



# DIVE-TURBINE – DIE KOMPAKTE FÜR UNTER WASSER

Foto: zek

*Streng genommen stellt die DIVE-Turbine keine neue Turbine im überschaubaren Spektrum der Wasserkraftmaschinen dar. Vielmehr handelt es sich bei dem gemeinsamen Patent der Fella Maschinenbau GmbH und Oswald Elektromotoren GmbH um ein neuartiges Konzept für die Verschmelzung von Turbine und Generator – ein innovatives Turbinen- und Antriebskonzept für Kleinwasserkraftwerke. Durch ihre kompakte Bauform wird die DIVE-Turbine unter Wasser betrieben und dabei völlig überspült. Die Wirkungsgradmaximierung erfolgt über die Anpassung der Drehzahl.*

**S**eit rund 15 Jahren beschäftigt sich die FELLA Maschinenbau GmbH, beheimatet in Amorbach am Rande des bayerischen Odenwaldes, mit der Entwicklung drehzahlvariabler Turbinen. Angespornt von guten Erfahrungen aus ersten Versuchen mit derartigen Maschinen setzten sich die Ingenieure des Familienbetriebes zum Ziel, eine einfach herzustellende und zugleich robuste Turbine zu entwickeln. Dabei fehlte zu Beginn allerdings eine wesentliche Grundlage: ein solides Generator-Konzept.

Als denkbar günstiger Umstand entpuppte sich dabei die Entwicklung des „TF-Motors“ (Torque- bzw. Drehmoment-Motor) durch die OSWALD Elektromotoren GmbH. Mithilfe dieses Permanentmagnet-Synchrogenerators – und das war den Ingenieuren bei FELLA und OSWALD schnell bewusst – war der ideale Generator für eine kompakte dreh-

zahlvariable Wasserkraftturbine gefunden. Der Maschinentyp sollte eine direkte Verbindung von Generator und Laufrad ermöglichen. Das Prinzip der DIVE-Turbine war geboren.

### HOHER GESAMTWIRKUNGSGRAD

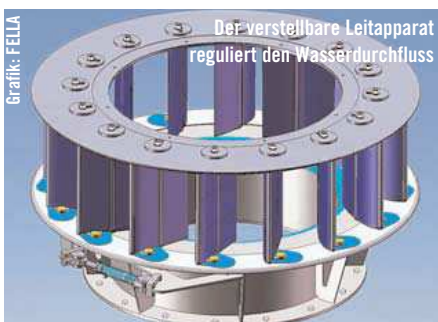
„Gemeinsam gingen wir daran, den ersten Prototypen mit dem neuen TF-Motor, DIVE-Dichtung und –Lagerung auszurüsten. Parallel dazu wurde mithilfe der Fachleute von OSWALD und SCHOTT Technik die Energieeinspeisung optimiert“, erzählt Geschäftsführer Günter Fella. Die kompakte Bauform des Generators eröffnete neue konstruktive Möglichkeiten, sodass die Maschinenbau- und Elektrotechnikingenieure von FELLA Maschinenbau GmbH und OSWALD Elektromotoren GmbH eine höchst kompakte Turbinen-Generator-Einheit mit integrierter Lagerung und verschleißfreier Dichtung entwerfen konnten.

Der TF-Motor ist in der Lage, bei geringen Drehzahlen ein sehr hohes Drehmoment zu bewältigen. Diese Eigenschaft erlaubt eine direkte getriebelose Verbindung von Generator und Laufrad. Der Generator erreicht den sehr guten Wirkungsgrad von 95 bis 98 %, welcher das Resultat aus der bauartbedingten Permanentmagneterregung ist. „Im Gegensatz zu herkömmlichen fremderregten Wasserkraftgeneratoren muss das Magnetfeld des

Rotors hier nicht mehr induziert werden. Somit entfallen die üblichen Verluste“, führt Fella aus.

### STARRER PROPELLER

Auf eine Verstellbarkeit der Laufflügel wurde ganz bewusst verzichtet. Die Fachleute entschieden sich für einen starren Propeller, die Anpassung an die unterschiedlichen Triebwassermengen sollte eben einerseits über einen verstellbaren Leitapparat und andererseits über den drehzahlvariablen Betrieb gewährleistet sein. Gemeinsam mit dem IHS der Universität Stuttgart wurde ein moderner Propeller entworfen, der einen möglichst hohen Wirkungsgrad erreichen sollte. „Wenn man den Laufradflügel dafür nicht verstellen muss, hat man mehr hydraulische Gestaltungsmöglichkeiten“, sagt Fella. Nabe oder Kessel müssen nicht kugelig ausgeführt sein. Dadurch entsteht nur ein minimaler Spalt zwischen Flügel und Turbinenkessel, womit die Verlegung durch Laub und anderes Geschwemmsel verhindert wird. Zentrales Element der DIVE-Turbine ist die moderne und zuverlässige Umrichter-technik. Diese ermöglicht das völlig drehzahlvariable Konzept von 20 bis 120 % Nenndrehzahl. Modernste Hochleistungselektronik, vollautomatische Steuerung mit Fernüberwachung runden das „Paket“ der DIVE-Turbine ab.



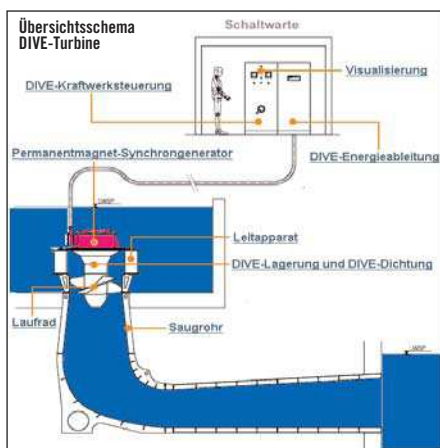


Der Rechen dient hier nur als Mannschutz.

## DIE VORTEILE SPRECHEN FÜR SICH

Die Ingenieure rund um Günter Fella hatten sich zum Ziel gesetzt, eine absolut wartungsfreie und dabei höchst robuste Turbinentechnik auf den Markt zu bringen. Das gelang einerseits durch eine absolute Minimierung von bewegten Teilen und andererseits durch ein System, in dem ein fixes Laufrad direkt mit dem Generator verbunden ist. Hinzu kommt, dass alle wasserberührenden Teile aus rostfreiem Edelstahl bestehen, und die Generator-Turbineneinheit durch eine wartungs- und verschleißfreie Dichtung versiegelt wird.

Die FELLA Maschinenbau GmbH bietet die DIVE-Turbine individuell an die hydrologischen Gegebenheiten angepasst an. Durch ihren hohen Gesamtwirkungsgrad, ihre Langlebigkeit, ihre kompakte Bauart und das günstige Preis-Leistungsverhältnis erschließt das Turbinenkonzept neue Perspektiven für den Einsatz in der Wasserkraft. Die DIVE-Turbine erweist sich nicht nur bei beengten Platzverhältnissen bestehender Bauwerke oder in Restwasserkraftwerken als höchst vorteilhaft. Darüber hinaus kann sie überall dort optimal eingesetzt werden, wo ein Betrieb im Hochwassergebiet in Frage kommt. Auch die kurze Einbauzeit sowie die ausgesprochene Geräuscharmheit sprechen für die neue Turbine aus Amorbach. Der typische Einsatzbereich liegt bei Fallhöhe von 2 bis 10 Metern und einem Durchfluss von 1,5 m<sup>3</sup>/s bis 18 m<sup>3</sup>/s. Der wirtschaftliche Leistungsbereich liegt zwischen 50 bis etwa maximal 800 kW. Fazit: Ein neues Konzept, das alle technischen Anforderungen an moderne Wasserkraftwerke für geringe Fallhöhen erfüllt.



## “Erfolg durch Zusammenspiel verschiedener Kräfte”

Günter Fella über die Entwicklung der DIVE-Turbine

**zek:** Herr Fella, seit wann arbeiten Sie an der „DIVE-Turbine“?

**Fella:** Seit rund 15 Jahren entwickeln wir drehzahlvariable Turbinen. In einem ersten Versuch wurde als Ersatz für ein marodes Francis-Laufrad ein axiales rückwärts angeströmtes Pumpenlaufrad verwendet. Drehzahlvariabel betrieben war es eine gute Lösung und für ein stark schwankendes Wasserdargebot verwendbar. Leider stand uns noch kein standfestes Generator-Konzept zur Verfügung. Der Läufer der doppelt gespeisten Asynchronmaschine war mit einer Teilleistung über Schleifringe mit einer Umrichtereinheit gekoppelt. Diese Anordnung mit Schleifringen erwies sich als nicht stabil. Die Reaktion der Axialmaschine auf die Drehzahlvariierung war jedoch überzeugend.

**zek:** Gab es in der Entwicklung auch Rückschläge?

**Fella:** Oh ja, schwere Rückschläge waren die Erfahrungen mit der doppeltgespeisten Asynchronmaschine. Die Schleifringe, die in den Gleichstromantrieben gute Dienste geleistet haben, waren hier auf Grund von spezifischen Gegebenheiten nicht brauchbar. Am Anfang wurde auch die Problematik des Saugrohrs unterschätzt. Jedoch haben wir im Rahmen der langjährigen Zusammenarbeit mit dem IHS der Universität Stuttgart einen gangbaren Weg gefunden. Heute klappt das prima!

**zek:** Welche Rolle spielte der Generator?

**Fella:** Durch die Zusammenarbeit mit Oswald Elektromotoren GmbH war überhaupt erst denkbar geworden, sich diesem Thema gänzlich anzunehmen und das auch alles durchzustehen. OSWALD entwickelte in den letzten Jahren seine so genannten Torque-Motoren, Permanentmagnet Synchronmaschinen. Wir waren von Anfang an miteinbezogen, da bei solchen Konstruktionen der Maschinenbau von uns als Zulieferer gefertigt wird. Hierbei wurde sehr früh klar, dass diese Maschine die ideale Generatoreinheit für die Anwendung in der Wasserkraft darstellt.

Als dann noch der Entwicklungsingenieur von Oswald, Michael Walter seine Francis mit dem neuen Torque-Motor ausrüsten wollte, war klar wohin das führt...

Gemeinsam realisierten wir den ersten Prototypen mit dem neuen TF-Motor, DIVE-Dichtung und -Lagerung. Im Rahmen dieses Prototypenbaus wurde auch die Energieeinspeisung durch die Ingenieure von Oswald und Schott Technik optimiert. Bei den ersten Überlegungen ging es gar nicht so sehr um die hohen Wirkungsgrade,

sondern um die Eliminierung jeder Art von Übersetzung. Gewollt war die direkte Verbindung von Laufrad und Generator!

**zek:** Was war das größte Hindernis auf dem Weg zur „DIVE-Turbine“ von heute?

**Fella:** Finanzielle Hindernisse: als eher kleine Firma waren wir nicht alleine in der Lage, nur auf Grund der Erfordernisse der Wasserkraft solche neuen grundlegenden Entwicklungen zu stemmen, erst das Zusammenspielen unterschiedlicher Kräfte hat uns in die Lage gebracht das „DIVE-Konzept“ zu verwirklichen. Nachdem die Torque-Motoren in der heutigen Bauform zur Verfügung standen, war das Konzept eine logische Konsequenz.

**zek:** Was ist im „Lieferumfang“ der Fella Maschinenbau GmbH neben der DIVE-Turbine noch erhältlich?

**Fella:** Grundsätzlich immer als Einheit: Turbinen-Generator-Einheit, Leitapparat, Saugrohrauslegung, Saugrohrfertigung, gesamte Kraftwerksregelung und Steuerung, Netzanbindung, Kompakthydraulikaggregate. Im Prinzip alle elektromechanischen Komponenten vom Wasser bis zum Netz.

**zek:** Wie lautet die Firmenphilosophie der FELLA Maschinenbau GmbH?

**Fella:** Für die meisten unserer Kunden sind wir eine Art „flexibler und zuverlässiger Problemlöser“, auch in der Wasserkraft.

**zek:** Was bedeutet Ihnen die Arbeit am Feld der erneuerbaren Energien?

**Fella:** Um die Energiewende hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung so schnell wie möglich zu realisieren werden vielfältige Aufgaben und Probleme zu bewältigen sein. Es freut uns dass wir mit unserer DIVE-Turbine im Kleinen an der Energiewende mitarbeiten können.

**zek:** Danke für das Gespräch!



Günter Fella, Geschäftsführer der FELLA Maschinenbau GmbH