktur verdrängt bzw. verhindert die Stromproduktion aus Wasserkraft eine entsprechende Menge an thermisch produziertem Strom. Dies ist in jeder Bedarfssituation der Fall, weil die Wasserkraft aufgrund ihrer tiefen variablen Kosten stets prioritär zum Einsatz kommt. Man kann folglich sagen, dass jedes Quantum an zusätzlicher Energie aus Wasserkraft ökologisch wertvoll ist.
- Noch mehr als Laufenergie aus Wasserkraft oder Energie aus Wind und Sonne verdrängt die Produktion von Spitzenenergie aus Wasserkraft die ökologisch bedenklichste Produktion vom Markt: In der Regel sind dies ölbefeuerte Gasturbinen. Es ist deshalb sinnvoll, die Stromproduktion aus Wasserkraft so gut wie möglich auf die Zeiten der höchsten Nachfrage, d. h. auf die Bedarfsspitzen im Winter, zu konzentrieren. Die thermischen Konkurrenten bei dieser Energiequalität (Spitzenenergie) sind nämlich besonders emissionsintensiv wegen des Brennstoffs und des tiefen Wirkungsgrades der zur Regelung (= ständig variierender Betrieb) ausgelegten Anlagen.
- Die energetisch effizienteste und damit auch die ökologisch optimale Arbeitsteilung zwischen Wasserkraft und thermischen Energien ist dann gegeben, wenn die

thermischen Kraftwerke Bandenergie (Kernkraft- und Gas- und Dampf-[GuD-]Anlagen, auch als Gas-Kombi-Kraftmarke bezeichnet) sowie Mittellastenergie (GuD- und WKK-Anlagen) bei maximalem Wirkungsgrad liefern und die Wasserkraft die fehlende Regulier- und Spitzenenergie. Damit die Wasserkraft zur freien Regelbarkeit befähigt wird, braucht es Speicherseen. Man kann deshalb sagen, dass die Schaffung von zusätzlichem Speichervolumen ökologisch wertvoll ist – sofern die Umweltverträglichkeit der entsprechenden Speicheranlage gegeben ist.

– Weil die Produktion aus Wasserkraft im Winter geringer, gleichzeitig aber der Strombedarf höher ist, kommen europaweit vermehrt thermische Kraftwerke zum Einsatz. Im Winter ist es zudem kurzfristig rentabel, teurere und weniger effiziente Kraftwerke produzieren zu lassen. Besonders gilt das für Spitzenenergie im Winter. Im Winter ist der spezifische Schadstoffausstoss des europäischen Kraftwerkparks (Emissionen/kWh) höher und rechtfertigt damit einen vermehrten Einsatz von Wasserkraft.

– Die Erweiterung der Wasserkraftnutzung im Rahmen von bereits bestehenden Anlagen, wie dies das Vorhaben KWO plus will, ist einem Ausbau in bisher noch ungenutzten Gebieten vorzuziehen. Die Konzentration von Nutzungen ist auch ein dringendes Gebot der Raumplanung.

Warum bei den KWO noch etwas möglich ist

Das wirtschaftlich und politisch realisierbare schweizerische Wasserkraftpotenzial ist fast vollständig ausgenutzt. Verschiedene glückliche Umstände machen allerdings eine Realisierung weiterer Vorhaben an der Grimsel möglich. Günstig sind zunächst die einzigartigen, natürlichen Gegebenheiten: Die grossen Fallhöhen auf kurzer Distanz, die ergiebigen Niederschläge und die engen Geländekammern, in denen man mit verhältnismässig wenig Materialaufwand viel Wasser stauen kann. Die Geologie ist bestens bekannt, der Fels von hervorragender Qualität.

Weiter haben die KWO nach 75 Jahren Entwicklung von einer simplen «zwei-Seen-ein-Kraftwerk»-Anlage zu einem komplizierten, vernetzten System immer noch ein wirtschaftlich interessantes Potenzial auszuschöpfen. Mit dem gleichen Wasser ist es möglich, mehr Energie und Leistung zu erzeugen. Alte Anlagen, die saniert werden müssen, können mit einem geringeren spezifischen Investitionsbedarf zugleich aufgewertet werden. Die Umlagerung von Sommerwasser in den Winter kann weiter erhöht werden, denn von den rund 700 Mio. m^3 Niederschlägen jährlich finden nur 200 Mio. m^3 Wasser in Speichern Platz. Auch zusätzliche Spitzenenergie kann man aus den bestehenden Anlagen mit dem gleichen Wasser herausholen. Förderlich für Investitionen zum heutigen Zeitpunkt sind schliesslich die niedrigen Produktionskosten der KWO, heute unter 45 Fr. / MWh für eine sehr vielfältige Produktepalette.

Die Idee KWO plus: Kleine Schritte statt grosse Sprünge

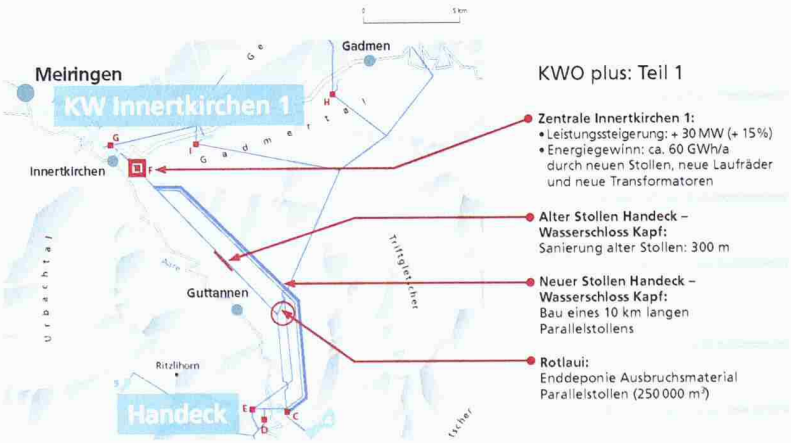
Um ans Ziel des Projektes zu gelangen, nämlich die bestehenden Anlagen der KWO vermehrt auf die Stärken der Wasserkraft auszurichten, werden im Projekt KWO plus kleine Schritte gemacht und nicht grosse Sprünge. Jeder Projektteil ist ein in sich abgeschlossenes und schlüssiges Projekt mit überschaubarem Risiko und Kosten. Kein Schritt bedingt zwingend den nächsten, aber jeder Schritt ist notwendig, um aus den KWO eine technisch moderne, insgesamt aufgewertete Produktionsanlage zu machen, die mehr Winterenergie, mehr Leistung erzeugt und die ihre Produktion beliebig flexibel auf die Erfordernisse des Marktes anpassen kann.

Teil 1: (Bild 2)

Sanieren und aufwerten des Kraftwerks Innertkirchen 1

In den ersten zwei Projektteilen wollen die KWO die Kraftwerke Innertkirchen 1 (erbaut zwischen 1940 und 1942) und Grimsel 1 (erbaut zwischen 1950 und 1952) sanieren und die Anlagen zugleich aufwerten.

Der Druckstollen zwischen Handeck und dem Wasserschloss Kapf durchläuft auf einem Abschnitt von etwa 300 Metern eine geologisch problematische Zone. Seit der Inbetriebnahme vor rund 60 Jahren sind in dieser



2

Sanieren und aufwerten Kraftwerk Innertkirchen 1
Energiegewinn: 50 GWh/a
Leistungsgewinn: 52 MW
Investition: 80 Mio. Fr.

3

Sanieren und aufwerten Kraftwerk Grimsel 1
Energiegewinn: 30 GWh/a
Investition: 30 Mio. Fr.

4

Mehr Winterenergie durch Erhöhung des Stauvolumens des Grimselsees
Energiegewinn: 10 GWh/a
Energieumlagerung vom Sommer in den Winter: ca. 200 GWh
Winteranteil der Energieproduktion: ca. 55 %

5

Mehr Leistung durch das Kraftwerk Grimsel 3 (Umwälzwerk)
Installierte Leistung: 350 MW
Weitere Erhöhung der Energieproduktion im Winter

6

Mehr Leistung durch das Kraftwerk Innertkirchen 3
Installierte Leistung: 700 MW

Zone immer wieder Schäden aufgetreten. Als weiteres Problem weist der Stollen einen zu kleinen Querschnitt auf, was erhebliche Energie- und Leistungsverluste im Kraftwerk Innertkirchen 1 zur Folge hat.
Deshalb wird seit Mai 2002 ein neuer, paralleler Stollen von Handeck nach Kapf gebaut. Durch die Verbindung des bestehenden und des neuen Stollens an den Endpunkten ergibt sich eine starke Vergrösserung des wirksamen Querschnitts. Dies erlaubt einerseits eine definitive Sanierung des bestehenden Stollens auf einfache und kostengünstige Weise, nämlich durch den Einbau einer massiven Betonauskleidung ohne vorherige Erweiterung des Querschnitts. Andererseits kann damit ein grosser Teil der bisherigen Reibungsverluste vermieden und rund 40 GWh/a mehr Energie produziert werden: Zusammen mit neuen Laufrädern und neuen Transformatoren wird eine Mehrproduktion und eine Steigerung der Leistung des Kraftwerks Innertkirchen 1 von rund 15 % erreicht, das sind fast 60 GWh/a mehr Energie und 30 MW mehr Leistung. Dieser Projektteil wird mit allen notwendigen Sanierungen rund 80 Mio. Fr. kosten.

Teil 2: (Bild 3)

Sanieren und aufwerten des Kraftwerks Grimsel 1

Das Wasser des Grimselsees wird über zwei Stränge verarbeitet. Das weitaus grössere Volumen fliesst heute vom Grimselsee über den Gelmersee ins Kraftwerk Handeck 1, ein kleinerer Teil vom Grimselsee über das Kraftwerk Grimsel 1, den Räterichsbodensee und die Kraftwerke Handeck 2 und 3 ebenfalls hinunter zur Handeck. Der Wasserfluss durch den Gelmersee verursacht grosse Energieverluste, denn das Wasser fliesst ungenutzt über eine Fallhöhe von 50 m vom Grimsel- zum Gelmersee. Das Kraftwerk Grimsel 1 dagegen ist heute ein Engpass für den Nachschub des Grimselseewassers in den Räterichsbodensee. Durch den Ausbau der alten Turbine und einer nicht mehr gebrauchten Pumpe (Grimselsee nach Oberaarsee) und dem Einsatz einer neuen, tiefer gelegten Turbine, die 20 m^3/s schluckt, wird ca. 30 GWh/a gewonnen. Kosten dieses Teils: rund 30 Mio. Fr.

Teil 3: (Bild 4)

Mehr Winterenergie durch die Erhöhung der Staumauern des Grimselsees

Mit Speicherkraftwerken will man ein wirtschaftlich erträgliches Maximum an Sommerwasser in den Winter verschieben. Die Produktion der KWO ist heute noch sommerlastig: Rund 60 % der Energie fallen im Sommer an, bei niedrigem Bedarf, einem generellen Überangebot auf dem Strommarkt und deshalb niedrigen Preisen. Um die gesamten natürlichen Zuflüsse des Grimselsees, die vorwiegend im Sommer anfallen, fassen zu können, muss man das heutige Speichervolumen mehr als verdoppeln. Hierzu müssen die zwei Staumauern des Grimselsees, Spittellamm und Seeuferegg, um 27 m erhöht werden. Von diesem Potenzial soll im Projektteil 3 eine Erhöhung von mindestens 23 m genutzt werden, um die Winterproduktion von rund 40 % auf 55 % zu steigern.

Das ausserordentlich günstige Verhältnis von verbautem Beton zu gestautem Wasser von 1:160 bringt es mit sich, dass in der engen Geländekammer des Grimselstausees für rund 74 Mio. m^3 zusätzliches Stauvolumen nur 0,8 km^2 Landschaft überflutet werden. In keinem anderen Tal in der Schweiz kann mit so kleinem Einfluss auf Natur und Landschaft ein so grosses zusätzliches Stauvolumen realisiert werden.
Die Kosten dieser Etappe belaufen sich auf rund 170 Mio. Fr. für die Erhöhung der Staumauern und etwa 20 Mio. Fr. für die Verlegung der Grimselstrasse, die am Südufer des Grimselsees unter das neue Stauziel zu liegen käme. Die Produktionskosten der gesamten KWO erhöhen sich nach dieser Etappe um rund 5 Fr./MWh.

Teil 4: (Bild 5)

Mehr Leistung durch den Bau des Kraftwerks Grimsel 3

In den Teilen 4 und 5 des Projektes KWO plus soll die Leistung der heutigen Anlagen (rund 1000 MW) mit zwei neuen Kraftwerken verdoppelt werden. Das erste neue Kraftwerk wäre Grimsel 3: ein Pumpspeicher-Kraftwerk unter dem Räterichsbodensee. Mit einer Leistung von rund 370 MW bei einem Durchfluss von etwa 80 m^3/s will man mit diesem Kraftwerk das Wasser zwischen Räterichsbodensee und Oberaarsee bewirtschaften. Bei Investitionskosten von rund 300 Mio. Fr. sind die spezifischen Investitionen, weniger als 1000 Fr./kW, sehr günstig, da ein Teil der nötigen Infrastruktur bereits gebaut ist: Der Druckstollen vom Oberaarsee zum Wasserschloss Kessiturm und das Wasserschloss selbst wurden in den 70er-Jahren auf ein geplantes zweites Umwälzwerk unter dem Grimselsee dimensioniert, das aber nie gebaut wurde. Nun kann dieselbe Infrastruktur für das Kraftwerk Grimsel 3 gebraucht werden. Die Bewirtschaftung des Räterichbodensees, der eigentlich mit 25 Mio. m^3 Inhalt und über 100 Mio. m^3 Zufluss zu klein ist, kann mit diesem Kraftwerk markant verbessert werden. Es wäre dann möglich, Wasser aus dem Gadmental bis hinauf zum Oberaarsee zu befördern und damit zusätzliche Laufenergie in Spitzenenergie umzuwandeln.
Die Rentabilität dieses und des nächsten Projektteiles ist abhängig von der Entwicklung des Preisniveaus für Spitzenenergie sowie des Preisunterschiedes zwischen Bandenergie und Spitzenenergie. Bereits heute akzentuiert sich dieser Preisunterschied und rückt eine Anlage wie Grimsel 3 in die Nähe der Wirtschaftlichkeit.

Teil 5: (Bild 6)

Weiterer Leistungsausbau mit dem Kraftwerk Innertkirchen 3

Eine weitere Leistungserhöhung würde im Teil 5 durch den Bau des Kraftwerks Innertkirchen 3, mit einer Leistung von etwa 700 MW, realisiert. Dieses Kraftwerk würde die Fallhöhe zwischen Räterichsbodensee und der Aare in Innertkirchen nutzen. Dieser Projektteil kostet ca. 600 Mio. Fr.

Max Ursin, dipl. Ing. EPFL, Projektleiter KWO plus,
KWO Kraftwerke Oberhasli AG,
3862 Innertkirchen, urh@kwo.ch