

Tsankov Kamak Wasserkraftwerk

Bulgarien

Text | DI Jan Gandziarowski
 Bilder | ALPINE Bau GmbH

Im September 2003 erhielt die Firma ALPINE BAU GmbH im Rahmen eines österreichischen Generalübernehmerkonsortiums, bestehend aus den Firmen VA Tech Hydro GmbH&Co, Pöyry Energy GmbH (ehemals Verbundplan GmbH) und ALPINE BAU GmbH, den Auftrag zur Ausführung sämtlicher Bauarbeiten für das Wasserkraftwerk Tsankov Kamak. Der Gesamtauftragswert des Konsortiums beläuft sich auf ca. 220 Mio. €, wovon der Bauauftrag von ALPINE BAU GmbH ca. 160 Mio. € beträgt. Die Bauarbeiten wurden Anfang Juli 2004 begonnen. Die Hauptbauarbeiten sollen voraussichtlich Ende 2009 abgeschlossen werden.

Das Wasserkraftwerk Tsankov Kamak als Teil der Vacha-Kaskade

Das Wasserkraftwerk Tsankov Kamak liegt in den Rodopen, einem Gebirgszug an der Grenze zu Griechenland, und ist Teil der Vacha-Kaskade. Der Fluss ist einer der größten in Bulgarien und birgt für die Wasserkraft großes Potenzial. Das System der Wasserkraftwerke, die zurzeit an diesem Fluss in Betrieb sind, hat eine Gesamtleistung von über 400 MW. Es umfasst

4 Turbinenkraftwerke und ein Pumpspeicherkraftwerk. Teil der Kaskade ist auch der mit 145 m höchste Damm in Bulgarien, die Schwergewichtsbetonmauer „Vacha“, vormals unter dem Namen Antonivanovtsi bekannt.

Die Zielsetzung für das Projekt Tsankov Kamak ist es, das Wasserkraftpotenzial des noch nicht entwickelten Teils der Kaskade, nämlich des 21,5 km langen Abschnitts im mittleren Lauf des Flusses

zwischen den zwei größten Stauseen, zu nutzen. Es beinhaltet den Bau des 130 m hohen Tsankov-Kamak-Dammes, eines Stausees mit einem Gesamtvolumen von 110 Mio. m³ und des eigentlichen Tsankov-Kamak-Kraftwerks mit einer installierten Gesamtleistung von 80 MW (2 x 40 MW), das jährlich 188 GWh Strom liefern wird (ausgehend von einer Auslastung von 2.220 Stunden im Jahr).

Wasserkraftwerk Tsankov Kamak





Umfangreiche Hangsicherung im Gashnya Tal



Maschinenhaus mit Verteilerrohr

Die hohe Verfügbarkeit und Flexibilität des Kraftwerks wird zur Erhöhung der Produktivität der Anlagen, die ins elektrische Netz eingebunden sind, beitragen. Der Bau des Tsankov-Kamak-Kraftwerks und die anschließende Sanierung der anderen Kraftwerke werden die Effizienz der gesamten Kraftwerkskette erhöhen und somit eine Leistungssteigerung um weitere 16 GWh jährlich bewirken.

Das Wasserkraftwerk Tsankov Kamak ist das erste Projekt, das die flexiblen Instrumente des Kyoto-Abkommens nutzt (wie den Klimaschutzmechanismus Joint Implementation). Schätzungen ergeben, dass jährlich etwa 200.000 t CO₂-Reduktionseinheiten generiert werden können. Die Emissionszertifikate werden dann an das österreichische Regierungsprogramm verkauft und übertragen.

Das Magazin Euromoney/Trade Finance, ein britisches Finanzmagazin, hat die Finanzierung dieses Projekts zum „Deal of the Year 2003“ gewählt.

Die Tsankov-Kamak-Staumauer

Der Tsankov-Kamak-Damm wurde als eine doppelt gekrümmte Bogenstaumauer mit einer Höhe von 130,5 m über dem

Talweg konzipiert. Die linke und die rechte Flanke enden jeweils mit Schwergewichtsabschnitten. Die Bögen sind parabolisch. Alle Bögen sind symmetrisch zur Dammachse. Die Länge der Mauer entlang der Krone beträgt 460 m, wovon 341 m auf den gekrümmten Teil fallen. Die Sehne beträgt 376 m. Über die Dammkrone führt eine Straße von der linken auf die rechte Flanke.

Die Stärke der Mauer beträgt am Fuß des höchsten Blocks 27,6 m und verjüngt sich auf ganze 8,8 m im Bereich der Krone. Der Damm besteht aus vertikalen Betonsegmenten, die mit schersicheren Blockfugen verbunden sind. Insgesamt sind

Das neue Wasserkraftwerk Tsankov Kamak ist das erste Projekt, das die flexiblen Instrumente des Kyoto-Abkommens nutzt.

drei horizontale Inspektionsgänge vorgesehen sowie eine Basisgalerie, die die Horizontalgänge entlang der Flanken verbindet. Zur Entlastung bei Hochwasser wurde eine 4-kanalige Überlaufrinne von der Dammkrone vorgesehen. Die Schussrinne leitet das Wasser über eine Schanze als freien Überlauf in ein Tosbecken. Auch die zwei Grundablässe münden in das

Tosbecken. Das Tosbecken hat die Funktion einer Energieumwandlungsanlage und beugt der Erosion der luftseitigen Dammgründung vor. Das Wasser wird flussabwärts in das Flussbett der Vacha eingeleitet, ohne dass dieses von der Energie der Strömung beschädigt wird.

Die Temperaturentwicklung im Beton ist direkt proportional zur Frischbetontemperatur und dem Zementgehalt. Obwohl ein spezieller Zement mit niedriger Hydratationswärme für den Dammbeton verwendet wird, haben thermische Analysen gezeigt, dass eine nachträgliche Kühlung des fertigen Betons notwendig ist, um die geforderte Verpresstemperatur für die Blockfugen zu erreichen. Insgesamt werden 315.000 m³ Beton gekühlt. Abhängig von der beobachteten Temperaturentwicklung der Blöcke können einzelne Kühlsektionen der Sperre abgeschaltet werden, sofern die maximal zulässige Temperatur für die Fugenverpressung erreicht wird. Nach den technischen Anforderungen des Auftraggebers darf die Verpresstemperatur des Betons 11° C beziehungsweise 14° C für Segmente mit einer Höhe über 20 m vom Fundament, nicht überschreiten.

Für die Zeit der Aushubarbeiten und der Errichtung der Staumauer wurde der

Vacha-Fluss im Bereich der Baustelle umgeleitet. Die Flussumleitung besteht aus einem Umleitungstunnel mit einem Ein- und Auslaufbauwerk sowie einem stromauf- und stromabwärtigen Kofferdamm. Der hydraulische Aufbau der Flussumleitung ist so bemessen, dass die Umleitung eines 20-jährigen Hochwassers mit einer Durchflussgeschwindigkeit mit einer Spitze von $Q = 450 \text{ m}^3/\text{s}$ mit genügender Sicherheit am flussaufwärtigen Kofferdamm während der Bauzeit gewährleistet werden kann. Der Umleitungstunnel ist 493 m lang.

Bevor die Betonage der Staumauer begonnen werden konnte, mussten für deren Gründung ca. 410.000 m^3 Fels, für das Tosbecken ca. 210.000 m^3 sowie weitere 200.000 m^3 für die Baustelleneinrichtung und Zufahrtsstraßen gesprengt und abtransportiert werden.

Das Maschinenhaus und das Wasserversorgungssystem

Das Wasserversorgungssystem besteht aus einem Einlaufbauwerk, einem Vertikal-schacht, einem geneigten Druckstollen sowie einem Verteilerrohr (Manifold) vor dem Maschinenhaus.

Das Wasserversorgungssystem des Wasserkraftwerks Tsankov Kamak leitet das Wasser aus dem Stausee zum Maschinenhaus. Das Einlaufbauwerk befindet sich im Tal des Gashnya-Flusses, einem Nebenfluss der Vacha. Das unterirdische Bauwerk ist ein mit Stahlrohrausgekleideter Druckstollen, bemessen für einen Durchfluss von $69,50 \text{ m}^3/\text{s}$ (2 Turbinenzuflüsse von jeweils $34,75 \text{ m}^3/\text{s}$ pro Einheit). Der Druckstollen überwindet eine Fallhöhe von 122,55 m zwischen der Achse des Einlaufbauwerks und den Turbinen.

Die Einlaufschwelle des Einlaufbauwerks liegt auf der Höhe 661 m und die Decke auf 669,50 m, also einen halben Meter unterhalb des minimalen nutzbaren Wasserstands. Der Wasserfluss wird nach dem Einlauf in Vertikalrichtung ge-

leitet und fließt in einen Betontrichter. Dieser reduziert den Innendurchmesser von 7,00 m auf die 4,40 m des Druckstollens. Die Stahlauskleidung des vertikalen Druckschachts beginnt auf der Höhe 650,60 m. Der Schacht ist 42,72 m tief. In einer Höhe von 607,88 m befindet sich ein vertikaler Bogen, dem ein um 10 % geneigter Abschnitt von 515 m Länge folgt. An diesen schließt sich ein horizontaler Abschnitt an. In einer Entfernung von 18 m befindet sich dann der Mittelpunkt der Verzweigung der jeweiligen Turbinenzuläufe. Insgesamt ist die Druckleitung ca. 600 m lang (Schacht und der horizontale Drucktunnel) und wurde durch eine geologisch problematische Zone vorge-trieben. Die Durchflussgeschwindigkeit bei der geplanten Durchflussmenge von $Q = 69,50 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt 4,57 m/s. Das Verteilerrohr ist mit einer symmetrischen Bifurkation geplant, die den Zufluss zweifach teilt und in die endgültigen Durchmesser von 2,25 m leitet.

Das Maschinenhausgelände, das auch den Unterwasserkanal umfasst, liegt in einer Verbreiterung des Vacha-Tals, auf einer 120–160 m breiten Uferterrasse. Die Talsohle der Vacha besteht aus verschiedenen zusammengemischten Alluvialablagerungen. Eine Untergrundverbesserung mittels Konsolidierungsinjektionen wurde unter dem Maschinenhaus und dem Druckstollenkollektor durchgeführt. Das Maschinenhaus ist oberirdisch angelegt, das Betonbauwerk hat die Größe von ca. 42 x 20 x 40 m (L/B/H).

Gashnya Valley

Im Bereich des Gashnya-Tals, das in den Stausee mündet und zum Teil auch geflutet wird, wurden in der linken und rechten Flanke sowie auch in der Talsohle in verschiedenem Ausmaß Karsterscheinungen vorgefunden. Um Filtrationsverluste in dem Tal zu vermeiden, wird eine Abdichtung des Flussbetts und der Tal-seiten ausgeführt. Spritzbeton wird auf die Böschungen bis zur Höhe 685,50 aufgetragen. Ein Talabschnitt mit einer Länge von 806 m wird mit einer Geomembran versehen. Stromaufwärts da-

von wird eine Betonplatte mit der Länge von 166 m für die Abdichtung des See-grunds sorgen.

Neue Umfahrungsstraße

Die öffentliche Straße III-868 zwischen der Stadt Devin und dem Dorf Michalkovo (ein Abschnitt mit ca. 14 km Länge) wird durch das Aufstauen des Tsankov-Kamak-Sees komplett geflutet. Die Straße sichert heute den Verkehrsfluss entlang der Hauptrichtung Devin-Krichim (und weiter Smolyan-Stamboliyski) und ist eine wichtige Verkehrsverbindung. Es wurde also eine Umlegung der Trasse vorgesehen.

Die Gesamtlänge der Umfahrung beträgt 19,5 km. Die neue Trassierung umfasst die Verbesserung einer bestehenden Trasse (Straße IV-86834 zum Dorf Lyaskovo) mit ca. 9 km Länge unter Erhaltung des Verkehrs und eine komplett neue Trasse durch unberührtes Gebirgsge-lände. Diese führt bis auf eine Höhe von 1.080 m und beinhaltet den 880 m langen Lyaskovo-Tunnel.

Die Gesamtaushubmenge für den Straßenbau beträgt fast 1,5 Mio. m^3 Fels. Für den Straßentunnel wurden 60.000 m^3 nach der neuen österreichischen Tunnelbaumethode unterirdisch ausgebrochen. Allein für den neu angelegten Teil der Trasse werden fast 100 Bauwerke er-richtet, darunter 38 Stützwände mit einer Gesamtlänge von über 3,2 km sowie 50 Wasserdurchlässe mit einer Gesamtlänge von über 1,2 km.

Baustelleneinrichtung und -geräte

Natürlich spielt bei einem derart komplexen Bauvorhaben, das aus einem System von mehreren Ingenieurbauwerken besteht, welche in ein höchst unwegsames Gelände gesetzt werden, entsprechende Arbeitsvorbereitung und Baustelleneinrichtung eine entscheidende Rolle. Der Auftragnehmer musste für die gesamte Infrastruktur der Baustelle sorgen, Zuwegungen bauen und Produktionsanlagen errichten, die der geforderten Bauleistung auch gerecht werden konnten.

Im Bereich der Talsperre und des Maschinenhauses wurden 4,5 km Zufahrtsstraßen gebaut. Die meisten davon werden auch während des späteren Betriebs des Kraftwerks von seinem Betreiber genutzt. In Michalkovo wurde als Teil der öffentlichen Straße eine Betonbrücke über den Fluss Vacha errichtet. Sie überspannt zwischen den Widerlagern 64 m und besteht aus 4 Abschnitten mit 3 Mittelpfeilern.

Für die Produktion des Dammbetons wurde an der linken Talflanke eine Betonmischanlage errichtet, die über eine Leistung von 150 m³/h verfügt und die Betonage der Talsperre rund um die Uhr ermöglicht. In den Damm und in das Tos-



Staumauer luftseitig mit Tosbecken

Das Kraftwerk wird die Effizienz des Stromnetzes erhöhen und eine Emissionsreduktion von 200.000 Tonnen jedes Jahr ermöglichen.

becken werden rund 600.000 m³ Beton eingebaut. Die Betonmischanlage verfügt über eine Scherbeneiskühlung, um die Betoneinbautemperatur von 12° C zu gewährleisten. Auch die Betonzuschläge werden auf der Baustelle gewonnen. Im Zabral-Gelände wurde dafür eine Kiesaufbereitungsanlage errichtet. Dort wird Material aus der Talsohle gefördert, gebrochen, sortiert und gewaschen, täglich werden 1.500 Tonnen Kies und Betonzuschlagstoffe in 6 verschiedenen Korngrößen produziert, welche für die Dammbeton-Rezeptur vorgesehen sind.

Der Beton wird in die Sperre mittels eines Kabelkrans eingebaut. Über das Tal wurde mit einer Spannweite von 500 m ein Stahlseil gespannt. Auf dem Stahlseil befindet sich eine verfahrbare Laufkatze, an deren

Hubseil die Last angehängt, gehoben und gesenkt wird. Mit einem Zugseil kann die Laufkatze mit der Last horizontal verfahren werden. Der Kabelkran besitzt eine Tragkraft von 26 t und kann einen Betonkübel mit 9 m³ Beton anheben. Auch Geräte, die beim Betoneinbau zur Verwendung kommen, werden mit dem Kabelkran in die einzelnen Sektionen eingehoben.

Für andere Betonrezepturen, die in verschiedenen Bauwerken bei dem Projekt Anwendung finden, wurden in der Bauzeit drei weitere Betonmischanlagen errichtet und eingesetzt.

Für die Asphaltarbeiten, die insgesamt für den Straßenbau rund 100.000 t Asphaltproduktion umfassen, wurde eine Asphaltmischanlage mit einer Leistung von 160 t/h errichtet.

Auf der Baustelle werden 3 große Turmdrehkräne und mehrere Mobilkräne eingesetzt. Für die Aushubleistung sorgen derzeit 25 Bagger, für den Transport

18 große, geländegängige Muldenkipper und über 60 Lkws. Die Baustelle besitzt überdies Bohrgeräte, Betonspritzgeräte, Schubraupen, Lader und Hubgeräte (Geländestapler) in einer Anzahl von insgesamt über 30 Stück und bedient sich auch der Geräteleistung der Subunternehmer. Derzeit arbeiten rund 1.500 Beschäftigte auf der Baustelle, davon ca. 600 im Durchlaufbetrieb.

Zusammenfassung

Als Teil der Vacha-Kaskade wird das Kraftwerk Tsankov Kamak die Effizienz des Stromnetzes erhöhen, eine Emissionsreduktion von 200.000 Tonnen CO₂ jedes Jahr ermöglichen und zur Erreichung des österreichischen Kyoto-Ziels beitragen. Die Errichtung von Tsankov Kamak ist ein Beispiel internationaler Zusammenarbeit und Partnerschaft, das für zukünftige Projekte im Bereich Klimaschutz als vorbildlich gelten kann. ■

Projektdaten:

Auftraggeber: Natsionalna Elektricheska Kompania EAD, Sofia, Bulgarien | **Engineer:** NEK Hydroelectroinvest Branch, Belovo, Bulgarien | **Planer:** Pöyry Energy GmbH, Wien, Österreich mit Energoprojekt Hydropower, Sofia, Bulgarien | **Auftragnehmer Bauarbeiten:** ALPINE BAU GmbH, Salzburg | **Auftragnehmer elektromechanische Ausrüstung:** VA Tech Hydro GmbH&Co, Wien | **Baubeginn:** Juli 2004 | **HPP:** Nennleistung: 80 MW (2 x 40 MW) | Stromerzeugung: 185 GWh | Generatorenart: Francis-Turbinen | Maximale Fallhöhe: 137 m | **Damm:** Höhe: 130,5 m | Kronenhöhe: 688,5 m ü. NN | Kronenlänge: 460 m | Betonvolumen: ca. 600.000 m³ | **Stausee:** Nutzbarer Wasserstand: 685-670 m ü. NN | Wasseroberfläche bei Vollstau: 3,27 km² | Gesamtspeicherraum: 110 Mio. m³ | Länge des Stausees: ca. 15 km

Autor:

DI Jan Gandziarowski
Technischer Innendienst Tsankov Kamak
ALPINE Bau GmbH
Tel. +43 662 8582-450
■ www.alpine.at