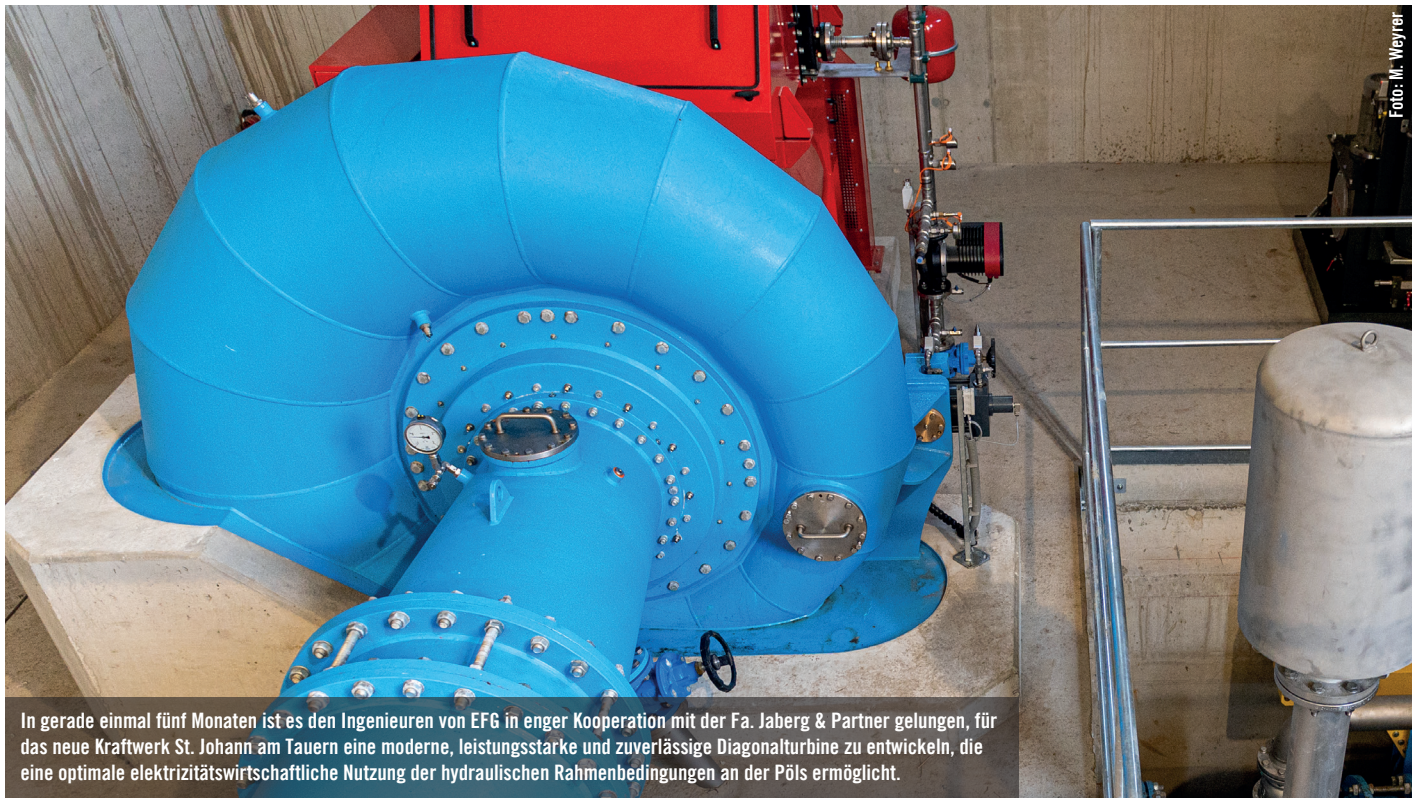




In gerade einmal fünf Monaten ist es den Ingenieuren von EFG in enger Kooperation mit der Fa. Jaberg & Partner gelungen, für das neue Kraftwerk St. Johann am Tauern eine moderne, leistungsstarke und zuverlässige Diagonalturbine zu entwickeln, die eine optimale elektrizitätswirtschaftliche Nutzung der hydraulischen Rahmenbedingungen an der Pöls ermöglicht.

## TURBINENINNOVATION IN STEIRISCHEM KRAFTWERK SORGT FÜR AUFSEHEN IN DER BRANCHE

*Für mittlere Fallhöhen im Bereich von etwa 20 bis 100 m und stark schwankenden Durchfluss gilt unter Fachleuten ein Turbinentyp grundsätzlich als Idealvariante: die Diagonalturbine. Nur zwei bekannte Nachteile sprachen mitunter gegen einen Einsatz dieses Maschinentyps, der im Wesentlichen schon seit mehreren Jahrzehnten auch in der Kleinwasserkraft angeboten wird: eine gewisse Kavitationsanfälligkeit sowie die besondere Komplexität des Verstellmechanismus der Laufschaufeln. Für das neue Kraftwerk St. Johann am Tauern hat der findige Kärntner Wasserkraftallrounder EFG Turbinenbau mit einigen innovativen Ansätzen eine Neuauflage für das Turbinenkonzept der Diagonalturbine erarbeitet und mit Erfolg umgesetzt. Seit Dezember letzten Jahres ist die knapp 500 kW starke Maschine im Einsatz: effizient, leistungsstark und absolut zuverlässig.*

**T**radition und Naturverbundenheit sind für Michael Weyrer mehr als nur Schlagworte. Auf 438 ha betreibt er mit seiner Familie in den Ausläufern der kärntnerischen Nockberge das Waldgut Granig. Man setzt auf biologische Land- und Forstwirtschaft, artgerechte, nachhaltige Jagd und sanften Tourismus. Naheliegend, dass saubere Stromgewinnung aus heimischen Ressourcen seit langem ebenfalls ein Thema für den findigen Unternehmer ist. Nachdem er in der Vergangenheit bereits zwei Kleinwasserkraftwerke errichtet hatte, konnte er vor wenigen Jahren ein weiteres Kleinwasserkraftprojekt von zwei Initiatoren an der steirischen Pöls übernehmen. „Grundsätzlich beruht das Konzept darauf, drei altgediente Kleinkraftwerke in der Ausleitungsstrecke durch ein einziges, modernes Kleinkraftwerk zu ersetzen. Dadurch sollte sich die Wirtschaftlichkeit massiv steigern lassen“, erzählt Michael Weyrer. Nicht zuletzt

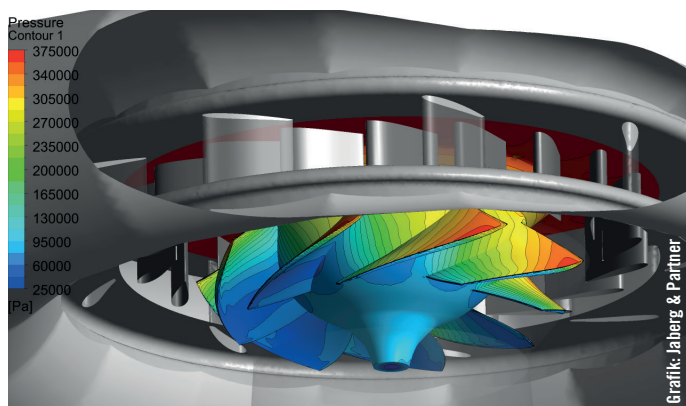
auch deshalb, weil man vom ursprünglichen Maschinenkonzept, zwei Durchströmturbinen, abrückte, und nach einer deutlich effizienteren Variante suchte.

### OFFEN GEGENÜBER NEUER TECHNIK

Vor der Suche der optimalen maschinentechnischen Lösung musste man sich den Standort einmal genau anschauen: Das Ausleitungskraftwerk, das an der Pöls unweit der Gemeinde St. Johann am Tauern errichtet wurde, nutzt eine Netto-Fallhöhe von rund 36,5 m. Über eine rund 2,3 km lange Druckrohrleitung, bestehend aus GFK-Rohren, wird das Triebwasser im Ausmaß bis 1,5 m<sup>3</sup>/s zum Maschinenhaus geführt. Der Minimalabfluss wird mit circa 250 l/s angegeben, wobei dieser bei eisigen Temperaturen im Winter mitunter auch auf 170 bis 180 l/s absinken kann. Um unter diesen Bedingungen sowohl im Volllast- als auch im Teillastbereich effizient und relativ

tolerant gegenüber Schwankungen arbeiten zu können, schien der Einsatz von zwei Durchströmturbinen, wie ursprünglich geplant, nicht der Königsweg zu sein. EFG-Geschäftsführer Werner Goldberger räumt ein, dass die Anregung für den Wechsel hin zu einer Diagonalturbine im Grunde vom Betreiber selbst kam, der sich neuen technologischen Ansätzen gegenüber sehr offen zeigte. „Nach intensiven Überlegungen und Diskussionen war für Michael Weyrer klar, dass er mit einer einzigen Maschine einen möglichst breiten Durchflussbereich abdecken und sein Kraftwerk das ganze Jahr über in Betrieb halten wollte, ohne dass es zu einem übermäßigen Wirkungsgradabfall oder gar Teillast-Schwingungen kommt. Und das war im Prinzip nur mit einer Deriaz-Turbine auf höchstem Umsetzungsniveau möglich. Auf seine Frage, ob wir ihm eine effiziente Diagonalturbine bauen könnten, mussten wir nicht lange nachdenken – erste





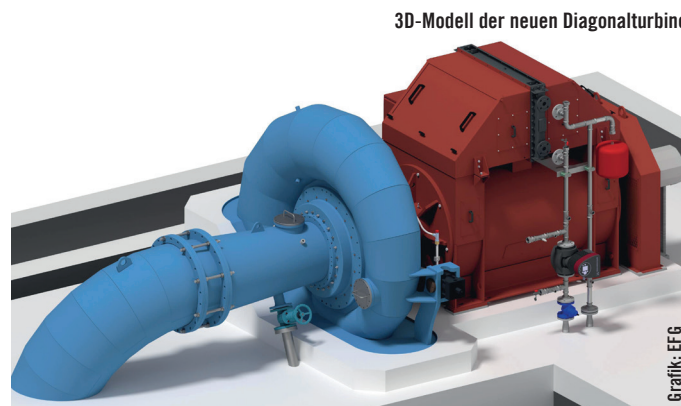
Druckverteilung im Bestpunkt des Laufrads aus der CFD-Simulation

Konzepte waren bereits in Entwicklung. Wir haben sein Vertrauen als Verpflichtung und die technische Herausforderung als besonderen Reiz gesehen. Eine Herausforderung, der wir uns mit unseren kompetenten Maschinenbauern gerne stellen wollten.“ Unter der Leitung von DI Gero Pretis gelang es EFG innerhalb von wenigen Monaten gemeinsam mit DI Dr. Jürgen Schiffer von Jaberg & Partner ein hydraulisches sowie ein mechanisches Design für eine Diagonalturbine zu entwickeln, und dies in ein realisierbares Maschinenkonzept umzusetzen.

#### PARAMETER DER VORAUSLEGUNG

In der Vorauslegung der Turbine galt es für die Design-Ingenieure einige Punkte zu berücksichtigen. Zum einen wurde der Bestpunkt der Turbine mit  $1,45 \text{ m}^3/\text{s}$  bewusst nur knapp unterhalb des Ausbaudurchflusses von  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  festgelegt, wobei darüber hinaus auch auf die Forderung eingegangen wurde, für zukünftige Anwendungen einen theoretischen Durchfluss von  $1,70 \text{ m}^3/\text{s}$  zu ermöglichen. Zum anderen musste darauf geachtet werden, dass bei einer Saughöhe von knapp 3 Metern (entspricht dem Höhenunterschied von Turbinenachse zum Unterwas-

serpegel) der Kavitationswert SIGMA unterhalb von 0,2 gehalten wird. Die Turbinendrehzahl wurde mit 750 Upm fixiert. „Wir haben dann auf Basis der ersten CFD-Simulationen eine schrittweise Optimierung der Meridiankontur sowie der Schaufelwinkelverteilung vorgenommen. Am Ende sind wir auf eine Leitschaufelzahl von 18 und eine Laufschaufelzahl von 8 gekommen, wobei wir eine etwas höhere Laufschaufelzahl im Hinblick auf das Kavitationsverhalten bevorzugt hätten. Doch die etwas geringere Laufschaufelzahl war eben den stark begrenzten Platzverhältnissen für den Verstellmechanismus geschuldet“, erklärt Jürgen Schiffer und führt weiter aus, dass man im Zuge der Designoptimierung auf eine möglichst feinmaschige Abstimmungen mit EFG betreffend der mechanischen Machbarkeit der Geometrievarianten setzte. Besonderes Augenmerk wurde auf die Laufradspalte und den Neigungswinkel der Verstellachse gelegt.



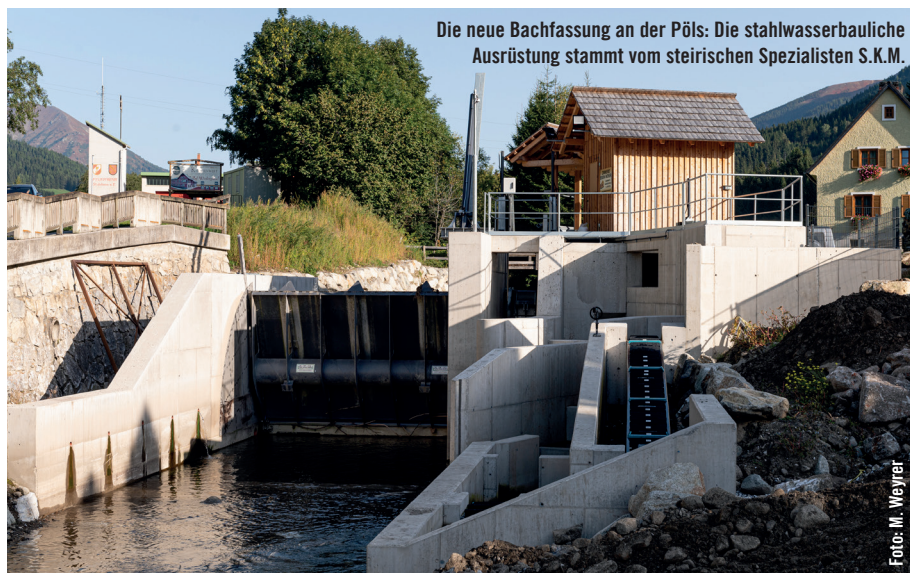
Die Diagonalturbine hat ihren Ursprung in den 1950er Jahren. Sie wurde erstmals als doppelt geregelte Pumpturbine mit verstellbaren Leit- und Laufschaufeln für das kanadische Pumpspeicherkraftwerk Niagara Falls konzipiert und umgesetzt. Als ihr Erfinder gilt der Ingenieur Paul Deriaz. Im Gegensatz zu den meisten hydraulischen Maschinen erfolgt die Strömung in der Deriaz-Turbine weder komplett axial noch radial, sondern als Mischform in diagonalen Richtung. Dank der Option, sowohl die Leit- als auch die Laufschaufeln verstellen zu können, bringt dieser Turbinentyp gegenüber einfach regulierten Maschinen (Francis-Turbine) vor allem im mittleren Fallhöhenbereich markante Wirkungsgrad- und Stabilitätsvorteile über einen weiten Betriebsbereich.

#### FLACHE WIRKUNGSGRADKURVE IN DER TEILLAST

Im Rahmen der numerischen Strömungssimulationen wurde anfänglich die erste Hydraulikversion evaluiert und danach die schrittweise Optimierung der einzelnen Turbinenkomponenten vorgenommen. Arbeitsschritte, die heute natürlich ausschließlich am Computer erfolgen. Am Ende hatten Gero Pretis und sein Team tatsächlich eine kompakte, doppelt geregelte Diagonalturbine entwickelt, die in ihrem Optimalpunkt bei einem Durchfluss von  $1,45 \text{ m}^3/\text{s}$  einen Spitzenwirkungsgrad von ca. 93,5 Prozent erreicht. Zudem zeigte sich ein im Vergleich zu einer Francis-Turbine sehr flacher Wirkungsgradverlauf im Teillastbereich. „Als gelungen zu bezeichnen sind auch die geringen Saugrohrverluste, die über das gesamte Betriebsband bei rund 1

#### Technische Daten

- Ausbauwassermenge:  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- Fallhöhe: 36,5 m
- Turbinentyp: Diagonal-Turbine
- Fabrikat: EFG
- Drehzahl: 750 Upm
- Generator: Synchron
- Fabrikat: Hitzinger
- Druckrohrleitung: Länge 2,3 km
- Material GFK Ø DN1200 & DN1100
- Fabrikat: Amiblu
- Regelarbeitsvermögen: ca. 3 GWh







Prozent liegen. Gerade in diesem Bereich spielt die Deriaz-Turbine ihre Vorteile gegenüber einer klassischen Francis-Turbine aus, die eben im Teillastbereiche verstärkt Strömungsverluste aufweist. Ein weiterer Punkt ist, dass es uns gelungen ist, den Kavitationswert bis zu  $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$  unterhalb des kritischen Werts zu halten“, erklärt der Chef-Entwickler aus dem Hause EFG und führt noch einen weiteren zentralen Aspekt aus: „Neben den beiden genannten Eigenschaften war es sehr wichtig, eine Minimierung des Laufschaufel-Verstellmoments zu erreichen. Denn das war die Grundvoraussetzung für die technische Realisierbarkeit des Verstellmechanismus in einer eben sehr kompakten Maschine.“

#### HAUPTKRITERIUM VERSTELLMCHANISMUS

Die Umsetzung des Konzepts in die Realität erforderte das Know-how eines erfahrenen Turbinenbauers. Materialkenntnis und höchste Präzision waren die Voraussetzung für eine erfolgreiche mechanische Konstruktion. Speziell der geringe Laufradspalt von unter  $0,50 \text{ mm}$  zwischen den Laufschaufeln und dem Laufradmantel erforderte eine entsprechende Präzision in der Fertigung. „Damit der Spalt in dieser Dimension auch langfristig gesichert bleibt, haben wir uns entschieden, ausgewählte, von Reibung und Spaltströmungen betroffene Flächen mit Wolframcarbid zu beschichten. Und für die Lagerung von Lauf- und Leitschaufeln haben wir wartungsfreie Buchsen aus deva-metal® gewählt“, erklärt Werner Goldberger. Die Turbinenbauer von EFG sind sich von Anfang an darüber im Klaren gewesen, dass die größte Herausforderung des Projekts die Realisierung des Verstellmechanismus der 8 Laufschaufeln darstellte. Gegenüber einer konventionellen Kaplan-Turbine ist nicht nur die Laufschaufelzahl höher, sondern der Verstellmechanismus auch deutlich komplexer. Gero Pretis: „Um die Verstellung unter den beschränkten Platzverhältnissen dauerhaft gewährleisten zu können, wurden die räumliche Anlenkung der Schaufeln und die eigentliche Stellfunktion des Antriebs konstruktiv voneinander getrennt. Eine recht komplexe Funktionsteilung, die für die Lösung der Platzprobleme gesorgt hat. Sie

bringt zudem noch andere Vorteile: Auf diese Weise konnten wir das Laufrad vollständig und sicher gegenüber dem Triebwasser abkapseln. Und damit ist auch eine definierte Trennung zwischen den wasserberührten und den ölhdraulischen Komponenten möglich. Ein Kontakt zwischen der Hydraulikflüssigkeit und dem Triebwasser kann damit definitiv ausgeschlossen werden.“

#### ERSTE BETRIEBSERFAHRUNGEN

Nur zwölf Monate nach Auftragserteilung konnte die Turbine, die werkseitig vormontiert wurde, im neuen Kleinkraftwerk an der Pöls in Betrieb genommen werden. Seit dieser Zeit ist die Maschine ohne nennenswerte Unterbrechungen am Netz. Das Resümee von Betreiber und Hersteller fällt dementsprechend aus: „Was uns besonders positiv aufgefallen ist, war die Teillast-Performance im letzten Winter. Gerade in den trockenen Wintermonaten Jänner und Februar ist die Maschine erstaunlich ruhig gelaufen und hat Leistungen erzielt, die sogar über unseren Erwartungen lagen“, freut sich Michael Weyrer. Natürlich ist das auch eine sehr erfreuliche Bestätigung für die exzellente Arbeit der Turbinenbauer – wie Werner Goldberger bekräftigt: „Wir haben nach etwa 3.300 Betriebsstunden eine visuelle Kontrolle des Maschinenkerns vorgenommen. Dabei konnten wir keinerlei auffällige Verschleißanzeichen oder Kavitationsschäden feststellen.“ Mit einem umfangreichen Messprogramm konnte die prognostizierte Performance sowohl im Teil- als auch im Volllastbereich bestätigt werden. Das bedeutet, dass der neue Maschinensatz einen geräuscharmen, stabilen und effizienten Dauerbetrieb im Bereich von 15 bis 100 Prozent Beaufschlagung gewährleistet. Gut möglich, dass EFG mit seinen innovativen Ansätzen dem Konzept der Diagonalturbine am Kleinkraftwerkmarkt nun frischen Wind verleiht.

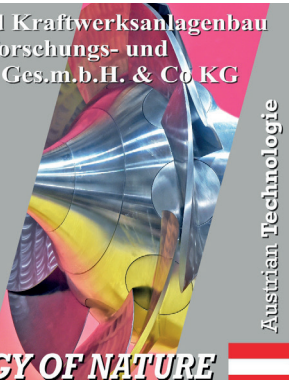


**Turbinen- und Kraftwerksanlagenbau**  
EFG Energieforschungs- und  
Entwicklungs Ges.m.b.H. & Co KG

**Untere Tiebelgasse 16**  
**9560 Feldkirchen**  
Tel. +43 (0) 4276 / 4670  
Fax +43 (0) 4276 / 4670-3  
Mail [office@efg-turbinenbau.at](mailto:office@efg-turbinenbau.at)  
Home [www.efg-turbinenbau.at](http://www.efg-turbinenbau.at)

**KÄRNTEN**

**INSPIRED BY THE ENERGY OF NATURE**



Austrian Technologie

