



Fotos: zek

Das neue Kraftwerk Dörflmühle an der Grenze zum Nationalpark Bayerischer Wald wurde mit größtem Bedacht auf Natur und Umwelt realisiert. Das Maschinenhaus steht auf FFH-Gebiet, die Rohrtrasse führt durch ein gesetzlich geschütztes Biotop.

# DÖRFLMÜHLE - OPTIMIERUNG IN JEDEM DETAIL

*Macht sich ein erfahrener Wasserkraft-Planer daran, seine eigene Anlage zu bauen, dann darf es durchaus etwas Besonderes sein. Als schönes Beispiel dafür könnte das Kraftwerk Dörflmühle am Kleinen Regen im Bayerischen Wald stehen. Egal ob es elektromaschinelle Feinessen, oder ob es ökologische oder hydraulische Aufgabenstellungen betrifft: Planer Christoph Pfeffer hat in seinem neuen Niederdruck-Kraftwerk vieles hinterfragt, Herkömmliches verbessert und neue Wege beschritten, wie etwa den Einsatz einer nicht gerade alltäglichen Kaplanturbine in einer freien Metallspirale (GHE) in Verbindung mit einem Permanentmagnetgenerator (Fabrikat EME), der mit der erstaunlichen Drehzahl von 1.000 Upm angetrieben wird. Und die ersten Betriebsmonate belegen deutlich: Die Optimierungen in den vielen Detailfragen haben gegriffen.*

**E**gal in welchem Land: Ein neues Wasserkraftwerk im Grenzbereich zu einem Nationalpark zu bauen, ist kein einfaches Unterfangen. Das weiß der erfahrene Kraftwerksplaner und Wasserkraftbetreiber Christoph Pfeffer nur allzu gut. Gemeinsam mit seinem Vater hatte er schon seit den 1990er Jahren in mehreren Anläufen versucht, das Kraftwerk Dörflmühle an der Grenze zum Nationalpark Bayerischer Wald neu zu bauen. Doch die Bemühungen um die erforderlichen Behördengenehmigungen scheiterten ein ums andere Mal. „Vor drei Jahren habe ich beschlossen, es noch einmal mit einem verbesserten Ansatz zu versuchen. Der Kern des neuen Konzepts zielte vor allem auf ökologische Verbesserungen in einem breiten Rahmen ab – mit einem naturnahem Ausbau, Fischschutz, mehr Restwasser, umfangreichen Ausgleichsmaßnahmen und einem möglichst geringfügigen Einsatz von Beton. Und siehe da: das Projekt wurde prompt genehmigt“, erzählt Pfeffer. Grob umrissen handelt es sich beim Kraftwerk Dörflmühle um ein Ausleitungskraftwerk. An einer Wehranlage wird dem Kleinen

Regen Triebwasser entnommen und über einen rund 200 Meter langen Freispiegelkanal zum Feinrechen geführt, von wo sich eine 250 Meter lange Druckrohrleitung bis zum Maschinenhaus erstreckt. Das turbinierete Wasser wird im Anschluss in einen ebenfalls rund 200 Meter langen Unterwasserkanal abgegeben. Dieser mündet an seinem Ende wieder in den Kleinen Regen.

## AN VIELEN SCHRAUBEN GEDREHT

Zweifellos war eine vollständige Erneuerung der Anlage am alten Mühlkanal die sinnvollste Lösung für den Kraftwerksstandort. Speziell die maschinelle Ausrüstung aus den 1960ern ließ bereits viel zu wünschen übrig. Pfeffer: „Mit dem Schluckvermögen von 800 l/s war die alte Francis-Spiralturbine bei höheren Wassermengen zu klein und arbeitete



Fotos: zek

Der Fassungsbereich mit einem rd. 40 m langen Streichwehr und einem naturnah angelegten Fischgerinne.

te suboptimal. Ich habe sie gegen Ende dann bei ganz geringen Triebwassermengen drehzahlvariabel über eine frequenzgesteuerte Rückeinspeisung betrieben. Grundsätzlich ist die Turbine ja noch gut erhalten, aber das ‚Gesamtpaket‘ war eben stark verbesserungsbedürftig. Als weiterer Minuspunkt kam noch hinzu, dass der Maschinensatz in einem Wohnhaus untergebracht – und dabei noch sehr laut war. Übrigens, falls jemand Interesse an der Turbine hat, kann er sich gerne bei mir melden.“ Knapp 400.000 kWh erzeugte die Altanlage, heute schafft das neue Kraftwerk annähernd das Doppelte, und dies obwohl die Restwassermenge erhöht wurde. Dieses Kunststück ist auf eine Vielzahl an Verbesserungsfaktoren zurückzuführen, die bei der Wasserfassung und dem Zuleitungskanal beginnen, weiter über den Rechen und den Maschinensatz führen und mit dem Saugrohr im Unterwasser enden.

**AUSGEGLICHENE BAUBILANZ**

Auf eine althergebrachte Lösung baute der Planer im Bereich der Wehranlage. Anstelle eines Querverbaus mit Wehrklappe setzte er auf ein rund 40 m langes Streichwehr. Abgesehen von dessen Funktionalität entsprach selbige Lösung auch mehr dem vorrangigen Gedanken von Natur- und Landschaftschutz. Unter diesem Gesichtspunkt wurde von Christoph Pfeffer auch die daran angrenzende Fischaufstiegshilfe geplant: Sie wurde als naturnaher Beckenpass ausgeführt, über den konstant die vorgeschriebene Restwassermenge von 130 l/s abgeführt wird.

Möglichst naturnah präsentiert sich auch der neue Freispiegelkanal, bei dessen Errichtung sowohl auf Beton als auch auf externe Materialzufuhr verzichtet wurde. „Mir war wichtig, dass in meiner Baubilanz unterm Strich eine Null steht. Soll heißen, dass alles was ausgehoben wurde, auch wieder verbaut wird, und kein Material herangekarrt werden muss. Darum haben wir für das Aufschütten des neuen Kanaldamms Material aus der Unterwasser-Eintiefung verwendet. Nicht einmal eine Dichtfolie kam zu Einsatz, es wurde eben lagenweise verdichtet. Das ist ausreichend“, erklärt der Planer. Um weiter an Fallhöhe zu gewinnen, wurde der Kanal um einen Meter höher angelegt. Dadurch sank die Fließgeschwindigkeit gegen Null, der Kanalabschnitt fungiert nun annähernd wie ein Staubereich.

**FALLHÖHE GESTEIGERT**

Vor dem Übergang in die anschließende Druckrohrleitung hat der Planer einen Feinrechen installiert, in dem ebenfalls viel Erfahrung und Know-how des bayerischen Wasserkraftexperten stecken. „Grundsätzlich wollte ich einen Rechen aus Edelstahl, der 80 Jahre hält. Herkömmliche Rechen muss man dem niedrigen pH-Wert wegen in der Regel nach 15 Jahren wieder tauschen. Ich vertraue hier auf einen Rechen vom Stahlbauunternehmen Krönauer mit sehr engen Stababständen von unter 1 cm. Wenn man bedenkt, dass das Laufrad einer Kaplan turbine empfindlich gegenüber Treibgut ist, dann ist das schon sehr sinnvoll. Der Strömungsverlust liegt dabei unter einem Zentimeter“, sagt Pfeffer. Der gesamte Stahlwasserbau, inklusive Rechenreinigungsmaschine und Schützen wurde nach den Plänen von Christoph Pfeffer von der Firma Krönauer Maschinenbau aus Geisersthal realisiert. Selbstredend wurde auch die Druckrohrleitung vom Feinrechen bis zum neuen Krafthaus neu erstellt. Zum Einsatz kamen dabei über eine Länge von 250 Meter GFK-Rohre aus



Christoph Pfeffer ist Planer, Bauherr und Betreiber in Personalunion. Sein Maschinensatz mit einer Kaplan turbine in einer frei stehenden Metallspirale und dem EME-Permanentgenerator mit 1.000 Upm dürfte derzeit ziemlich einzigartig in Europa sein.

dem Hause HOBAS DN1280. Verlegt wurde die Rohrleitung, die übrigens pfeilgerade bis zur Einmündung ins Maschinenhaus verläuft, im Herbst 2010, während die Altanlage noch in Betrieb war. Nach der Winterpause ging es dann gegen Ende April letzten Jahres mit dem Bau der Wehranlage und parallel dazu mit der Eintiefung im Unterwasserkanal weiter. Mit dieser Eintiefung, der tieferen Situierung des Maschinenhauses und der Erhöhung des Einlaufkanals gelang es dem Planer, die Bruttofallhöhe von bislang 10,0 m auf 13,6 m zu erhöhen. Die finalen Bauarbeiten umfassten schließlich die Errichtung des neuen Krafthauses, das im Oktober letzten Jahres bezugsbereit für die neuen Maschinen war.

**DER MASCHINENSATZ - EIN UNIKAT**

Und – wie sollte es anders sein – auch in punkto Maschinensatz gab sich der clevere Planungsingenieur aus dem Bayerischen Wald nicht mit Technik „von der Stange“ zufrieden: „Angesichts der Erhöhung der Restwassermenge war mir im Vorfeld klar, dass ein wirtschaftlicher Betrieb nur zu erreichen ist, wenn der Gesamtwirkungsgrad der Anlage auf ein Maximum hin ausgereizt wird. Speziell bei den Maschinen spielten neben der Verfügbarkeit nun auch deren Leistungseffizienz die entscheidende Rolle.“ Nicht exotisch, und dennoch nicht allzu gängig scheint die gewählte Turbinenlösung vom renommierten oberösterreichischen Wasserkraftspezialisten GHE. Pfeffer entschied sich für eine doppelt regulierte Kaplan turbine mit einer freistehenden Metallspirale. „Mir war klar, dass GHE meine Turbine auf die hydraulischen Gegebenheiten auf den Liter maßgenau ‚schneidert‘ – und die Kaplan turbine ausgezeichnete Wirkungsgrade erreicht. Durch den Verzicht auf eine betonierte Einlaufspirale wollte ich darüber hinaus erreichen, dass das Triebwasser ohne Material- oder Geometriewechsel direkt zur Turbine gelangt. Damit werden eventuelle Strömungsveränderungen eliminiert – und die Effizienz der Maschine noch ein klein wenig gesteigert“, so der Planer.

Und noch eine Besonderheit zeichnet die Turbine im neuen Kraftwerk Dörfelmühle aus: Die Dichtung des Laufrades wurde – was bislang noch nicht Standard war – als Gleitringdichtung mit zwei keramischen Dichtflächen ausgeführt. Ein qualitativ äußerst hochwertiges System, wofür keine Fettschmierung mehr erforderlich ist, welches dafür aber die Zustrahlung von Kühlwasser verlangt. Dies wurde über ein spezielles Hochdruckaggregat realisiert.

**AUF HERZ UND NIEREN GEPRÜFT**

Was in Sachen „Maßschneiderei“ auf die Turbine zutrifft, hat auch im Hinblick auf den Generator volle Gültigkeit. Wobei im vorliegenden Fall noch dazukommt, dass der Betreiber auf die absolut neueste Entwicklung am Wasserkraft-Generatorenmarkt zurückgreifen wollte: und zwar auf einen Permanentmagnet-Generator aus dem Hause EME. „Ich wollte einen Generator mit einem extrem hohen Wirkungsgrad. Und für kleine Leistungen wie bei diesem Kraftwerk ist es sensationell, wenn ein Generator 96 Prozent Wirkungsgrad mitbringt. Daher war ich erstaunt, dass EME einen derartigen Generator bauen konnte, der überdies mit einer Nenndrehzahl von 1.000 Upm läuft“, erläutert Pfeffer. Bei all den Vorschusslorbeeren der neuartigen Generortechnik war dem Betreiber allerdings auch bewusst, dass es sich um eine relativ junge Technologie handelt, die unter Umständen auch „Kinderkrankheiten“ aufweisen könnte. Aus diesem Grund war Christoph Pfeffer sehr wichtig, dass die Maschine nicht nur am Prüffeld des Herstellers im badischen Ettlingen, sondern auch durch spezialisierte Techniker im Praxisbetrieb auf Herz und Nieren getestet wurde. „EME hat auf mich einen sehr kompetenten Eindruck gemacht. Da weiß man,



Foto: zek

Am Ende des Freispiegelkanals wurde ein vollautomatisches Fallschütz, sowie der Feinrechen mit einer Teleskoparm-Rechenreinigungsmaschine installiert. Sämtliche Stahlwasserbauteile stammen von der Firma Krönauer Maschinenbau aus Geiersthal bei Teisnach. Vor allem der Feinrechen hat es in sich: Er wurde komplett in Edelstahl ausgeführt, damit er möglichst widerstandsfähig gegen das relativ saure Milieu des Triebwassers ist. Außerdem wurde nach den Plänen von Christoph Pfeffer ein extrem enger Stababstand von unter 1 cm realisiert.

wie man Generatoren baut. Und mein Generator ist tatsächlich eine wissenschaftlich untersuchte und analysierte Maschine. Etwa für den Test der Überdrehzahl wurde sie am Prüfstand für 15 Minuten auf 2.000 Umdrehungen gehalten. Das ist für den Generator kein Problem.“

**ÜBERDREHZAHLE ABGEBREMST**

Dabei kann der erfahrene Betreiber ausschließen, dass die Maschine jemals in diesen Schleuderdrehzahlbereich kommt. Pfeffer: „GHE hat dafür ein bestens funktionierendes System entwickelt, um eine allzu große Überdrehzahl abzufangen. Das Prinzip ist eigentlich nicht kompliziert: Etwa bei einem

Netzausfall wird das Laufrad ganz aufgefahren und gegenläufig dazu fährt das Leitrad zu. Durch diese künstlich herbeigeführte, schlechte Anströmung erfolgt die Abbremsung relativ rasch, sodass die Maschine eine Überdrehzahl von 1.600 Upm nicht überschreiten sollte.“

Steuerungstechnisch vertraut der Betreiber auf das bewährte System HEROS, ebenfalls von GHE. Dieses umfangreiche System garantiert nicht nur die Regelung und Steuerung von Turbine und Generator, sondern darüber hinaus auch jene von sämtlichen Kraftwerkszusatzaggregaten. Auch die Überwachung von Stauziel und Restwasserabgabe übernimmt HEROS.



Foto: zek

Diese Nagespuren im Bereich Unterwasserkanal verraten, dass hier ein Biber zuhause sein muss.

Ingenieurbüro für Energie- und Umwelttechnik  
**DIPL. ING. (FH) CHRISTOPH PFEFFER**  
 ingenieurbüro Pfeffer    fon: 09921 97171012  
 Stadtplatz 9            fax: 09921 97171010  
 94209 Regen            email: ib.pfeffer@arcor.de

**Technische Daten**

- Nettofallhöhe: 12,87 m
- Ausbaudurchfluss: 1,3 m³/s
- Turbine: Kaplan-Spiralturbine (doppelt reguliert)
- Fabrikat: GHE Laufrad ø: 472 mm
- Ausbauleistung: 148 kW
- Regelarbeitsvermögen: 700.000 kWh
- Generator: Permanentmagnetgenerator
- Fabrikat: EME
- Gen.-Nennleistung: 180 kVA
- Spannung: 400 V
- Frequenz: 50 Hz
- Drehzahl: 1.000 rpm





Der alte Maschinensatz aus den 1960ern brachte es im Jahr auf knapp 400.000 kWh.

Foto: zek



Der neue High-tech-Maschinensatz mit dem Permanentgenerator erzeugt rund 700.000 kWh.

Nennleistung der doppelt regulierten Kaplan-turbine bei 148 kW. Der Permanentgenerator von EME ist auf eine Nennscheinleistung von 180 kVA ausgelegt. Der hochmoderne Maschinensatz wird im Regeljahr etwas mehr als 700.000 kWh erzeugen. Das bedeutet – wie oben erwähnt – eine Verdoppelung der bisherigen Jahreserzeugung.

**UMFASSENDES ÖKO-KONZEPT**

Der Erfolg des Kraftwerks Dörflmühle liegt allerdings nicht nur in seiner Energieeffizienz. Auch in Sachen Ökologie gelang es dem Planer Höchststandards zu erreichen. So wurden etwa als Ausgleichsmaßnahmen zum Schutz des angrenzenden Moores Dämmriegel aus Lehm gebaut, es wurden Wurzelstöcke eingebaut, ein Auwald wurde wieder aufgeforstet, Seitengewässer angebunden, Weidenstecklinge gesetzt, Totholz eingebracht, Kieszonen errichtet und so manches andere mehr. „Das war aufwändig, doch am Ende freut es den Betreiber ja auch, wenn seine Anlage Teil einer intakten Natur ist. Außerdem wäre es heute kaum mehr möglich ein Kraftwerk an der Grenze zu einem Naturschutzgebiet ohne ein umfassendes ökologisches Konzept zu bauen“, bringt es der Betreiber resümierend auf den Punkt.

**EXAKTE MESSDATEN AUS 20 JAHREN**

Bei der hydraulischen Auslegung seiner neuen Turbine konnte sich Christoph Pfeffer auf sehr genaue, aussagekräftige Messdaten stützen, die ein gutes Bild des Abflussverhaltens des Kleinen Regens wiedergaben. „Der Kleine Regen ist ein Abfluss der Trinkwassersperre Frauenau, der somit keine natürliche Abflusscharakteristik hat. Das hat natürlich einerseits den Vorteil, dass die Hochwässer dadurch seltener werden. Andererseits haben

unsere Messungen aus den letzten 20 Jahren belegt, dass die maximale Abgabe 1.300 l/s nicht übersteigt. Und dahingehend ist auch das maximale Schluckvermögen unserer neuen Maschine ausgelegt. Als Planer hat man nicht oft so exakt fundierte Daten über das Mittelwasser eines Gewässers. Dementsprechend genau konnten wir die gesamte Anlage planen und auslegen“, erklärt Pfeffer. Bei einer Nettofallhöhe von 12,87 m und dem Schluckvermögen von 1,30 m<sup>3</sup>/s liegt die

und Strom ist überall...

[www.eme-generatoren.de](http://www.eme-generatoren.de)



**Stromerzeuger und rotierende Frequenz-Umformer in individueller Ausführung**

- > Eigen- und fremderregte Synchrongeneratoren Schutzart IP23 bis IP69K (10–1.100 kVA)
- > Rotierende Frequenzumformer (50/60–400 Hz)
- > Permanenterregte Synchrongeneratoren
- > Flüssigkeitsgekühlte Synchrongeneratoren
- > Generatoren mit Zertifizierung, ATEX-Zulassung



EME Elektro-Maschinenbau  
Ettlingen GmbH  
Nobelstraße 16  
76275 Ettlingen  
Fon +49 7243 - 320606

