



Fotos/ Grafiken: DIVE

Die DIVE-Turbinen GmbH & Co KG aus dem bayerischen Amorbach realisierte am Standort in Arignac eine Ein-Turbinen-Lösung mit halbaxialem Laufrad und präsentiert damit ihre neue Innovation für Mittelgefälle.

# ERSTE DOPPELT REGULIERTE DIVE-HAX-TURBINE FÜR MITTELGEFÄLLE GING IN BETRIEB

*Im Juni dieses Jahres ging die erste doppelt regulierte DIVE-Turbine für Mittelgefälle am Standort Arignac in Südfrankreich ans Netz. Damit wurde der Leistungsbereich der DIVE-Turbine, der bislang den Niedriggefällebereich abgedeckt hat, deutlich erweitert. Das hydraulische Design orientiert sich dabei an einer Deriaz- bzw. Diagonal-Turbine und erreicht in Kombination mit der DIVE-Regulierung höchste Wirkungsgrade in allen Betriebspunkten. Das Kraftwerk in Arignac kommt mit einer Fallhöhe von 29 m auf 500 kW Leistung und übertraf damit bereits in den ersten Monaten die Erwartungen bei weitem.*

**D**as Kraftwerk Moulin d'Arignac liegt in Frankreich, südlich von Toulouse. Zwei historische Kraftwerke mit je einer Zwillings-Francisturbine sollten im Jahr 2017 durch eine neue Mittelgefälleturbine ersetzt werden. In einer Kooperation zwischen dem bayerischen Turbinenhersteller DIVE Turbinen GmbH & Co. KG und dem französischen Steuerungsbauer 2Ei Industries, wurde die erste halbaxiale DIVE-Turbine DIVE-HAX im Zuge dieses Projekts zur Marktreife entwickelt. Die numerische Berechnung zur Laufradauslegung führte das Ingenieurbüro Prof. Dr. Jaberg & Partner in enger Zusammenarbeit mit der TU Graz durch.

Im Rahmen der Modernisierung wurden das Einlaufbauwerk und die Rohrleitungen erneuert. Dem Kraftwerk vorgeschaltet ist nun auch ein

flach angestellter Feinrechen mit Abstiegsöffnungen für migrierende Fische. Die Turbine wurde Anfang 2019 installiert und nach Abschluss der Netzanschlussmaßnahmen im Juni 2019 in Betrieb genommen. Seither ist die Anlage ohne Unterbrechungen im Dauerbetrieb.

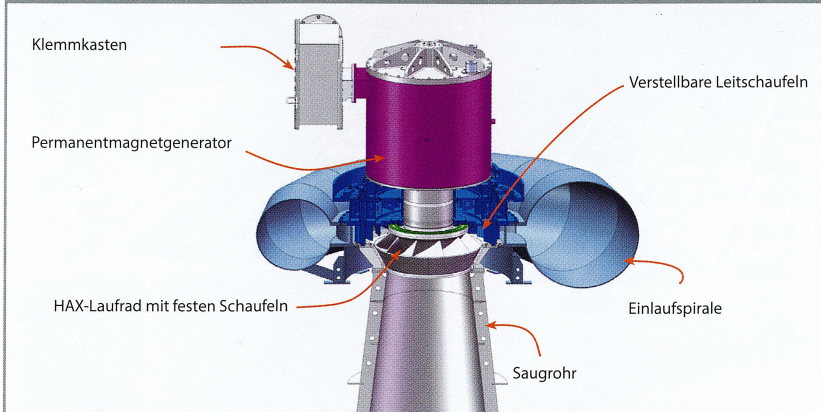
## SO FUNKTIONIERT DIE NEUE DIVE-HAX-TURBINE

Das hydraulische Prinzip der DIVE-HAX-Turbine wurde bereits im 20. Jahrhundert mit der sog. Deriazturbine entwickelt. Die Deriazturbine verfügt über ein halbaxiales Laufrad und ist eine Kombination einer Francis- und einer Kaplan-turbine. Zur Regelung bei unterschiedlichen Wasserständen und Durchflüssen werden die Laufradschaufeln verstellt. Aufgrund der Anzahl an Laufradschaufeln und der Tatsache, dass darauf verhältnismäßig hohe Kräfte wirken, ist die Realisierung der Laufradverstellung durchaus komplex und wartungsanfällig. Dies verhinderte, dass sich die Deriazturbine am Markt etablieren konnte. Mit der Entwicklung von drehzahlvariablen Turbinen mit festen Laufradschaufeln und verstellbaren Leitschaufeln war es der DIVE Turbinen GmbH & Co. KG in den vergangenen zehn Jahren gelungen, die aufwändige Mechanik der Laufradverstellung in Kaplan-turbinen abzulösen: drehzahlvariable DIVE-Turbinen haben feste Laufradschaufeln, während die Drehzahl über Umrichter den Strömungsverhältnissen angepasst wird. Die Erfahrungen und das Know-how im Bereich der Drehzahlregelung ermöglichte es deshalb jetzt auch den Bereich im Mittelgefälle mit drehzahlvariablen DIVE-Turbinen zu erschließen. Das Deriazlaufrad schien dafür eine geeignete hydraulische Form. Durch einen bewussten Verzicht auf die mechanische Verstellbarkeit der Laufradschaufeln bietet die Turbine mit Deriazlaufrad in Kombination mit der Drehzahlregelung eine wirtschaftliche Alternative zu bislang bestehenden Mittelgefälletösungen.



Die werksseitig vormontierte und getestete Turbinen-Generator-Einheit bei der Anlieferung zur Kraftwerksbaustelle.

Mit Hilfe der ausgeklügelten Anlagensteuerung werden die Drehzahl des HAX-Laufrads und die justierbaren Leitschaufeln an die jeweilige Betriebssituation angepasst. Dadurch deckt die DIVE-HAX-Turbine den gesamten Leistungsbereich mit lediglich einer Turbine. Die Leitschaufeln fungieren auch als Verschlussorgan.



Das halbaxiale Laufrad der ersten DIVE-HAX-Turbine misst 640 mm im Durchmesser und ist eine Weiterentwicklung der Diagonal-Turbine. Das hydraulische Design des Laufrads ist somit eine Kombination aus Francis- und Kaplan-turbine.



**NEUE TURBINE MIT HOHER EFFIZIENZ**

Bisher zum Einsatz kommende Mittelgefäl-lösungen im Einsatzbereich der halbaxialen DIVE-HAX-Turbine sind Durchströmturbinen oder zwei kombinierte Francis-Turbinen. Aufgrund der elektronischen Regelung über die Drehzahl und die Leitapparatverstellung kann mit der DIVE-HAX-Turbine der gesamte Leistungsbereich mit lediglich einer Turbine abgedeckt werden. Die doppelt regulierte DIVE-HAX-Turbine kann von 5- bis 100 Prozent des Nenndurchflusses und von 50- bis 150 Prozent der Nennfallhöhe effizient betrieben werden.

Durch die Ein-Turbinen-Lösung bleiben die Kosten für Rohrleitungen und Bauwerk minimal im Vergleich zu Lösungen mit zwei Francis-Turbinen. Im Vergleich mit Durchströmturbinen weist die DIVE-HAX-Turbine wesentlich bessere Wirkungsgrade und weniger Fallhöhenverluste auf. Ein weiterer Vorteil der DIVE-HAX-Turbine ist, dass sie durchgangsfest ist – also kein Risiko für die Mechanik bei Durchgangsdrehzahl besteht. Als Verschlussorgan dient der verstellbare Leitapparat, über den auch der Wasserfluss langsam

reduziert werden kann. So werden kritische Druckspitzen im Rohrsystem vermieden. Ferner kann etwa im Rohrleitungsbau auf Not-schlussventile verzichtet werden.

Die halbaxiale Laufradform hat darüber hinaus Vorteile gegenüber Francis Turbinen in Bezug auf Partikel und Geschiebe, da lediglich der Laufradflügel umströmt wird und keine Umlenkung der Strömung stattfindet. Dies reduziert die Abrasion am Laufrad maßgeblich. Zudem kann sich an den fest verschweißten Laufradschaufeln kein Geschiebe zwischen Nabe und Laufradschaufeln festsetzen. Es kann daher weitgehend auf Entsander verzichtet werden, bzw. können diese wesentlich kleiner ausgeführt werden.

**KALKULIERTE LEISTUNG ÜBERTROFFEN**

Seit Juni ist die DIVE-HAX-Turbine im Kraftwerk Arignac ohne Unterbrechung im Dauerbetrieb und hat insbesondere im Teillastbetrieb – auf Grund des bislang geringen Wasserdargebots – die numerisch ermittelten Leistungen übertroffen. Charakteristisch für die DIVE-Turbine ist das auffallend ruhige Betriebsverhalten im gesamten Drehzahlbereich.

Sie erfüllt damit sämtliche akustischen sowie schwingungstechnischen Voraussetzungen für einen absolut störungsfreien Betrieb. Entwickler und Betreiber warten nun auf höhere Durchflüsse in den Herbst- und Wintermonaten, um den vollen Leistungsumfang der DIVE-HAX-Turbine testen zu können.

**DIVE-HAX-TURBINE MIT NÜTZLICHEN BENEFITS**

Das Kraftwerk Arignac ist seit Juni 2019 im Dauerbetrieb. Die DIVE-HAX-Turbine überzeugt durch ihre hohen Wirkungsgrade über den gesamten Leistungsbereich und das breite Einsatzspektrum bei Fallhöhenschwankungen und Durchflüssen hinunter bis auf 5 Prozent des Nenndurchflusses. Die elektronische Regelung der DIVE-Turbine ermöglicht es außerdem, durch den Umrichterbetrieb Systemdienstleistungen z.B. zur Frequenz- und Spannungsregelung zur Verfügung zu stellen, die bei der Umstellung auf erneuerbare Energien mehr und mehr notwendig werden. Die DIVE-HAX-Turbine kann bei Fallhöhen bis zu 120 m und einer Leistung von bis zu 4 MW eingesetzt werden.

Näheres unter: [www.dive-turbine.de/DIVE-HAX\\_Mittelgefälle](http://www.dive-turbine.de/DIVE-HAX_Mittelgefälle)

**Der Kraftwerksaufbau mit der DIVE-HAX-Turbine:**

- ① Einlaufspirale
- ② Permanentmagnetgenerator
- ③ DIVE-HAX-Laufrad
- ④ Saugrohr
- ⑤ Container mit elektronischer Schaltanlage

