

Johannes Grillitsch, Othmar Hochkofler

Murkraftwerk Leoben

DI Johannes Grillitsch

Verbund – Austrian Hydro Power AG, Villach

Bmstr. Ing. Othmar Hochkofler

Verbund – Austrian Hydro Power AG, Villach

www.verbund.at

Bautafel

Bauherr, Projektierung, Betriebsführung:
Verbund-Austrian Hydro Power AG

Architektonische Gestaltung:
Büro Eitzinger, Graz

Baumeisterarbeiten:
Fa. Steiner-Bau, St. Paul

Spezialtiefbau:
Fa Keller u. Fa. Pfahlbau

Turbinen, Generator, Getriebe:
Fa. VA-Tech Hydro, Linz

**Stahlwasserbauanlagen, Rechenreinig-
masch.:** Fa. Urbas, Völkermarkt

Trafoanlagen: Fa. EBG, Linz

Stahlbau, Schlosserarbeiten:
Fa. Morocutti, Graz

1 Vorbemerkungen

Infolge des steigenden Energiebedarfs ist von Seiten der Energieversorger eine erhöhte Investitionsbereitschaft für den Neubau von Kraftwerken gegeben.

Zwar ist die umweltfreundliche Wasserkraftnutzung an den günstigsten Standorten bereits weit gehend realisiert, doch wird erfreulicherweise durch die Ökostromförderung auch der Bau kleinerer Anlagen rentabel.

Es ist selbstverständlich, dass die Errichtung solcher Anlagen unter besonderer Beachtung auf die Natur und Umwelt erfolgt und auf das architektonische Erscheinungsbild größtmöglicher Wert gelegt wird.

Für die Bauschaffenden bedeutet die Errichtung eines Wasserkraftwerkes eine besonders vielfältige Aufgabe. Es werden an

viele Teilgebiete des Bauwesens wie Wasserbau, Spezialtiefbau, Grundbau, Stahlbetonbau, Brückenbau, Hochbau, ja sogar Stahlbau etc. große und meist über die normale Bauroutine hinausgehende Anforderungen gestellt.

Erschwerend kommt auch die Zusammenfolge der Arbeiten mit den Stahlwasserbau- und Maschinenmontagen hinzu. Auch stellt der fast immer knappe Terminplan eine große Herausforderung dar.

2 Projektbeschreibung

Bereits 1905 wurde an der Mur in Leoben ein Kraftwerk in Betrieb genommen. Ende der Zwanzigerjahre erfolgte der Neubau der Wehranlage und anschließend der Einbau neuer Turbinen in das alte Krafthaus. Nach rund 80 Jahren Betrieb wurde die alte Wehranlage im August 2003 abgetragen und an derselben Stelle ein neues Flusskraftwerk errichtet.

Die Verbund-Austrian Hydro Power (AHP), die in der Steiermark über 38 Wasserkraftwerke verfügt, ist Bauherr, Projektant und Betreiber der Anlage, die von der Zentrale in Pernegg gesteuert wird. (Tabelle 1)

Tabelle 1

	Altes Krafthaus, Wehr	Neue Anlage
Wehrfelder	2 x 23 m, Floßgasse	2 Wehrfelder je 14,50 m
Oberwasserkanal	700 m	keine Ausleitung
Turbine	3 Stk. ges. 2,4 MW	2 Stk. ges 9,9 MW
Regelarbeitsvermögen p. a.	16 GWh	50 GWh
Fallhöhe	6 m	8 m
Ausbauwassermenge	45 m³/s	150 m³/s

Die Kraftwerksbaustelle erstreckt sich von der Stauwurzel in Göss bis zum Ende der Unterwassereintiefung über eine Gesamtlänge von 4,8 km und liegt zur Gänze im Stadtgebiet.

In Relation zur Altanlage wurde das Stauziel um 1 m angehoben und die Flusssohle im Unterwasser um 4,35 m eingetieft, sodass die Rohfallhöhe 8 m beträgt.

Das neue Kraftwerk wurde als Flusstauwerk errichtet. Der alte 700 m lange Ausleitungskanal und das alte Krafthaus werden nicht mehr benötigt. Diese Grundstücke wurden von der Stadt gekauft und ermöglichen im Verein mit der Unterwassereintiefung, die einen weit über die HQ100-Marke reichenden Hochwasserschutz bringt, der Stadt Leoben die Entwicklung einer Fülle von Projekten, deren Investitionssumme ein Mehrfaches des Kraftwerksbaus beträgt. Ein erster Schritt – der Bau einer Eissporthalle – wurde bereits realisiert, weitere, wie ein Einkaufszentrum und eine Tiefgarage für 700 Fahrzeuge, sind in der Startphase.

Die Gründung des Kraftwerksgebäudes erfolgte durchwegs auf Fels (Phyllit), die Sohle liegt ca. 13 m unter dem damaligen Wasserspiegel der Mur. Die Bauwerks-



Bild 1: KW Leoben, Fertigstellungsphase

Fotos + Grafik: © Verbund – Austrian Hydro Power AG

unterkante liegt um bis zu 4 m unterhalb der Felsoberfläche. Über diesem felsigen Grundgebirge liegt eine jungquartäre Ablagerung mit sandig-kiesig-steiniger Kornverteilung.

Im Stauraum wurde am linken Murofer eine Berme angelegt, die als Baustraße für den Aushubtransport und zur Herstellung der neuen Ufersicherung diente. In dieser Berme wurde die 30-kV-Kabelverbindung vom Kraftwerk in das örtliche Hochspannungsnetz verlegt. In der letzten Bauphase wurde dann ein Geh- und Radweg errichtet, der von der Stadt Leoben finanziert wurde und von der Stauwurzel bis zum Kraftwerk und

weiter in Richtung Unterwasser verläuft, mit zahlreichen Anbindungen an das örtliche Wegenetz.

Das Kraftwerk wird im Jahresdurchschnitt Strom für 14.000 Haushalte erzeugen, was in etwa der Einwohnerzahl Leobens entspricht.

An der UW-Seite des Kraftwerks wurde eine 100 m lange Fußgänger- und Radwegbrücke, ebenfalls von der Stadt finanziert, zu sehr günstigen Kosten errichtet, da für die Gründung die neuen Wehr- und Trennpfeiler genutzt werden konnten. (Bild 1)

3 Baugrube

Das Hauptbauwerk wurde in einer 58 m breiten, 120 m langen und bis zu 16 m tiefen Baugrube errichtet. Die Umschließung erfolgte je Längsseite durch eine rückverankerte Schlitzwand sowie an der Ober- und Unterwasserseite durch Dämme mit mittiger Spundwand und Steinschichtungen. (Bild 2, Bild 3)

Die Mauer wurde während der Bauzeit links der Baugrube über ein zuvor geschaffenes Gerinnebett umgeleitet. (Bild 4) Die Umschließung wurde auf ein 30-jährliches Hochwasserereignis ausgelegt. Sind die angebotenen Bodenverhältnisse für die Bau-

Bild 2: Draufsicht Baugrube

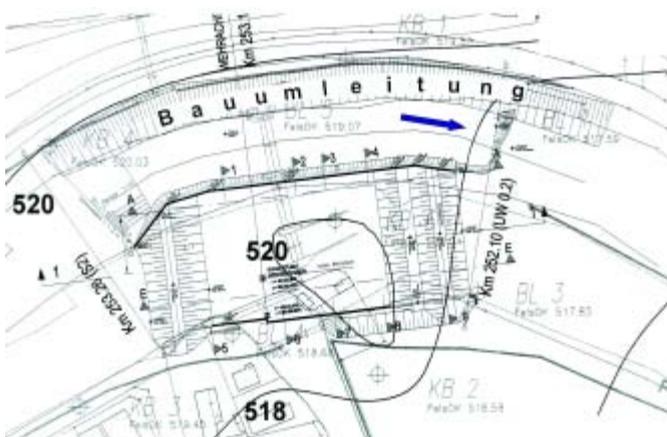


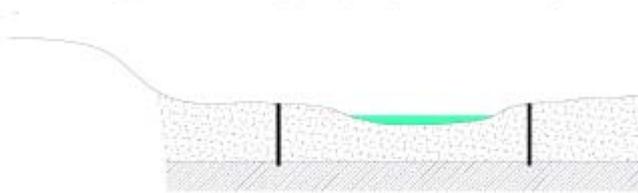
Bild 3: Baugrube



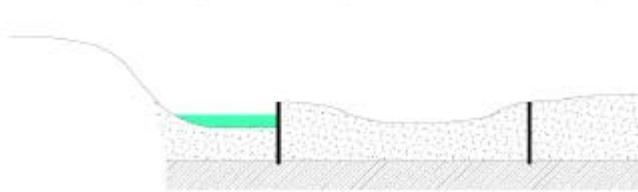
KW Leoben

Herstellungsphasen der Baugrube

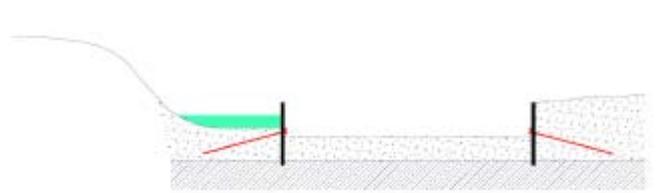
1.) Herstellung Schlitzwände (Längsseitige Baugrubenumschließung)



2.) Muremleitung, Baugrubenumschließung im Ober- u. Unterwasser mit Spundwänden



3.) Baugrubenaushub mit Ankerung der Schlitzwände



4.) Fertige Baugrube

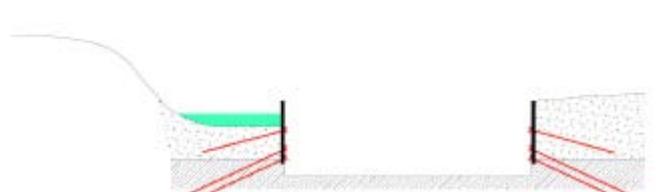


Bild 4 Herstellungsphasen Baugrube

werksgründung als sehr günstig anzusehen, waren sie für die Herstellung der Baugrube doch nicht ganz unproblematisch.

Der erforderliche Baugrubenaushub reicht großteils um bis zu 4 m in den Phyllit hinein.

Die Schlitzwände konnten jedoch nur etwa 1 m tief in den Phyllit eingebunden werden.

Daher hatten die Schlitzwände im Endaushub keinerlei Bodenlagerung und mussten völlig rückverankert werden.

Der Phyllit war glücklicherweise von derartiger Qualität, dass der freie Aushub unterhalb

der Schlitzwandunterkante ohne zusätzliche Sicherungs- und Abdichtungsmaßnahmen möglich war. Freilich erfolgte dieser tiefer gehende Aushub für die Gründungsblöcke nur in kleinen Bereichen und es wurde der Block betoniert, ehe der Aushub für den nächsten Block erfolgte. (Bild 5, Bild 6)

Im Quartär (Schotterablagerung) konnten keine entsprechenden Verankerungskörper hergestellt werden, da es im erhärtenden Zementmörtel infolge der großen Grundwasserströmungsgeschwindigkeiten zu Ausschwemmungen gekommen ist.

So konnten gerade noch die geringer beanspruchten Anker des obersten Ankerhorizontes im Quartär verankert werden. Die Anker der beiden unteren Horizonte wurden im Phyllit verankert. Hier konnten die Ankerkräfte entgegen den ersten Befürchtungen problemlos eingeleitet werden.

Die Verankerung der meist sechslitzigen Anker erfolgte mit eigenem Verankerungskörper für jeweils 2 Litzen. Diese Verankerungskörper liegen gestaffelt hintereinander.

Bild 5: kleinflächiger Aushub und Blockeinbau



Bild 6: fertig gestellte Sohlplatten



4 Konstruktiver Aufbau des Kraftwerksgebäudes

Das Hauptbauwerk besteht aus einer zweifeldrigen Wehranlage und dem Krafthaus mit zwei Kaplan-Pit-Turbinen mit 5° geneigter Achse. Das Krafthaus wie die Wehranlage bilden jeweils für sich einen Monolithen und sind voneinander in Fließrichtung durch eine Fuge getrennt.

Die Wehranlage hat 2 Wehrfelder mit je 14,5 m Breite. Die je 2,5 m starken Pfeiler (Landpfeiler, Mittelpfeiler, Trennpfeiler) sind mit der Wehrfeldplatte biegesteif verbunden. Die Wehrfeldplatte besteht unterwasserseitig aus der 24,5 m langen Tosbeckenplatte und im Oberwasser aus dem Wehrhöcker. (Bild 8) Die Tosbeckenplatte ist aus 1,6 m starkem bewehrten Konstruktionsbeton und darüber aus einer mattenbewehrten 20 cm starken abriebfesten Hartbetonschicht, welche in einem zweiten Betonierschritt eingebaut wurde, aufgebaut.

Der Wehrhöcker, welcher die Tosbeckenplatte um 7 m überragt, ist an seiner Oberfläche mit einer hinterbetonierten Stahlpanzerung belegt. Ober- wie unterwasserseitig schließt die 39,7 m lange Wehranlage mit einem Sporn ab. Über die Wehranlage spannt sich oberwasserseitig des Wehrverschlusses eine Betonbrücke. Diese Brücke besteht im Querschnitt aus zwei Balken, welche in den Mittelpfeiler eingespannt sind und jeweils am Land wie Trennpfeiler auf Elastomereleger aufgelegt sind.

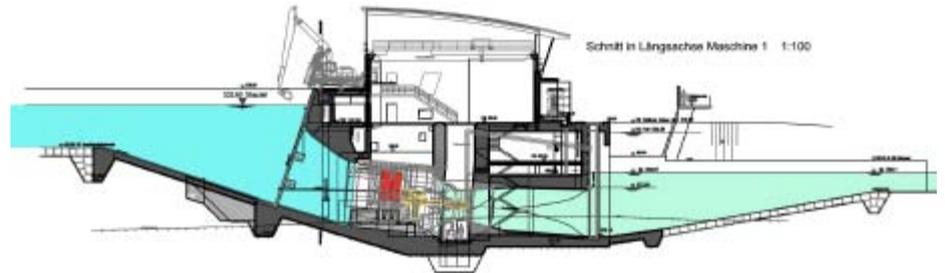


Bild 7: Schnitt durch das Krafthaus

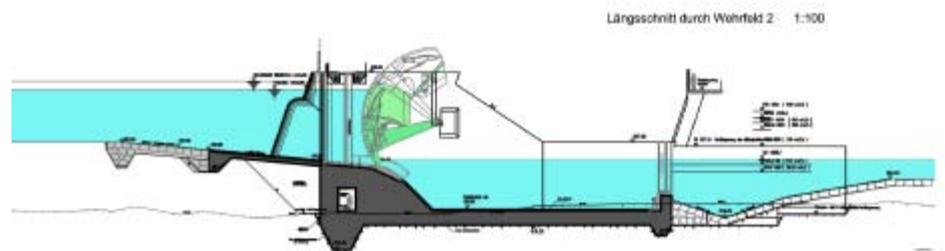


Bild 8: Schnitt durch die Wehranlage

Fotos + Grafik: © Verbund – Austrian Hydro Power AG

Der Aufbau des Krafthauses ist im Wesentlichen durch den Triebwasserweg vorgegeben. (Bild 7)

Die beiden vom Beton ummantelten Triebwasserwege haben im Einlauf oberwasserseitig beginnend einen rechteckigen Quer-

schnitt, welcher sich zum Turbinendeckel hin verjüngt und auf einen Kreisquerschnitt übergeht. Im Anschluss an die Turbine, im Saugrohr, wandelt sich der Querschnitt wieder vom Kreis, größer werdend, in ein Rechteck um. (Bild 9)

Oberhalb der betonummantelten Triebwasserführung bestehen Räumlichkeiten für diverse Anlagen. Nochmals darüber befindet sich die Kraftwerkshalle, welche einschließlich der Kranbahnträger aus Beton besteht. Das Hallendach ist eine Stahlkonstruktion.

Außerhalb dieses eben beschriebenen Kraftwerksgebäudes befinden sich noch ein angeschlossenes Nebengebäude, Dammtafelabstellgruben sowie die ober- und unterwasserseitigen Ufermauern und diverse andere kleinere Betonbauwerke.

Insgesamt wurde das gesamte Bauwerk in 380 Blöcke gegliedert, die mittlere Blockkubatur betrug beim Tiefbau 75 m³ und beim Hochbau 35 m³.

Bild 9: Saugrohrsole, Übergang vom Kreisquerschnitt zum Rechteck



5 Baumassen

Betonbau	
Schlitzwände, 80 cm stark	3.900 m ³
Bewehrung Schlitzwände	200 t
Konstruktions- u. Vergussbeton	21.000 m ³
Bewehrung Konstruktionsbeton	1.000 t
Sonstiger Beton	6.000 m ³

Erd- u. Wasserbau	
Unterwassereintiefung	250.000 m ³
Aushub Baugrube	69.000 m ³
Aushub Stauraum	89.000 m ³
Wasserbausteine	113.000 t



Bild 10: Saugrohrschalung

6 Schalungsbau

Die großen Wandflächen wurden mit einem Rahmenschalungssystem hergestellt, welches vor allem an den Wehrpfeilern sehr rationell eingesetzt werden konnte. Beim Krafthaus hingegen weist ein großer Teil der wasserberührten Betonflächen dem hydraulischen Profil entsprechend gekrümmte Formen auf. So wurde die Schalung des unterwasserseitig liegenden Turbinensaugrohres – die Achse ist unter 5° geneigt und der Querschnitt beginnt mit einem Kreis

Ø 4,53 m nach der Turbine und weitet sich zu einem Rechteck 5,55 x 7,29 m am Ende auf – zur Gänze aus 50-mm-Pfosten hergestellt und mit 4 mm starken, wasserfest verleimten Sperrholzplatten belegt. (Bild 10, 11, 12)

Die komplette Fertigung erfolgte am Schalboden unmittelbar am Rand der Baugrube. Die aus drei Elementen bestehende Saugrohrschalung wurde mit dem Baukran eingehoben und dann verspannt.

Der Querschnitt ist um die Achse gespiegelt, sodass die Schalung nach Ausbau des mittleren 10 cm breiten Passstückes insgesamt viermal verwendet werden konnte.

Vom Turbinenhersteller waren sehr enge Maßtoleranzen von ±9 mm und ein hohes Maß an Ebenföchigkeit von ±2 mm auf 250 mm Länge in der Fließrichtung gefordert, um den Wirkungsgrad der Turbinen von ≥ 94 % zu gewährleisten. (Bild 13)

Bild 11

Fotos: © Verbund – Austrian Hydro Power AG



7 Beton

Wie im Kraftwerksbau seit Jahrzehnten bewährt wurde der Beton direkt auf der Baustelle gemischt und mittels 2-m³-Krankübel eingebaut. Als Bindemittelgemisch verwendete man Portlandzement und ca. 20 % Flual aus dem Dampfkraftwerk St. Andrä.

Die Zuschlagstoffe wurden aus dem Unterwasseraushub gewonnen und ca. 2,5 km flussab der Baustelle mittels Brechen, Sieben in 5 Korngruppen und Waschen aufbereitet.

Der Transport zur Baustelle erfolgte über eine Baustraße entlang des rechten Murofers, sodass keine öffentlichen Wege in Anspruch genommen werden mussten.



Bild 12: Schalung und Bewehrung Saugrohrdecke

Mit der Materialuntersuchung wurde ca. ein Jahr vor den Betonierarbeiten begonnen. Die Eignungsprüfung des Konstruktionsbetons – mit der Betonsorte C16/20(56)XC3XF3RSF45 (Tabelle 2) – wurde von der MVA Straß durchgeführt.

Ziel des Bauherrn war es, mit dem aus der Unterwassereintiefung gewonnenen Material den größten Teil der Betonmenge herzustellen und so die Anzahl der LKW-Transporte zu minimieren und Kosten zu sparen. Das aus der Mur gewonnene aufbereitete Material erwies sich als sehr gut geeignet. Die erzielten 56-Tage-Druckfestigkeiten lagen zwischen 45 und 55 N/mm².

Für kleinere Blöcke, mittels Betonpumpe betoniert, wurde mit GK 32 mm und mit 20 kg höherem Zementgehalt gefahren. Für die Wehrbrücke und die Kranbahnträger wurde höherwertiger Beton C 30/37 verwendet.

Später, während der Bauphase, wurden Eignungsprüfungen für Verguss- bzw. Sekundärbeton und für MA-Beton für das Tosbecken und die Wehreinlaufplatte durchgeführt. (Tabelle 3, Tabelle 4)

8 Statik und Bewehrung

Die Lagerkonsolen für die Einleitung der Segmentlagerkräfte im Wehr, der Wehrbrücke sowie diverse Schwerlastdecken und die Kranbahnträger sind die Bauteile mit dem höchsten Beanspruchungsniveau.

Massige Betonblöcke im Tiefbaubereich mit geringen Lastspannungen wurden eher gering bewehrt. Hier ist es aus den vorliegenden Erfahrungen bei vergleichbaren Bauteilen in anderen Kraftwerksanlagen trotz sparsamer Bewehrung nie zu nachteiligen Rissbildungen gekommen. Hierbei sei auch erwähnt, dass der Beton sämtlicher großen Talsperren in Österreich unbewehrt ist. Freilich werden dort Maßnahmen zur Hintanhaltung betontechnologisch bedingter Zwängungs- und Eigenspannungen getroffen.

Tabelle 2

Konstruktionsbeton C 16/20(56)XC3XF3RSF45	GK 45 mm
Zement CEM I 32,5R C ₃ A _{frei} Werk Wietersdorf	260 kg/m ³
Flual	60 kg/m ³
Wasserdzugabe	170 l/m ³
Verflüssiger LZF	0,3 % v. B.
Luftporenmittel LP 4	0,18 % v. B.

Tabelle 3

Sekundärbeton	GK 32 mm, W/B 0,53
Zement CEM I 32,5R WT27 C ₃ A _{frei}	300 kg/m ³
Flual	90 kg/m ³
Fließmittel LZF	1,30 % v. B.
Luftporenmittel	0,25 % v. B.
Gesamtwassergehalt	200 l/m ³

Tabelle 4

MA-Beton	GK 32 mm, W/B 0,42
Zement CEM II/A-M 42,5N	360 kg/m ³
Flual	25 kg/m ³
Fließmittel LZF	1,3 % v. B.
Luftporenmittel	0,25 % v. B.
Gesamtwassergehalt	160 l/m ³



Bild 13: Turbineneinlauf, Einrüstung der Wehrbrücken

Foto: © Verbund – Austrian Hydro Power AG

Hingegen wurden Schwerlastdecken, Lasteinleitungsbereiche, Umwandlungen von Anlagenräumen sowie Bauteile des Hochbaues und auch die Wehrbrücke mit bis zu 180 kg/m^3 großzügig bewehrt. Wegen der relativ geringen Betonmassen dieser hochbewehrten Bauteile beträgt der durchschnittliche Bewehrungsgehalt der Gesamtanlage nur 48 kg/m^3 .

Zur Einleitung der Segmentlagerkräfte in die Wehrpfeiler wurde zur sicheren Vermeidung von Rissbildungen eine Vorspannbewehrung eingebaut. Es werden die anhand eines einfachen Fachwerksmodells ermittelten Zugkräfte durch Vorspannen überdrückt. Dennoch wurde in die Segmentlagerkonsole auch ein hoher Gehalt an schlaffer Bewehrung eingebaut, einerseits zur Abdeckung der Spalt- und Randzugkräfte, aber auch als zusätzliche Sicherheit zur Aufnahme der oben genannten Zugkräfte.

Die Tragwerksplanung wie auch die Schalungsplanung wurden von einem erfahrenen Planungsteam der Austrian Hydro Power AG durchgeführt.

Insgesamt wurde bei der Planung auf die teils schwierigen Bedingungen an der Baustelle größtmögliche Rücksicht genommen und stets auch nach unkomplizierten Lösungen gesucht. Dies bedingte auch ein großes Maß an Flexibilität und den steten Kontakt zur Baustelle. Diese Bemühungen trugen sicherlich auch zur erreichten hohen Qualität des Bauwerkes bei.

9 Bauablauf und Termine

Mit der Staulegung der alten Kraftwerksanlage wurde ab 18. August 2003 begonnen. In der Folge wurden die alte Wehranlage und das Einlaufbauwerk abgetragen und links und rechts der Mur die längsseitigen Schlitzwände für die Umschließung der Bau-

grube hergestellt. Am 16. Jänner 2004 wurde die Mur umgeleitet, anschließend ober- und unterwasserseitig Spundwände gesetzt und mit dem Baugrubenaushub begonnen. Der erste Konstruktionsbeton, ein Teil der Fundamentplatte, wurde am 2. April 2004 eingebracht. Bis zum Jahresende 2004 waren die Wehrpfeiler fertig gestellt, die Wehrbrücke betoniert und der Krafthaustiefbau bis UK Maschinenhausboden betoniert.

Mit der Montage der Wehrsegmente und Stauklappen begann im Jänner 2005. Am 26. April 2005 wurde die Mur über die neue Wehranlage geleitet und damit die vierte und letzte Bauphase begonnen.

Die Umleitungsstrecke wurde so weit mit Schottermaterial aufgefüllt und verdichtet, dass die Zufahrt ins Krafthaus mit 10. Mai möglich war. Die Turbinenmontage begann ab Mitte Juni 2005, ebenso die Montage der elektro- und leittechnischen Anlagen.

Während der Hauptbauzeit von Sommer 2004 bis Herbst 2005 betrug der mittlere Personalstand der Baustelle – Baufirma einschließlich Subunternehmer und Montage- sowie Ausbaufirmen – 70 Mann. Gearbeitet wurde meist mit verlängerten Tagschichtzeiten. Bei größeren Betonierarbeiten, vor allem bei Fundamentblöcken mit 200–300 m³, wurden die Betonierarbeiten in der Nacht ausgeführt. Ein ständiger Nachtschichtbetrieb war nicht zugelassen.

Das Kraftwerk ging mit dem ersten Maschinensatz am 10. November 2005 ans Netz, die zweite Turbine folgte am 13. Dezember. Bis dato ist der Probetrieb für beide Maschinensätze, die zur vollsten Zufriedenheit laufen, abgeschlossen.

10 Ökologische Begleitmaßnahmen

Im dicht verbauten Stadtgebiet sind ökologisch wertvolle Flächen nur in geringem Maße vorhanden. Die neue Anlage bringt aber auch aus ökologischer Sicht eine wesentliche Verbesserung, da der Ausleitungskanal und damit die im Winterhalbjahr meist trockengelegte Unterwasserstrecke entfallen. Neben einer standortgerechten Bepflanzung der freien Böschungflächen und Schaffung von zwei Flachwasserzonen wird als Herzstück der ökologischen Baumaßnahmen am linken Ufer der Mur im Bereich der ehemaligen Bauumleitung ein ca. 400 m langer Fisch-aufstieg angelegt, der bis Ende des Frühjahres 2006 fertig gestellt wird.

Diese ökologischen Begleitmaßnahmen und die unter Punkt 2 beschriebenen Vorteile für die Stadtentwicklung ermöglichten eine hohe Akzeptanz aller Interessengruppen.

Vertreter der Stadt, Fischer und Anrainer wurden frühzeitig in den Planungsprozess miteinbezogen, und zwar in der Form, dass ein Planungs- und Bürgerbeirat, der während der Ausführung in einen Baubeirat umgewandelt wurde, zuerst über das Projekt und dann laufend über das Baugeschehen informierte. So konnte auf Probleme rasch reagiert und die vorübergehende Beeinträchtigung der Lebensqualität durch den Baustellenbetrieb so gering als möglich gehalten werden.