



# Stabilisiert die Turbine

## Ölfreie Druckluft unterstützt den reibungslosen Betrieb von Wasserkraftanlagen

Frank Hilbrink

*Aus Altersgründen stand in einem Wasserkraftwerk die Erneuerung der Drucklufttechnik an. Um die Belastung des Kreislaufwassers zwischen Ober- und Unterbecken durch den Eintrag von Öl zu vermeiden, sollte die Erzeugung der Stabilisierluft für die Turbinen auf jeden Fall ölfrei realisiert werden. Nach umfangreicher Marktanalyse ersetzte man die bisher eingesetzten Rotationsverdichter durch ölfrei verdichtende, dreistufig arbeitende Turbokompressoren. – Eine Lösung, die in der Praxis überzeugt.*

Dipl.-Ing. Frank Hilbrink, Key Account Manager bei Almig Kompressoren in Köngen

**W**ind- und Solarstrom lassen sich über die Technik der Pumpspeicherung speichern. Hier wird Wasser in Ökostrom-Überschusszeiten in einem Wasserkraftwerk aus einem Unterbecken über ein Röhrensystem in ein höher gelegenes Oberbecken gepumpt. In Zeiten mit elektrischem Spitzenbedarf wird dieses Wasser dann in das Kraftwerk zurückgeführt, wo es über eine oder mehrere Turbinen einen oder mehrere Generatoren zur Stromerzeugung antreibt. Anschließend wird das Wasser dann für einen kontinuierlichen Kreislauf erneut im Unterbecken gespeichert. In diesem Verfahren wird die elektrische Energie also zunächst in potentielle Energie umgewandelt, die dann als elektrische Energie wieder ins Netz eingespeist wird.

Nach diesem Verfahren arbeitet auch das 1976 in Betrieb genommene Pumpspeicherwerk Rodundwerk II der Vorarlberger Illwerke AG in Schruns-Rodund ca. 60 km südlich von Bregenz. Im Zuge einer Generalüberholung mit Austausch des kompletten Maschinensatzes wurde die Leistung der Turbine von 276 auf 295 Megawatt und des Generators von 310 auf 345 Megavoltampere erhöht. Im Dezember 2011 wurde das Kraftwerk erneut in Betrieb genommen.



## Ölfreie Druckluft als Stabilisierluft

Francis-Maschinen in dieser Größenordnung benötigen im Turbinen-Betrieb Druckluft als sog. Stabilisierluft zur möglichen Verringerung von Schwingungen, von Kavitations- und Lagerschäden. Sie wird in der Mitte des Laufrades eingepulst und tritt über Bohrungen zwischen den Turbinenschaufeln als feine Luftblasen aus. Durch Vermischung mit dem Wasser ergibt sich eine stabilisierende Wirkung.

Seit der Inbetriebnahme des Kraftwerks im Jahr 1976 wurde diese Stabilisierungsluft mit Rotationsverdichtern erzeugt. Diese Verdichter sollten aus Altersgründen 2008 durch neue Anlagen ersetzt werden. Den bisherigen Hersteller gab es zu diesem Zeitpunkt nicht mehr, was auch die Ersatzteil-Versorgung zunehmend schwieriger gemacht hatte. Als Konsequenz aus dieser Situation wurde die neu zu installierende Stabilisierluft-Erzeugung mit einem anderen Hersteller realisiert. Ebenfalls wurde ein geändertes Verdichterprinzip gewählt. „Für uns gilt ein unverrückbares Grundprinzip: In unserer gesamten Technik wollen wir auf jeden Fall die Belastung des Kreislaufwassers zwischen

Ober- und Unterbecken durch den Eintrag von Öl absolut vermeiden. Deshalb wollten wir unser Konzept für die Erzeugung von Stabilisierluft ölfrei realisieren. Nach einer umfangreichen Marktanalyse haben wir uns zusammen mit dem Turbinenlieferanten für ölfrei verdichtende, dreistufig arbeitende Turbokompressoren der Dynamic-Baureihe von Almig entschieden“, erklärt Hubert Thomma vom Betriebsmanagement des Pumpspeicher-Kraftwerks.

Als wesentlichste Kaufgründe für diese Entscheidung nennt Ingenieur Thomma neben den günstigeren Investitionskosten und der sofortigen ölfreien Druckluft-Erzeugung den kompakten und trotzdem leicht zugänglichen Aufbau der Anlagen. Dadurch bauen die Dynamic-Turbokompressoren ca. 60 % kleiner als Schraubenkompressoren vergleichbarer Leistung. Es sprechen aber noch weitere Argumente für den Einsatz von Turboverdichtern:

- Sofort ölfrei verdichtende Schraubenkompressoren weisen einen deutlich schlechteren energetischen Wirkungsgrad auf, verbunden mit einer demzufolge wesentlich schlechteren Wirtschaftlichkeit. Außerdem haben die Verdichterstufen nur eine Standzeit von ca. 30 000 Bh und einen erheblich höheren Wartungsaufwand als Turboverdichter.

- Bei Schraubenkompressoren mit Ölein-spritzkühlung ist eine anschließende ölfreie Aufbereitung unerlässlich. Hier sind vor allem die damit verbundenen Zusatzkosten bei der Investition und für die laufende Wartung, die Entsorgungskosten für das kontaminierte Filtermaterial sowie die nie auszuschließenden Restrisiken eines Öldurchbruchs im Aufbereitungssystem zu nennen.

## Erst zwei, dann vier Turboverdichter

„Nach der Umstellung auf Turboverdichter und auf das Fabrikat Almig hatten wir dann bis zur Generalüberholung zunächst zwei kleinere Anlagen aus der Dynamic-Baureihe

im Einsatz. Eine Anlage fuhr die Hauptlast, die zweite wurde im Wechsel als Redundanz vorgehalten. In Verbindung mit dem neuen leistungsstärkeren Maschinenatz mussten wir dann aber auch die Kapazität unserer Stabilisierluft-Erzeugung erweitern und zwei zusätzliche leistungsstärkere Verdichter anschaffen. Die neuen voraussichtlichen Bedarfswerte hatte der Turbinen-Hersteller im Vorfeld durch Modellversuche ermittelt. Auch in diesem Fall haben wir uns zunächst wieder zusammen mit dem Turbinenhersteller am Markt umgesehen. Wir haben uns dann erneut für zwei Turbokompressoren aus der Dynamic-Baureihe von Almig entschieden. Für diese erweiterte Anlage sprachen auch die guten Erfahrungen, die wir mit diesem für uns neuen technischen Konzept und mit dem Fabrikat seit 2008 gemacht hatten“, betont Ing. Hubert Thomma. Aktuell verfügt das Pumpspeicher-Kraftwerk Rodundwerk II in Schruns-Rodund jetzt im Niederdruckbereich über folgende Kompressor-Leistungen, die mit einem konstanten Höchstdruck von 7 bar gefahren werden: seit 2008 zwei Almig-Turboverdichter des Typs Dynamic, Liefermengenbereich je ca. 18 - 22 Nm<sup>3</sup>/min, Motornennleistung je 160 kW sowie seit Mitte 2012 zusätzlich zwei Turboverdichter des Typs Dynamic, Liefermengenbereich je ca. 50 - 75 Nm<sup>3</sup>/min, Motornennleistung je 500 kW.

Das Anforderungsprofil für die zwei 2012 installierten Anlagen bedeutete für Almig eine zusätzliche Herausforderung, weil extreme Spannungsschwankungen von ±20 % und Frequenzschwankungen von ±5 Hz des Nennwertes berücksichtigt werden mussten, die bei einem Anfahren und Betrieb im sog. Inselbetrieb vom Netz verursacht werden können. Zur Erfüllung dieser und anderer Vorgaben hat der Druckluftspezialist den Antrieb der Verdichter über Frequenzumrichter realisiert. Sie gleichen die Spannungs- und Frequenzschwankungen auf der Eingangsseite aus, so dass die Verdichter immer unter stabilen Bedingungen betrieben werden können. Außerdem fahren die Kom-

pressoren bei einem Start über Frequenzumrichter sehr sanft mit Nennstrom an, so dass die Spannungsversorgung der Kompressoren verhältnismäßig klein gehalten werden kann und in der Startphase nicht überdimensioniert werden muss.

## Über Mikroprozessorsteuerung bedarfsabhängig fahren

Die vier Almig-Turboverdichter werden über die automatische Mikroprozessorsteuerung Air Control T von Almig bedarfsabhängig gefahren. Der Bedarf an Stabilisierungsluft ist von der Turbinenleistung abhängig und wird umso größer, je geringer die in die Turbine eingeleitete Wassermenge und damit die Leistung der Turbine wird. Dazu Hubert Thomma: „Den geringeren Bedarf an Stabilisierluft im oberen Leistungsbereich der Turbine decken wir durch einen kleinen, den größeren Bedarf im unteren Bereich durch einen großen Dynamic-Kompressor ab. Bedarfsabhängig kann dieser große Kompressor aber auch zusätzlich im Verbund mit einem kleinen Kompressor gefahren werden. Dieses Konzept garantiert auch im Falle einer Wartung oder einer Störung an einem Kompressor immer für eine ausreichende Redundanz und damit für eine bedarfsgerechte, ausfallfreie Erzeugung von Stabilisierungsluft.“

Außerdem unterstützen die zwei großen Turboverdichter zwei zusätzlich vorhandene Hochdruck-Kolbenkompressoren, um die Turbine vor dem Anfahren in den Pumpbetrieb oder in den speziellen Phasenschieber-Betrieb wasserfrei auszublasen, damit die leere Turbine anschließend mittels Anfahrumschalter auf Nenndrehzahl hochgefahren werden kann. Diese Phase ist erforderlich, weil das Niveau der Turbine unter dem Niveau des Unterbeckens liegt.

## Optimale Lösung gefunden

„Mit dem für uns neuen Turboverdichter-Konzept haben wir nach den bisherigen Erfahrungen für die Erzeugung der Stabilisierungsluft eine gute Lösung gefunden“, erläutert Ing. Hubert Thomma. „Abgesehen von gewissen Anpassungen bei der Indienstsetzung, z.B. im Bereich der Steuerungen, die es bei jeder neuen Lösung gibt, arbeitete das neue Konzept seit der Inbetriebnahme sofort zufriedenstellend. Zu dieser optimalen Lösung hat die kompetente Beratung durch Almig und die enge Zusammenarbeit mit uns entscheidend beigetragen.“

Almig

[www.vfmz.net/1002330](http://www.vfmz.net/1002330)

## Turboverdichter von 25 bis 350 m<sup>3</sup>/min

Das aktuelle Almig-Turboverdichter-Programm umfasst fünf Baugrößen mit Liefermengen von 25 bis 350 m<sup>3</sup>/min. Leistung, Druck und Ausstattung jeder Anlage werden individuell auf den jeweiligen Bedarf ausgelegt. Das bewährte Maschinenkonzept der Turboverdichter der Baureihe Dynamic garantiert eine sehr lange Lebensdauer der Anlagen bei geringem Wartungsaufwand. Alle Anlagen sind wassergekühlt. Die Anlagen verdichten dreistufig (bis ca. 5 bar Verdichtungsdruck auch 2-stufig) mit einem sehr guten Wirkungsgrad. Dadurch arbeiten die Dynamic-Anlagen um ca. 16 bis 18 % energieeffizienter als ölfrei verdichtende Schraubenkompressoren vergleichbarer Leistung. Die Liefermenge der Anlagen kann in Abhängigkeit von der Auslegung des einzelnen Modells zwischen ca. 70 und 100 % bedarfsabhängig gefahren werden. Die Dynamic-Anlagen werden über die multifunktionale Mikroprozessor-Steuerung Air Control T gefahren. Diese seit vielen Jahren bewährte Steuerung wurde speziell für die Anforderungen von Almig-Turboverdichtern weiterentwickelt.



### Im Fokus

Sicherheit



Effizienz



Nachhaltigkeit

