

## Einsatzbericht

# Kraftwerk Kops II – Riesige Kaverne mit minimalem Aufwand betoniert

**Putzmeister**

Durch den Bau des Pumpspeicher-Kraftwerks Kops II mit einer Turbinenleistung von 450 MW erweitern die Vorarlberger Illwerke AG ihre Kapazitäten für den europäischen Strommarkt erheblich. Während des Ausbaus des Kavernenhohlraums erfolgen die umfangreichen Betonarbeiten in der riesigen Maschinenkaverne lediglich mit einer stationären BSA-Betonpumpe und nur einem stationären Betonverteilmast, der abwechselnd auf zwei Rohrsäulen betrieben wird. Gearbeitet wird im 3-Schicht-Betrieb, rund um die Uhr. Die Baukosten für das Kavernenkrafthaus und die Unterwasserführung werden auf ca. 30 Mio. € veranschlagt. Die Arbeiten für das Kopswerk II begannen im September 2004, die Inbetriebnahme ist für 2008 geplant.

Das neue Pumpspeicher-Kraftwerk befindet sich in der Nähe des Kopswerks I im Montafon und nutzt wie dieses ebenfalls das Wasser aus dem Kopssee. Das Projekt umfasst die Baulose 1 und 2 (Druckstollen, Wasserschloss und Druckschacht) sowie das Baulos 3 mit Maschinenkaverne und Trafohalle samt Nebenanlagen sowie der Unterwasserführung. Die Arbeiten am Baulos 3 werden von einer ARGE aus Beton- und Monierbau Gesellschaft m.b.H (Innsbruck), Alpine Mayreder Bau GmbH (Salzburg/Wals), Ed. Züblin AG Zweigniederlassung Tunnelbau (Stuttgart) unter Federführung der Jäger Bau GmbH (Schruns), durchgeführt.



Die Vorarlberger Illwerke wurden 1924 als GmbH gegründet und sind seit 1927 eine Aktiengesellschaft. Der österreichische Energieversorger wird nach Fer-

tigstellung des Kopswerks II u.a. zehn Kraftwerke und vier hoch gelegene Stauseen (darunter der Silvrettastausee) betreiben, die durch ein über 100 km langes Stollensystem untereinander verbunden sind. Seit Beginn (1925) wird das Netz zur Stromerzeugung durch Wasserkraft konsequent ausgebaut. Heute spielen die Illwerke eine wichtige Rolle im europäischen Stromverbund, indem sie an ihre Vertragspartner Energie

Baden-Württemberg (EnBW), Vorarlberger Kraftwerke AG (VKW) und Tiroler Wasserkraft AG (TIWAG) Spitzenstrom und Regenergie liefern. Die gesamte installierte Turbinenleistung beträgt zur Zeit 1.248 MW, nach Inbetriebnahme von Kops II werden es 1.700 MW sein. Die Aufnahmeleistung im Pumpbetrieb erhöht sich dann von 533 MW auf 983 MW.



Verlauf des Druckwasserstollens am Pumpspeicher-Kraftwerk Kops II (Abb.: Vorarlberger Illwerke)

### Warum Kops II ?

Nach Fertigstellung wird das Kraftwerk Kops II das größte Pumpspeicherwerk der Vorarlberger Illwerke AG sein. Dank moderner Technik erreichen die Maschinen im Kavernenkrafthaus einen besonders hohen Wirkungsgrad. Damit hat Kops II beste Voraussetzungen zur Stromnetzregelung, und zwar für den Regelbetrieb wie auch in Bedarfsspitzenzeiten. Die drei Maschinen des Kraftwerks mit jeweils 150 MW Leistung dienen jedoch nicht nur der Elektrizitätsgewinnung, sondern pumpen das Wasser aus dem Unterbecken mit Überschussstrom aus dem Netz auch zurück in die mehrere Hundert Meter höher gelegenen Speicherseen.

Bei der Stromversorgung unterscheidet man zwischen Grund-, Mittel- und Spitzenlast, die – abhängig von der Tageszeit und dem Wochentag – von Industrie und Privathaushalten benötigt werden. Für die Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen bedeutet dies, kurzfristig wechselnde Kapazitäten bereitstellen zu müssen. Während Fluss- und Wärmekraftwerke aufgrund ihrer kontinuierlichen Arbeitsweise für die Grund- und Mittellast-Versorgung geeignet sind, werden Pumpspeicher-Kraftwerke vor allem zur Stromversorgung bei Bedarfsspitzen eingesetzt. Dabei fließt Wasser aus einem Obersee durch Druckleitungen in tiefer liegende, mit Generatoren gekoppelte Kraftwerksturbinen, von wo aus es in einen Unterspeicher eingeleitet wird. Während der verbrauchs-schwachen Nachtstunden steht in der Regel mehr Strom zur Verfügung, als gebraucht wird. Mit diesem Überschussstrom wird das Wasser vom Unterspeicher wieder nach oben gepumpt, so dass kein Wasser verloren geht. In Kops II beträgt der Höhenunterschied rund 800 m.

### Die Putzmeister Gruppe

Betontechnik PCT · Mörteltechnik PMT  
Rohrtechnik PPT · Wassertechnik PWT  
Industrietechnik PIT · Belt-Technik PBT  
Untergrundtechnik PUC

Technische Änderungen vorbehalten  
© by Putzmeister Concrete Pumps GmbH 2009  
Alle Rechte vorbehalten  
Printed in Germany (10902)

Putzmeister Concrete Pumps GmbH  
Max-Eyth-Str. 10 · 72631 Aichtal/Deutschland  
Postfach 2152 · 72629 Aichtal/Deutschland  
Tel. +49 (7127) 599-0 · Fax +49 (7127) 599-520  
E-Mail: pmw@pmw.de · www.putzmeister.com

**Putzmeister**

## 60 m hohe Maschinenhalle aus dem Fels gebrochen

Die Maschinenkaverne gilt als wesentliches Bauwerk von Kopswerk II. Sie liegt ca. 150 m tief im Berg und ist über einen Zugangstollen von der Silvrettastrasse zwischen Gaschurn und Partenen aus zu erreichen. Ihre Abmessungen sind mit 88 m Länge, 60,5 m Höhe und 30,5 m Breite äußerst beeindruckend. Im Januar 2006 begann der Ausbruch des riesigen Hohlraums im Sprengvortrieb, und zwar in einer Kalotten- und zehn Strossenebenen. Dabei wurde die Kalotte mit zwei Ulmenstollen und einem nachgezogenen Kern aufgeföhren. Vier Lagen Baustahlgitter und pro Armierung ein ca. 10 cm starker Auftrag aus Nassspritzbeton dienten zur Ausbruchsicherung. Die dauerhafte Sicherung des riesigen Hohlraums übernehmen zusätzlich zahlreiche, bis zu 32 m lange Vorspannlitzenanker. In der Maschinenkaverne münden u.a. die drei gepanzerten Turbinenzulaufstollen der Hochdruck-Verteilrohrleitung, durch die das Triebwasser über den Druckstollen und den Druckschacht aus 800 m Fallhöhe auf die Laufradschaufeln der Turbinen schießt.

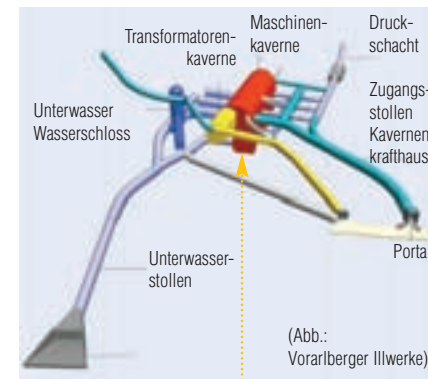
## Stationärmast kann Position wechseln

Der Ausbau der sechs Tiefgeschosse sowie der Montageebene erfolgt mit Ortbeton, insgesamt werden über 39.000 m<sup>3</sup> Beton in der Maschinenkaverne verbaut. Bereits die Sohle der gewaltigen Felsenhalle und einzelne Decken sind bis zu 4 m mächtig – die bis zu 8 m hohen Wände werden in Stärken von 0,2 bis 4,0 m ausgeführt. Aufgrund der Kavernenabmessungen wären für den gleichmäßigen Betoneinbau eigentlich zwei stationäre Betonverteilmaste erforderlich gewesen. Nach Rücksprache mit Ingenieuren der Putzmeister AG entschied sich die ARGE jedoch für die Installation nur eines Stationärmastes des Typs MX 28-4, der abwechselnd von zwei Rohrsäulen aus betrieben wird. Da die einzelnen Abschnitte pro Etage nie gleichzeitig errichtet werden, stört es den Ablauf der Arbeiten kaum, wenn das Armpaket des MX-Mastes von einer der Rohrsäulen gelöst, vom bereits installierten Portalcran angehoben, ans andere Ende der

Kaverne verfahren und dort auf die zweite Rohrsäule aufgesetzt wird. Der gesamte Vorgang dauert jeweils ca. 30 Minuten, hinzu kommen das Lösen und Anschließen der Förderleitung, das ebenfalls in etwa einer halben Stunde erledigt ist. Bis zu 360 m<sup>3</sup> Beton werden pro Abschnitt eingebaut.

## MX-Mast betoniert von 40 m hoher Rohrsäule aus

Auffallend am unballastierten Stationärmast MX 28-4 ist nicht nur die flexibel einsetzbare Z-Faltung des Armpakets, mit der sogar einzelne Sohlenabschnitte der Turbinenzulaufstollen betoniert werden können. Ungewöhnlich ist auch die



Schematische Darstellung des untertägigen Krafthausbereichs



Der PM Stationärmast MX 28-4 mit „Z“-Faltung passt sich leicht den Platzverhältnissen in der Kaverne an und wird abwechselnd von zwei Rohrsäulen aus betrieben

Gesamtlänge der beiden Rohrsäulen, von denen der Mast aus betrieben wird. Durch das Aufeinandersetzen mehrerer Rohrsäulen (sie sind erhältlich in 4, 6 und 10 m Länge) passen sie sich dem Baufortschritt kontinuierlich an und erreichen in der Maschinenkaverne von Kops II im Endstadium eine Höhe von 40 m. Für zusätzliche Stabilität sorgen zwei Abspannungen der Rohrsäulen in Höhe von ca. 18 und 24 m, die in den entsprechenden Zwischendecken verankert sind.

Den Beton erhält der Verteilmast von einer stationären PM Betonpumpe, die mit dem MX-Mast und seinen beiden Rohrsäulen über eine etwa 150 m lange Förderleitung (DN 125) verbunden ist. Die BSA 1408 E wird von einem 75 kW E-Motor angetrieben und erreicht im stangenseitigen Betrieb eine Fördermenge von 79 m<sup>3</sup>/h bzw. 71 bar Betondruck (bodenseitig: 53 m<sup>3</sup>/h bzw. 106 bar). Mit weniger Maschineneinsatz lässt sich in einer Kaverne dieser Größenordnung Beton kaum noch wirtschaftlich einbauen.

Anlagenkonzept der Vorarlberger Illwerke AG (Abb.: Vorarlberger Illwerke)



Die BSA 1408 E ist im Zufahrtstollen aufgestellt und über eine ca. 150 m lange Förderleitung mit beiden Rohrsäulen des MX-Mastes verbunden

Jeweils vier Maschinisten für den MX-Stationärmast und die BSA-Betonpumpe wurden von der österreichischen PM Vertretung, Fa. Hans Eibinger (Söding), in die Bedienung der Maschinen eingewiesen. Eibinger Servicepersonal hatte zuvor auch bei der Installation der Rohrsäulen und beim Aufsetzen des Betonverteilmastes mitgeholfen.

Die benachbarte Trafokaverne hat mit 35 m Länge, 16 m Breite und 20 m Höhe zwar ebenfalls imposante Ausmaße, ist jedoch deutlich kleiner als die Maschinenhalle. Hier erfolgte der Betoneinbau in die Fundamente, Wandschalungen und Decken teilweise mit einer PM Autobetonpumpe BRF 24-4.09 H, deren Verteilmast als ZR-Falter über die hier erforderlichen Schlupfeigenschaften ver-

fügte. Das eingebaute Betonvolumen betrug ca. 2.200 m<sup>3</sup>. Seit November 2006 sind die Rohbauarbeiten in der Trafokaverne abgeschlossen.

## Massive Bauteile erfordern niedrigen W/Z-Wert

Als Standardrezeptur wird ein Beton der Festigkeitsklasse C25/30 eingebaut, der auf dem Baustellenareal in einer eigenen Mischanlage hergestellt wird. Um die Hydratationswärme bei den massiven Bauteilen zu begrenzen, wird generell mit möglichst niedrigem Wasser/Zement (W/Z)-Wert gearbeitet und in der wärmeren Jahreszeit zusätzlich das Verhältnis von Zement zu Flugasche von 230 kg / 90 kg auf 200 kg / 120 kg pro Kubikmeter verändert.

