

## Erfolgreiche Schwingungsanalyse an einer 200 MW Pumpturbine in Luxemburg.

Im Kraftwerk Vianden in Luxemburg wird zur Speicherung von Überschussenergie bzw. zur Erzeugung von Spitzenstrom ein Pumpspeicherkraftwerk der SEO mit einer Gesamtleistung von 1.300 MW betrieben. Zur Inbetriebnahme der Maschine 11 (M11) Ende 2014 reiste unser damaliger Bundespräsident Joachim Gauck im Rahmen eines Staatsbesuches an, um mit dem Großherzog Henri von Luxemburg mit einem gemeinsamen Knopfdruck die Maschine 11 in Betrieb zu setzen.

Die M11 ist mit einer Francisturbine (Durchmesser 4,3 m) ausgestattet und kann mit einem Nenndurchfluss von 78.200 l/s bei einer Turbinenleistung von 197 MW und einer Pumpleistung von 196 MW betrieben werden. Im Turbinenbetrieb tritt seit der Erstinbetriebnahme eine markante 150 Hz Axialschwingung auf, die im Gebäudekomplex der unterirdischen Kaverne als Einzelton markant wahrnehmbar ist.

Zur Ursachenfindung wurden verschiedene, internationale Gutachter speziell für diesen Maschinentyp kontaktiert. Die erarbeiteten und vorgeschlagenen Maßnahmen, u.a. Tiefsetzen des Laufrades um 1 mm, brachten nicht den erhofften Erfolg. Um sicherzustellen, dass die unklare Situation sich nicht verschlechtert, wurde KCE beauftragt, regelmäßige Kontrollmessungen („Fingerprint-Messungen“) durchzuführen. Zusätzlich wurden wir angefragt, unabhängig von den bisherigen Gutachten, eine Ursachenanalyse vorzunehmen.

Dazu sind mehrere Messreihen bei verschiedenen Betriebsbedingungen sowie akustische Simulationsrechnungen durchgeführt worden. Zuerst bestand aufgrund hoher Druckpulsationen oberhalb des Laufrades der Verdacht, dass ein entscheidender Mechanismus durch die Akustik der Deckelentlastungsleitung verstärkt wird. Durch einen einfachen Verschluss bei zwei der vier Deckelleitungen wurde in einem Versuch festgestellt, dass dieser Einfluss keine Rolle spielt.

Auf Basis erweiterter Analysemethoden und akustischer Simulationen konnte anschließend eine akustische Verstärkung über einen Helmholtz-Resonator identifiziert werden. Dieser setzt sich aus dem Nabenhohlraum des Laufrades und anliegenden Entlüftungsbohrungen zusammen. Ähnlich wie bei dem Beispiel einer überblasenden Flasche kommt es dann bei Drehung des Laufrades zu einer Anregung.

Zum Nachweis dieser These wurde gezielt Druckluft bei Turbinenbetrieb der Anlage in das Laufrad aufgegeben, um so die mediumabhängige Schallgeschwindigkeit zu beeinflussen und die entscheidenden Bedingungen, die zur akustischen Resonanz führen, aufzuheben.

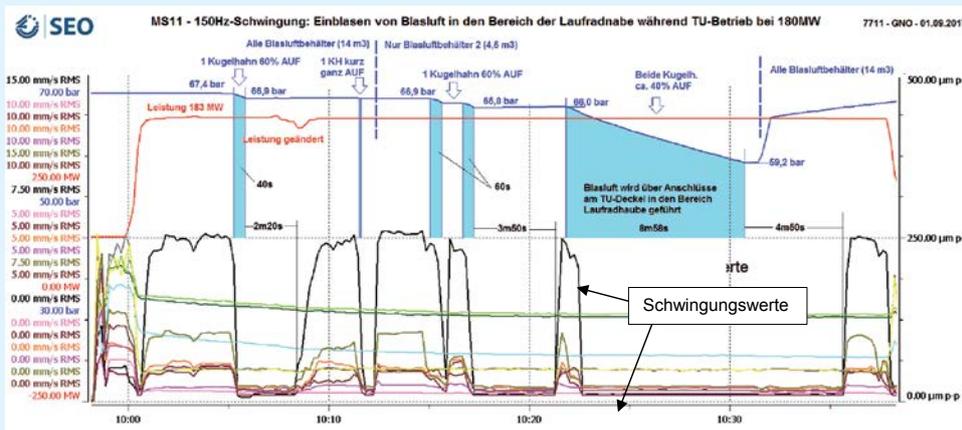
Nach einer Einblaszeit von ca. 20 Sekunden war das Schwinggeräusch nicht mehr wahrnehmbar. Der Versuch wurde direkt vom Betreiber mit dem bestehenden Schwingungsüberwachungssystem für verschiedene Bedingungen wiederholt durchgeführt. Das Ergebnis ist in Abbildung 2 dokumentiert.

Es zeigt sich eindrucksvoll, wie die Schwingungen komplett verschwinden und dann nach einiger Verweilzeit ohne weiteres Einblasen wieder auftreten. Im nächsten Schritt ist jetzt zu prüfen, ob neben der vorgestellten Maßnahme auch konstruktive Änderungen zum direkten Erfolg führen.

MASCHINENDYNAMIK



Druckrohrleitung der M11 nach Fertigstellung der Oberflächenbeschichtung



Prozessleitdaten zum wiederholten Einblasen von Druckluft in den Bereich der Laufradnabe (Quelle: SEO)



**Kontakt:**  
 Dr.-Ing. Johann Lenz  
 Telefon: +49 5971 9710-47  
 j.lenz@koetter-consulting.com



**Kontakt:**  
 M.Sc. Patrick Tetenborg  
 Telefon: +49 5971 9710-46  
 p.tetenborg@koetter-consulting.com