

Die Kraftwerksanlage Obervermuntwerk II und deren Flexibilität

Peter Matt

Abstract

The Obervermuntwerk II pumped hydro storage plant and its flexibility

It is significant that the energy transition has led to a huge increase of capacities of PV and Wind-Power. But PV and wind alone cannot guarantee the secure electricity supply. Recent studies from Fraunhofer, BDEW, DENA, CONSENTEC etc. has shown, that the amplitudes of oscillations of the residual load will increase. Further, there will be a trend to more negative values while positive values are decreasing. So energy storage and flexible generation are key elements to cover the secure electricity supply in the future.

Today pumped hydro storage (PHS) and storage plants are the most efficient and reliable way to meet the challenge of flexibility and large scale storage with a low carbon footprint. The target is to integrate the new huge increasing renewables wind and PV by controlling the surplus energy or satisfying the demand immediately. We cannot change the physical basic conditions – electrical energy has to be produced just in time of usage. Therefore we need new ideas based on long term experiences of hydropower.

PHS Kops II was commissioned in 2008; since this time every unit has been operating for more than 8,000 hours a year. Now PHS Obervermuntwerk II is under construction and will be commissioned in 2018. With a capacity of 2 x 180 MW turbine mode and 2 x 180 MW pump mode and a gross head of about 300 m. The technical challenge is the 100 % flexibility from – 180 MW to + 180 MW by using the hydraulic short circuit. The two units are designed as ternary machine sets with Francis turbine without part load limits, generator and pump.

Neue Randbedingungen für Speicher- und Pumpspeicherwerke

Die Energiewende hat begonnen und ist nicht mehr umkehrbar. Besondere Zeichen hierfür sind der massive Ausbau der erneuerbaren Energieträger wie Wind und Photovoltaik (PV). Mittlerweile sind in Deutschland über 80.000 MW an Wind und PV installiert – dies entspricht etwa der maximalen Engpassleistung in Deutschland, die mittlere Last liegt bei rd. 60.000 MW. Die Entscheidung der deutschen Bundesregierung aus der Atomkraft auszusteigen und die europäischen Klimaziele zu erreichen bedeutet gleichzeitig unabhängig von Kohle, Gas und Öl zu werden. Die zukünftige Stromversorgung wird durch Windenergie und Photovoltaik entscheidend geprägt werden. Zeiten mit großem und Zeiten mit geringem Stromangebot aus erneuerbaren Energieträgern werden sich abwechseln. Der Strommarkt bzw. das Stromsystem wird diese Fluktuation künftig schnell und flexibel ausgleichen müssen.

Um diese Herausforderung zu meistern, sind viele innovative Ideen für die Energie-zukunft erforderlich. Unter diesen Randbedingungen wird ein Hauptaugenmerk auf die künftige sichere Stromversorgung zu legen sein. Namhafte Institute haben sich mit Studien zu diesem Thema beschäftigt (Fraunhofer, BDEW, DENA, CONSENTEC etc.) und kommen alle zu einem gemeinsamen Ergebnis: Künftig wird eine hohe Flexibilität auf der Angebots- aber auch auf der Nachfrageseite gefordert werden.

Wie aus Bild 1 ersichtlich ergibt es eine Tendenz für die Residuallast bis 2050:

- Positive Werte der Residuallast werden geringer werden.
- Die Residuallast wird mehr zu negativen Werten tendieren.
- Die Amplitude zwischen den maximalen und minimalen Werten wird vergrößert, welches auf eine steigende Flexibilität hinweist.

Heute stellen sich die maximalen Amplituden der Residuallast zwischen –1 GW und +1 GW innerhalb von 15 min dar. Der

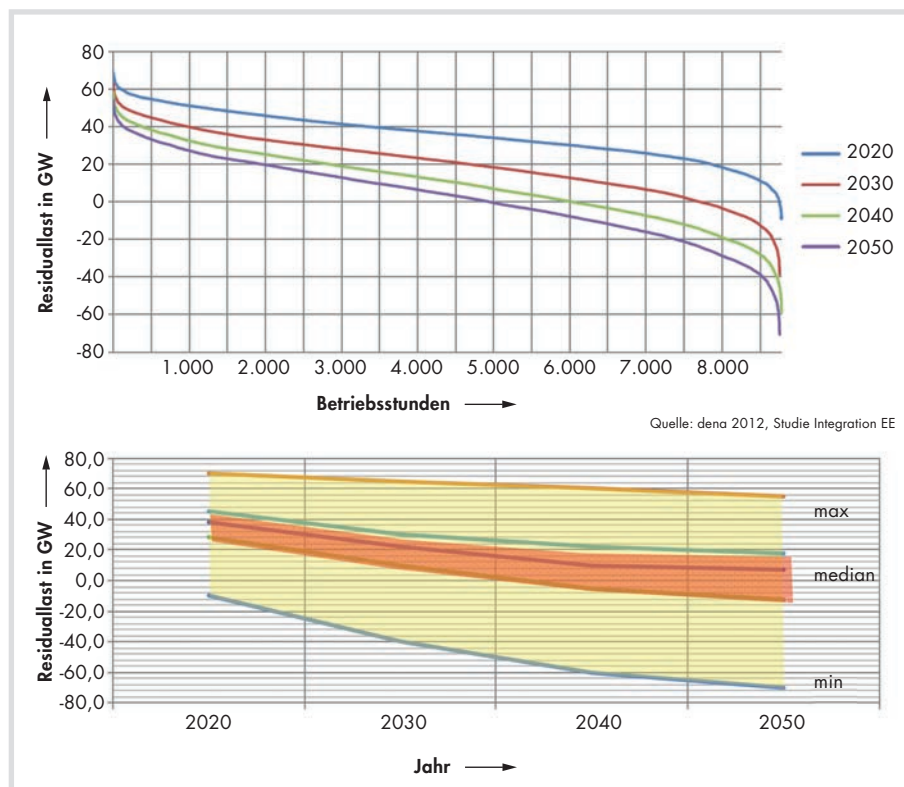


Bild 1. Entwicklung der Residuallast bis 2050 [1].

Autor

Dipl. Ing. Peter Matt
Vorarlberger Illwerke AG
Leiter Engineering Services
Vandans, Österreich

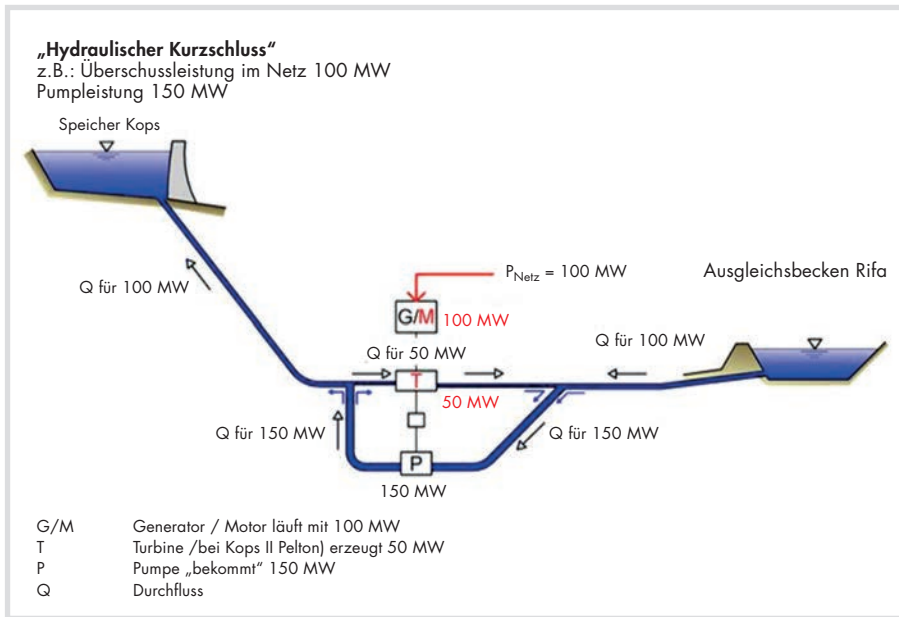


Bild 2. Hydraulischer Kurzschluss.

deutsche Regulator prognostiziert jedoch Lastrampen innerhalb von 15 min, von -2 GW bis +3 GW bis 2030 und sogar -6 GW bis +7 GW in 2050.

Ein Hinweis zu solchen Lastrampen gab die Sonnenfinsternis vom März 2015 bzw. war der Stress-Test unseres Stromversorgungssystems für die Zukunft. Die hierbei entstandenen Rampen von -280 MW/min bis zu +370 MW/min konnten durch massive Erhöhung der Ausschreibung von Regelleistung – Primär und Sekundär – für diesen Tag abgedeckt werden. Zusätzlich wurden alle Betreiber von großen Wasserkraft-Speicheranlagen gefordert, die Maschinen am Netz und das Personal auf Abruf zu halten. Für 2050 wird vorausgesagt, dass Rampen bis zu $\pm 700 \text{ MW/min}$ abgedeckt werden müssen [2, 3].

Eine dieser innovativen Ideen erfüllen unsere Speicher und Pumpspeicheranlagen

im Alpenraum. Diese sind derzeit die effizienteste und auch leistbare Möglichkeit die geforderte Flexibilität mit zugleich massiven Speichermöglichkeiten von bis zu 20 TWh im Alpenraum bzw. bis zu 180 TWh in Europa zu erbringen [4].

Flexibilität und Speicherung waren immer schon die Schlüsselfähigkeiten der Speicherkraftwerke im Alpenraum; denn nur mit großen Speichermöglichkeiten kann entsprechend lang Flexibilität in der Stromerzeugung geboten werden. Zusätzlich ist natürlich auch die Technologie der Maschinensätze im Kraftwerk relevant für die Güte der Flexibilität.

Neue Kraftwerke der Vorarlberger Illwerke AG

Der Einsatz der bestehenden Kraftwerksgruppe Obere Ill-Lünersee der Vorarlberger

Illwerke AG ist heute durch die Einspeisung von Windkraft und Photovoltaik geprägt. Der steigende Anteil dieser direkt vom Dargebot abhängigen Erzeugung erfordert zusätzliche Flexibilität zum Ausgleich von Prognosefehlern und Leistungsgradienten sowie zusätzliche Speicherkapazität im Stromversorgungssystem. Gleichzeitig setzt der Ausbau von Windkraft und Photovoltaik die Preise am Fahrplanenergiemarkt unter Druck, stellt die Rentabilität gesichert verfügbarer Erzeugungskapazitäten infrage und hat zu einer kontroversen Diskussion über das aktuelle Marktdesign geführt.

Zu Beginn der Energiewende planten die Vorarlberger Illwerke ein Parallelwerk mit Pumpspeichermöglichkeit – das Kopswerk II – zum bestehenden Speicherkraftwerk Kops I. Mit einem Blick auf einen möglichen künftigen Energiemarkt wurde der Fokus des Designs auf eine maximale Flexibilität ausgelegt um alle möglichen Nachfragen von Lastschwankungen Rechnung tragen zu können [5]. Kops II, mit 3 ternären Maschinensätzen – Pumpe mit hydraulischem Wandler, Generator, Pelton Turbine – ist 2008 in Betrieb gegangen; seit dieser Zeit war jeder Maschinensatz über 8.000 Stunden/Jahr in Betrieb. Bild 2 und 3 zeigen die technischen Details.

Das Detail der Maschinensätze wurde so ausgelegt, dass ein vollkommener hydraulischer Kurzschluss möglich ist. Damit ist gewährleistet, dass der gesamte Lastbereich stufenlos zwischen maximalem Pumpbetrieb (-150 MW) und maximalem Turbinenbetrieb (+170 MW) gefahren werden kann. Innerhalb von rd. 30 Sekunden ist ein Wechsel vom reinen Turbinenbetrieb in den Pump- bzw. Regelpumpenbetrieb und umgekehrt möglich.

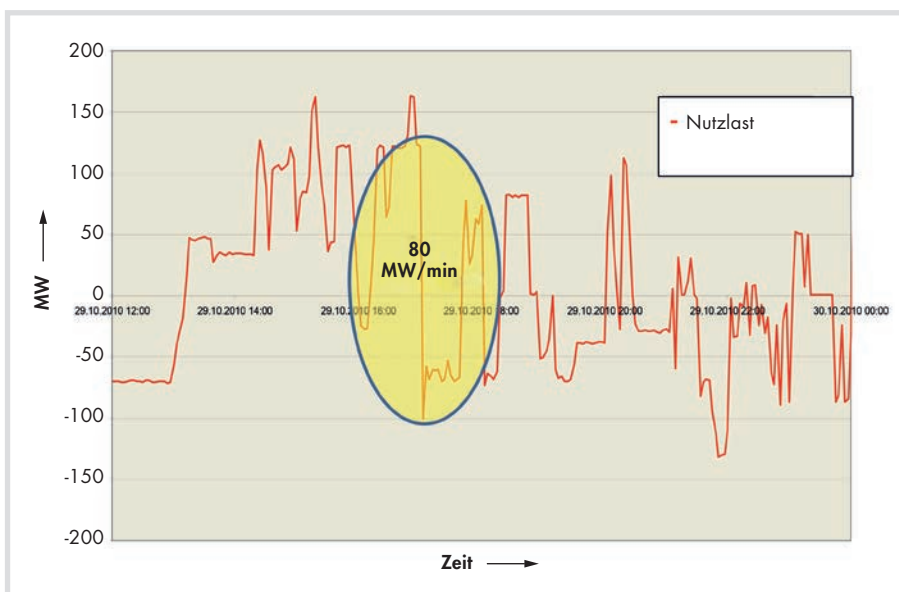


Bild 3. Tagesdiagramm einer Maschine.



Bild 4. Kopswerk II.

Tab. 1. Vergleich Kopswerk II und Obervermuntwerk II.

Technische Daten	KOPS II	OBERVERMUNT II
Langzeitspeicher	75 GWh	30 GWh
Kurzzeitspeicher	3 GWh	4 GWh
Kapazität Turbinenbetrieb	520 MW 3 Maschinensätze à 173 MW	360 MW 2 Maschinensätze à 180 MW
Kapazität Pumpbetrieb	450 MW 3 Maschinensätze à 150 MW	360 MW 2 Maschinensätze à 180 MW
Volllaststunden im Pumpenbetrieb	6 Stunden	11 Stunden

Mit solchen Konstruktionsdesigns für Flexibilität und den Randbedingungen der vorhandenen Infrastruktur (große Speicherseen, hoher Niederschlag und dadurch großer natürlicher Zufluss, große Fallhöhen, sicherer Anschluss an das Höchstspannungsnetz), sind die Speicher und Pumpspeicherwerke im Alpenraum das Rückgrat der Energiewende. Zusätzlich zur nachhaltigen Primärstromerzeugung aus Wasserkraft können die Wasserkraftanlagen (vgl. Bild 4 und Bild 5) aus heutiger Sicht alle Systemanforderungen mit höchster Effizienz wie z.B. Trägheitsreserve, Primärregelung, Sekundärregelung, Minutenreserve, Blindleistungsregelung, Schwarzstartfähigkeit etc. erfüllen.

Tabelle 1 gibt einen Vergleich der Technische Daten von Kopswerk II und Obervermuntwerk II.

Erfahrungen mit Kops II zeigen, dass jeder Maschinensatz über 8.000 Stunden/Jahr im Einsatz ist mit rd. 10 bis 20 Umschaltungen pro Tag. Die hohe Anzahl dieser transienten Vorgänge haben selbstverständlich großen Einfluss auf die Lebensdauer der einzelnen Komponenten insbesondere welche der Kavitation ausgesetzt sind. Das Design und die Materialwahl sind daher diesen Randbedingungen anzupassen.

Zusätzlich sind die gesetzlichen Randbedingungen wie die EU Wasserrahmenrichtlinie und die Richtlinien für die Umweltverträglichkeitsprüfung für neue Kraftwerke zu beachten. So ist es z.B. schwierig, für eine zusätzliche Wasserfassung im Hochgebirge eine Genehmigung zu erhalten; jedoch die zusätzliche Nutzung von existierenden Infrastrukturen wie z.B. Hochgebirgsspeicher mit Wasserfassungen sind genehmigungsfähig.

Das Obervermuntwerk II

Im Gegensatz zu diesem sich rasch ändernden energiewirtschaftlichen Umfeld stellt die Investition in ein Pumpspeicherkraftwerk wie das Obervermuntwerk II durch ihre hohen Investitionskosten und langen Abschreibungsdauern eine sehr langfristige Entscheidung dar. Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit müssen Zeiträume betrachtet werden, für die weder das Marktdesign noch die dort zu erzielenden Preise bekannt sind. Pumpspeicherkraftwerke sind jedoch durch ihre schnelle Regelbarkeit und ihre Speicherfähigkeit besonders

zur Integration von Windkraft und Photovoltaik geeignet. Der Entscheidung für das Obervermuntwerk II liegt somit einerseits die Überzeugung von den fundamentalen Notwendigkeiten zugrunde, andererseits möchten die Illwerke damit einen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten. In zahlreichen Szenariorechnungen konnten die Dimensionierung und das Design des Kraftwerkes optimiert werden.

Das Obervermuntwerk II entsteht im Vorarlberger Silvrettagebiet, energie-wirtschaftlich eingebettet in die Werksgruppe Obere Ill-Lünersee, zwischen den

Speicherbecken Silvretta und Vermunt (Bild 6). Der Betrieb des neuen Obervermuntwerkes II verlagert sich größtenteils unter die Erde – die Anlage wird als Kavernenkraftwerk gebaut.

Im Bereich der Silvretta wird derzeit der Speicher Silvretta mit 38 Mio. m³ Inhalt, einem jährlichen Zufluss von rd. 80 Mio. m³ und einer Fallhöhe zum Speicher Vermunt von 300 m lediglich durch das bestehende Obervermuntwerk I mit 29 MW genutzt. Die Vorarlberg Illwerke haben daher unter Berücksichtigung aller Randbedingungen die Planung und Realisierung des Pumpspeicherwerkes Obervermunt II beschlossen um folgende Ziele zu erreichen:

- Als schnell regelbare Anlage soll das Obervermuntwerk II einen wichtigen Beitrag zur Ausregelung des europäischen Stromnetzes leisten, um die Integration von Wind und PV zu ermöglichen; (hohe Laständerungsgeschwindigkeiten, keine Mindestlast).
- Optionale Effizienz für die Stromspeicherung beim Speicher Silvretta und Vermunt.

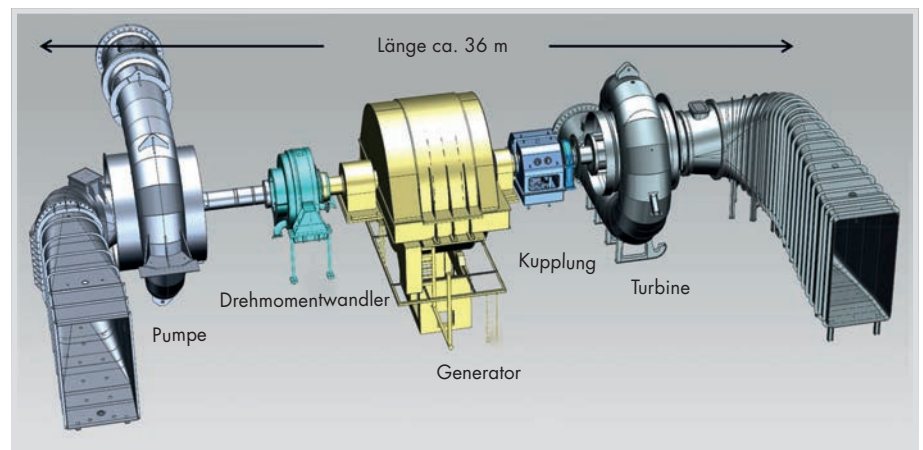


Bild 5. Obervermuntwerk II.

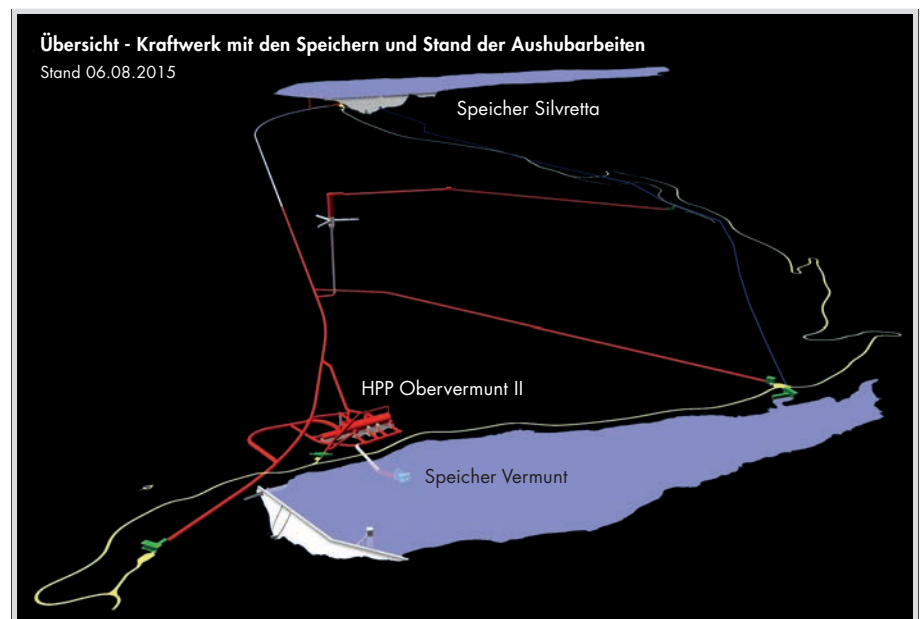


Bild 6. Übersicht.

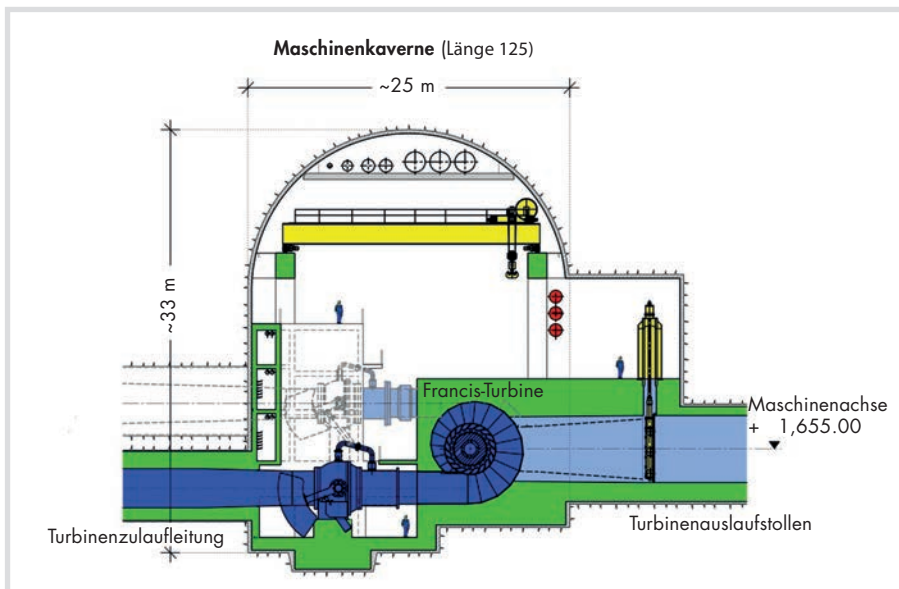


Bild 7. Maschinenkaverne.

- Höchstmaß an Flexibilität in der Nutzung der beiden Speicher; auch im Hinblick auf den Rückgang der Gletscher.
- Für das Obervermuntwerk I steht die Erneuerung der bestehenden oberirdischen Druckrohrleitung bis 2020 an. Es ist vorgesehen, diese Druckrohrleitung durch einen Stollen zu ersetzen.
- Eine Backup-Lösung für das intensiv in Betrieb befindliche Kopswerk II ist angestrebt.

Besondere Ansprüche sind daher an das Design der Kraftwerksanlage gerichtet:

- UmdievolleArbeitsbreitezwischen–100% und +100 % der Maschinenleistung nutzen zu können (–180 MW bis +180 MW) müssen bei einer Fallhöhe von ca. 300 m Francisturbinen ohne Teillastlimits zum Einsatz kommen. Hierbei beschreiten die Ingenieure neue Wege dadurch, dass für den Betrieb in einem tiefen Lastbereich auf eine Teillaststabilisierung der Turbinen durch Lufteinblasung verzichtet werden kann (z.B. im Pumpspeicherwerk Rodund II wird bei der Pumpturbine im niedrigen Lastbereich Luft eingeblasen, um Schwingungen zu reduzieren.). Modellversuche und wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass dies bei den vorliegenden Maschinen durch eine spezielle Auslegung der Turbine samt Lagerung sowie durch den tiefen Einbau möglich ist.
- Umschaltung zwischen Turbinenbetrieb und Pumpbetrieb bzw. Regelpumpbetrieb muss innerhalb weniger Sekunden erfolgen.
- Die Maschinengröße entspricht etwa den Maschinen vom Kopswerk II.
- Anbindung des bestehend Obervermuntwerkes I an das Stollensystem ist erforderlich.
- Während der Errichtungsphase müssen die bestehenden Anlagen Obervermuntwerk I und Vermunt in Betrieb bleiben.

Technische Details

Oberwasserführung:

- Einlaufbauwerk im Silvrettasee
- Einlaufstollen: Länge 170 m, Innendurchmesser 6,80 m
- Schützenschacht mit zwei hintereinanderliegenden Rollschützen als notschlusstaugliche Betriebs- bzw. Revisionsorgane
- Druckstollen Obervermuntwerk II: Länge rd. 2.800 m, Innendurchmesser 6,80 m
- Wasserschloss mit vertikalem Verbindungs- und Steigschacht
- Druckschacht: Länge 110 m, Innendurchmesser 4,50 m Verteilrohrleitung:

Innendurchmesser Hauptstrang 3,80 m, Innendurchmesser Turbinenzulaufleitung 2,70 m

Maschinenkaverne

Das Kavernenkrafthaus (Bild 7,8,9) mit einer Länge von rund 125 m bildet das Herzstück der Anlage. Darin befinden sich die zwei ternären Maschinensätze mit einer Leistung von jeweils 180 MW, sowohl im Turbinen- als auch im Pumpbetrieb.

In der Maschinenkaverne sind neben den Maschinensätzen auch die dazu gehörigen Regel- und Steuereinrichtungen sowie andere Nebenanlagen untergebracht. Die Form der Maschinenkaverne wird maßgeblich durch die mit horizontaler Achse angeordneten Maschinensätze und die geologischen Verhältnisse bestimmt. Im Gegensatz dazu ist die Höhenlage der Maschinenkaverne überwiegend von der notwendigen Einbautiefe der Pumpen bestimmt.

Um den erforderlichen Vordruck für den Zulauf zu den Pumpen zu erreichen, müssen diese entsprechend tief unter dem Absenksziel des Speichers Vermunt angeordnet werden. Die Lage wird neben den hydraulischen Faktoren, wie z.B. der Länge der Unterwasserführung, hauptsächlich von der Gebirgsbeschaffenheit und den felsmechanischen Notwendigkeiten bestimmt.

Unterwasserführung:

- Unterwasserschützen im Bereich der Krafthauskaverne
- Unterwasserstollen: Länge rd. 380 m, Innendurchmesser 6,40 m
- Auslaufbauwerk im Vermuntsee

Umwelt-Maßnahmen

Für die Öffentlichkeit rücken beim Bau eines solches Kraftwerkes hauptsächlich die

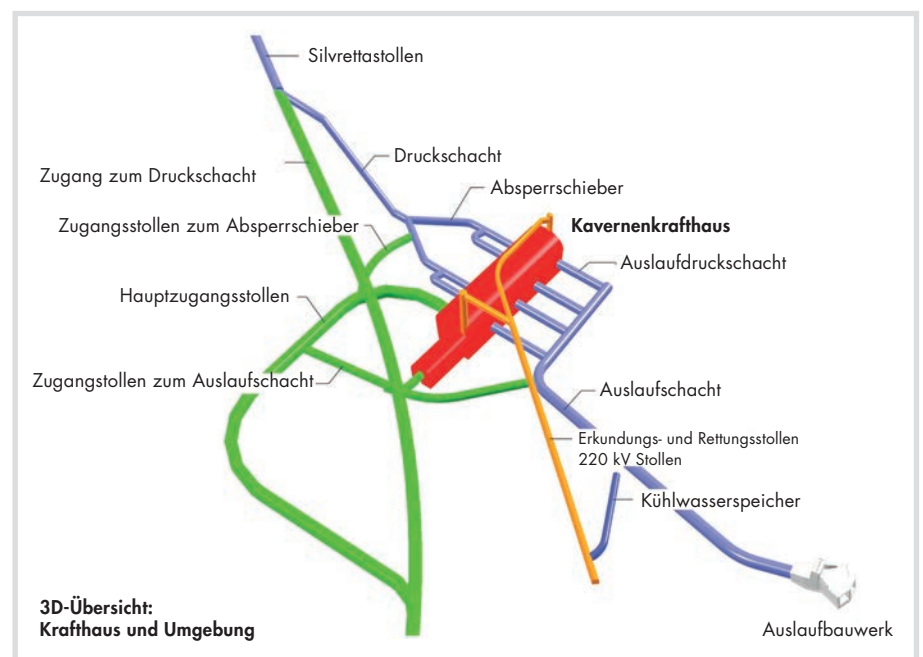


Bild 8. Maschinenkaverne und Umgebung.



Bild 9. Kaverne.

Umweltaspekte in den Vordergrund. Die Auswirkungen auf Mensch und Natur sollen so gering wie möglich sein. Aus diesem Grund haben die Illwerke einen Katalog mit

hundertenden Maßnahmen erarbeitet, durch die mögliche Belastungen weitgehend vermieden oder ausgeglichen werden.

Seit dem Jahr 2000 ist die europäische Wasserrahmenrichtlinie in Kraft. Die Umsetzung der Zielvorgaben läuft in Österreich überaus ambitioniert. Aufgrund des bestehenden Nachhaltigkeitsverständnisses wurde vonseiten der Vorarlberger Illwerke AG bereits wertvolle Vorarbeiten geleistet. Das Projekt Obervermuntwerk II ist bezüglich der Wasserrahmenrichtlinie ein vorbildhaftes Projekt, weil durch den Bau des neuen Pumpspeicherkraftwerks keine neuen Wasserressourcen angegriffen werden. Es wird lediglich ein bereits bestehendes Kraftwerkssystem optimiert. Somit ist die Ill auch in Bezug auf Schwall und Sunk nicht betroffen.

Überhaupt haben die Vorarlberger Illwerke bereits im Vorhinein auf einen offenen Dialog in Sachen Umweltverträglichkeit gesetzt. Schon vor dem Umweltverträglichkeitsverfahren wurde das Projekt einer freiwilligen Vorprüfung unterzogen, um alle Maßnahmen möglichst im Einklang mit Mensch und Natur umsetzen zu können. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: Für die Zeit während der Bauphase und auch nach der Inbetriebnahme wurde ein ganzer Katalog von Maßnahmen ausgearbeitet, die der Umweltverträglichkeit dienen sollen.



Trusted for experience. Preferred for performance.



Loibl ASH liefert langlebige, hochwertige Transportlösungen für Schüttgüter aller Art.

Fachkundige und kompetente Unterstützung bei Instandhaltung & Revisionen, Umbau- und Montagearbeiten, sowie Ersatzteilbeschaffung finden Sie bei uns.

Loibl Allen Sherman Hoff GmbH
 Arberstraße 40 | D-94315 Straubing
 Tel. +49 9421 9256-0

www.loibl.biz



Die zentralen Bautätigkeiten für das Obervermuntwerk II finden unter Tage statt. Damit werden der Flächenverbrauch sowie langfristige Bodenversiegelungen – und somit auch die Wirkungsintensität, bereits im Zuge der Projektplanung minimiert.

Hunderte von Maßnahmen betreffen beinahe alle Fachbereiche der Umwelt: Von der terrestrischen Ökologie über die Wald- und Forstwirtschaft bis zur Gewässerökologie und Fischereiwirtschaft. Zu den wichtigsten Minderungsmaßnahmen während der nächsten Monate zählt unter anderem der Verzicht auf Rodungen während der Brutzeit bestimmter Vogelarten. Aus diesem Grund beginnen beispielsweise die Arbeiten an der Trasse für die Materialeilbahn von Partenen bis Vermunt erst Mitte Juli.

Bei den zahlreichen Ausgleichsmaßnahmen kann immer wieder auf die guten Erfahrungen beim Bau des Kopswerks II zurückgegriffen werden. Hier hat sich beispielsweise das Wild erstaunlich schnell an die durch die Baustelle veränderte Situation gewöhnt. Füchse, Gamsen und sogar Rotwild waren ständige Begleiter in baustellennahen Gebieten. Beim Obervermuntwerk II sind Ersatzaufforstungen mit wildökologisch bedeutsamen Gehölzen geplant, eine naturnahe Gestaltung der Deponien unter Berücksichtigung wildökologischer Kriterien, oder das Anbringen von Wildwarnreflektoren im Baustellenbereich. Selbst die Beleuchtung der Bergstation der Vermuntbahn wird an tierökologische Erfordernisse angepasst. Für Beleuchtungsanlagen während der Bauausführung werden ausschließlich insektenfreundliche Leuchtmittel mit vorwiegend langwelligem Licht verwendet.

Nach dem Abschluss der Bauarbeiten wird es keine nennenswerten negativen Veränderungen gegenüber dem Jetztzustand geben. Nach Empfehlung der Wildbiologen wird die Birkwildbejagung im gesamten Vermunttal während der Bauphase ausgesetzt – so soll dem Birkwild eine Ruhephase und Zeit zum Durchatmen gegeben werden.

Apropos Durchatmen: Auch für die Luftqualität wird Einiges getan: So werden nicht nur Leerfahrten vermieden oder zahlreiche Betontransporte durch die Herstellung des Betons vor Ort aus dem Ausbruchsmaterial – alle größeren Baugeräte erhalten Partikelfilter. Durch regelmäßige Reinigung der Straßen wird die Belastung durch Staub und Dreck so gering als möglich gehalten.

Durch den Bau beanspruchte Flächen werden umgehend rekultiviert. Durch den Abbau der oberflächlichen Druckrohrleitung ergibt sich sowohl optisch als auch ökologisch sogar eine Verbesserung.

Hohe Wertschöpfung für die Region

Für die Wirtschaft ist das Investitionspaket mit einem Volumen von 600 Millionen Euro ein wichtiger Impuls, der vor allem in der Region Montafon Arbeitsplätze sichert.

Das zeigen auch die Erfahrungen aus dem Bau des größten Kraftwerks der Illwerke, Kopswerk II: Damals waren rund 100 Beschäftigte direkt bei den Illwerken, 200 bis 300 Mitarbeiter permanent auf den Baustellen und mehrere hundert weitere Mitarbeiter in Zulieferbetrieben, bei Frächtern, Transportunternehmen, in Tourismuseinrichtungen etc. beschäftigt.

Von den bisher vergebenen Aufträgen in Höhe von rd. 300 Mio. verblieben rd. 25 % bei regionalen Unternehmen – somit verbleibt ein großer Anteil der Investitionen in der Region Montafon bzw. Vorarlberg.

Der Baubeginn für das Obervermuntwerk II erfolgte im Mai 2014. Die Inbetriebnahme ist bis Ende 2018 vorgesehen. Mit dem Anschluss des bestehenden Obervermuntwerkes I an die neue Stollenanlage sowie dem Abbruch der oberirdischen Druckrohrleitung werden sämtliche Bauarbeiten bis 2020 abgeschlossen sein.

Resümee

Das physikalische Grundprinzip „Strom muss genau dann zur Verfügung stehen, wenn er gebraucht wird“ ist unumstößlich.

Nur dann ist eine sichere Stromversorgung garantiert.

Die Energiewende hat begonnen und ist nicht umkehrbar. Der Einsatz der alpinen Speicher- und Pumpspeicherwerke ist heute durch die Einspeisung von Windkraft und Photovoltaik geprägt. Der steigende Anteil dieser direkt vom Dargebot abhängigen Erzeugung erfordert zusätzliche Flexibilität zum Ausgleich von Prognosefehlern und Leistungsgradienten sowie zusätzliche Speicherkapazität im Stromversorgungssystem.

Die Technologie der Speicher- und Pumpspeicherwerke hat bewiesen, dass sie eine wichtige Basis für die künftigen Herausforderungen der sicheren Stromversorgung darstellen – sie ist regenerativ, effizient, sicher, verfügbar, leistungsfähig und somit nachhaltig. Das Beispiel Obervermuntwerk II und Kopswerk II zeigt, dass neue Kraftwerksanlagen, die u.a. bestehende Infrastrukturen mitnutzen und die Effizienz bestehender Anlagen optimieren, auch umweltmäßig genehmigungsfähig sind. Die alpine Wasserkraft ist daher ein wichtiger Baustein für eine Energiezukunft.

Die alpine Wasserkraft ist daher ein wichtiger Baustein für die Energiezukunft in Europa und stellt damit das Rückgrat für den forcierten Ausbau der erneuerbaren Energieträger wie Wind und Photovoltaik dar.

Literatur

- [1] DENA – deutsche Energie Agentur, *Endbericht Integration EE*, 15.08.2012.
- [2] entso e – Solar Eclipse 2015, *Impact Analysis*, 19. Feb. 2015.
- [3] HTW – Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, *Einfluss der Sonnenfinsternis im März 2015 auf die Solarstromerzeugung in Deutschland*, Okt. 2014.
- [4] Eurelectric, *Hydropower; supporting a power system in transition*, June 2015.
- [5] Vorarlberger Illwerke AG, *Kopswerk II*.
- [6] Vorarlberger Illwerke AG, *Obervermuntwerk II*.
- [7] Eurelectric, *Fact Sheets, Hydropower for a Sustainable Europe*, Febr. 2013.



JOBS IM INTERNET | WWW.VGB.ORG

VGB | P O W E R T E C H

International Journal for Electricity and Heat Generation



Please copy >>> fill in and return by mail or fax

Yes, I would like order a subscription of VGB PowerTech.

The current price is Euro 275.- plus postage and VAT.

Unless terminated with a notice period of one month to the end of the year, this subscription will be extended for a further year in each case.

Name, First Name

Street

Postal Code City Country

Phone/Fax

Date 1st Signature

Cancellation: This order may be cancelled within 14 days. A notice must be sent to VGB PowerTech Service GmbH within this period. The deadline will be observed by due mailing. I agree to the terms with my 2nd signature.

Date 2nd Signature

Return by fax to

VGB PowerTech Service GmbH
Fax No. +49 201 8128-302

or access our on-line shop at www.vgb.org | MEDIA | SHOP.

VGB | P O W E R T E C H

**VGB PowerTech DVD 1990 bis 2014:
25 Jahrgänge geballtes Wissen rund um
die Strom- und Wärmeerzeugung
Mehr als 25.000 Seiten
Daten, Fakten und Kompetenz**

Bestellen Sie unter www.vgb.org > shop



**Jetzt auch als
Jahres-CD 2014
mit allen Ausgaben
der VGB PowerTech
des Jahres: nur 98,- €**

© Sergey Nivens - Fotolia



PowerTech-CD/DVD!

Kontakt: Gregaro Scharpey
Tel: +49 201 8128-200
mark@vgb.org | www.vgb.org

**Ausgabe 2014: Mehr als 1.100 Seiten Daten, Fakten und Kompetenz
aus der internationalen Fachzeitschrift VGB PowerTech**

(einschließlich Recherchefunktion über alle Dokumente)

Bruttopreis 98,- Euro incl. 19 % MWSt. + 5,90 Euro Versand (Deutschland) / 19,90 Euro (Europa)