

## Dampfturbinenreparatur in einem Geothermiekraftwerk

# Unter Hochdruck

Erdwärme ist eine Energiequelle mit großem Potenzial – immer mehr Länder investieren in die geothermische Stromerzeugung. Doch die Wartung und Instandhaltung von Geothermiekraftwerken ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Sulzer Turbo Services führte vor Kurzem in Indonesien eine umfangreiche Notreparatur einer 60 MW Dampfturbine durch und leistete das scheinbar Unmögliche: den Austausch der Schaufeln in weniger als einem Monat – ein Projekt, bei dem im wahrsten Sinne des Wortes unter Hochdruck gearbeitet wurde.

Ende 2011 erhielt Sulzer Turbo Services Indonesia den Auftrag zur Überholung einer Dampfturbine in einem Geothermiekraftwerk im Westen Javas. Eigentümer des Kraftwerks ist ein staatliches Energieunternehmen, das vor Kurzem in das Geothermiegeschäft eingestiegen ist. Bei der Turbine handelt es sich um eine ein-

gehäusige, zweiflutige Kondensations-turbine japanischer Herstellung mit 2×12 Stufen und einer Leistung von 60MW. Im Rahmen der Revision wurde die Turbine zerlegt, gereinigt, inspiziert, wieder montiert und in Betrieb genommen. Ingenieure des Herstellers waren ebenfalls vor Ort, um die Arbeiten zu überwachen.

### Starke Schäden und äußerste Dringlichkeit

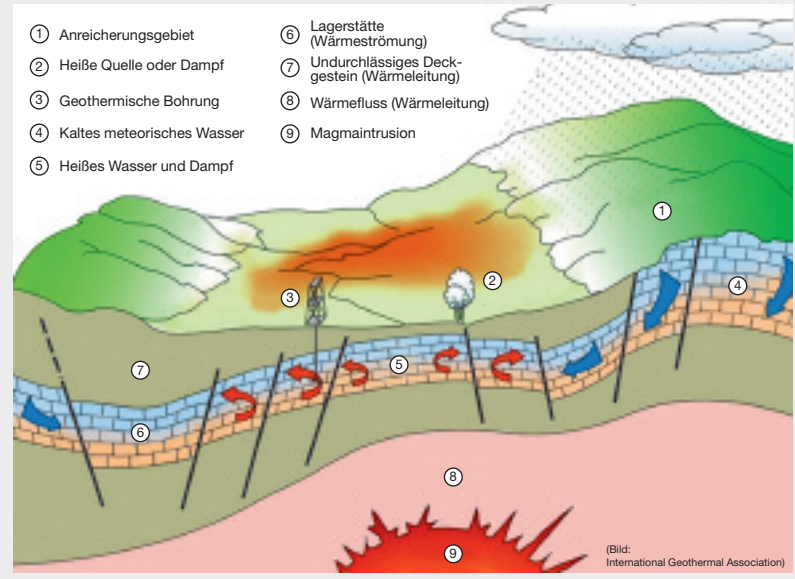
Bei der Inspektion des Rotors wurden schwerwiegende Schäden festgestellt: Alle Schaufeln der ersten Stufe waren durch Fremdkörper beschädigt, und neun Schaufeln der letzten (12.) Stufe wiesen Risse an den Eintrittskanten auf. Da eine Abschaltung der Turbine

Indonesien liegt am sogenannten Pazifischen Feuerring und verfügt über einige der größten geothermischen Ressourcen der Welt. Das Bild zeigt den Vulkan Papandayan im Westen Javas.



### Prinzipien geothermischer Systeme

Wird Wasser in der Erde durch die Erdwärme erhitzt, kann es in durchlässigem und porösem Gestein zu Einschlüssen von heißem Wasser oder Dampf kommen. Ein Teil dieses erhitzten geothermischen Wassers tritt in Form von heißen Quellen oder Geysiren an die Oberfläche, doch der größte Teil bleibt in Rissen und porösem Gestein tief in der Erde eingeschlossen. Diese natürliche Ansammlung von heißem Wasser wird als geothermische Lagerstätte bezeichnet.



mit Produktionseinbußen in Höhe von 70000USD am Tag verbunden ist, war der Kunde an einer möglichst schnellen Lösung für die Reparatur des Rotors interessiert.

Der Hersteller bot an, die reglerseitigen Schaufeln der ersten und 12. Stufe mit einer Lieferzeit von fünf Monaten aus-

*Die Abschaltung einer Turbine ist teuer – in diesem Fall 70000 USD am Tag.*

zutauschen. Alternativ wurde vorgeschlagen, nur die Schaufeln der ersten Stufe auszutauschen und die Schaufeln der letzten Stufe im Profil zu kürzen. In diesem Fall wäre die Turbine nach einem Monat wieder einsatzbereit gewesen, bis die neuen Schaufelsätze für die 12. Stufe eingetroffen wären – allerdings mit erheblichen Leistungsverlusten.

Sulzer Turbo Services Indonesia bot eine bessere Lösung an. Nach der Demontage der 12. Stufe sollten die angerissenen Schaufeln durch Schweißen repariert und die übrigen als Muster für den

Nachbau von Ersatzschaufeln verwendet werden. Parallel dazu sollten innerhalb des kurzen Zeitfensters von einem Monat die Schaufeln der ersten Stufe neu beschafft werden. Damit wurden sowohl die Ausfallzeit minimiert als auch Leistungseinbußen verhindert. Außerdem riet Sulzer dem Kunden, anstelle eines Stahls mit 13% Chromanteil den Stahl 17-4PH zu verwenden, um die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.

Angesichts der drohenden Produktionseinbußen und des Zeitdrucks nahm der Kunde die Empfehlungen von Sulzer Turbo Services Indonesia an und beauftragte Sulzer mit der Lieferung der neuen Schaufeln, der Reparatur der angerissenen Schaufeln und dem Wiedereinbau.

### Schnelle Reparatur und pünktliche Lieferung

Aufgrund des engen Zeitplans wurden die Inspektion der Schaufeln vor der Demontage vor Ort durchgeführt und Muster der Schaufeln für den Nachbau versandt. Die angerissenen Schaufeln der 12. Stufe wurden durch Laserschweißen repariert. Laserschweißen wurde als Reparaturmethode gewählt, weil hierfür nur ein geringer Wärmeeintrag erforderlich ist. Diese Methode minimiert die Wärmeeinflusszone (WEZ) sowie Restspannungen und Verformungen. Nach Abschluss der Schweißarbeiten wurden die Schaufeln wärmebehandelt, um die ursprünglichen Eigenschaften wiederherzustellen.

Die Nachkonstruktion und Fertigung der neuen Schaufeln für die erste Stufe nahm nur zehn Tage in Anspruch. Damit waren die neuen Schaufeln schon vor

1 Der Kunde entschied sich für die Sulzer-Lösung, die sich durch kürzere Lieferzeiten und verbesserte Schaufeln auszeichnete. Das Bild zeigt die Montage der reparierten Schaufeln der letzten Stufe.



Abschluss der Reparaturarbeiten an den angerissenen Schaufeln fertig. Nachdem alle Schaufeln – die neuen Schaufeln der ersten Stufe und die reparierten Schaufeln der 12. Stufe – fertiggestellt waren und mehrere Prüfungen (u.a. Maßprüfung und zerstörungsfreie Untersuchung) durchlaufen hatten, wurden sie auf dem Rotor montiert [1]. Das anschließende niedertourige Wuchten des Rotors stellte sicher, dass die Restunwucht innerhalb der Spezifikationen lag. Sämtliche Werkstattarbeiten waren nach 28 Tagen abgeschlossen – zwei Tage vor dem vertraglich vereinbarten Termin.

**Ursachenanalyse stützt die Empfehlung von Sulzer**

Sulzer Turbo Services Indonesia wurde damit beauftragt, eine Schadensanalyse der angerissenen Schaufeln durchzuführen. Eine Finite-Elemente-Analyse der Schaufel der 12. Stufe unter statischer Belastung zeigte, dass der Riss in einem Bereich hoher Zugspannung aufgetreten war [2]. Eine metallurgische Untersuchung führte zu dem Schluss, dass es sich um Spannungsrissskorrosion handelte [3]. Diese entsteht durch die gemeinsame

Einwirkung von Spannung und einer korrosiven Umgebung, was zur Bildung von Rissen führt. Der untersuchte Riss wies ein typisches, sprödes und verzweigtes Erscheinungsbild auf. Das Ergebnis der Ursachenanalyse unterstützt die Empfehlung von Sulzer, den Stahl 17-4PH einzusetzen. Zurzeit prüft Sulzer Turbo Services Indonesia eine

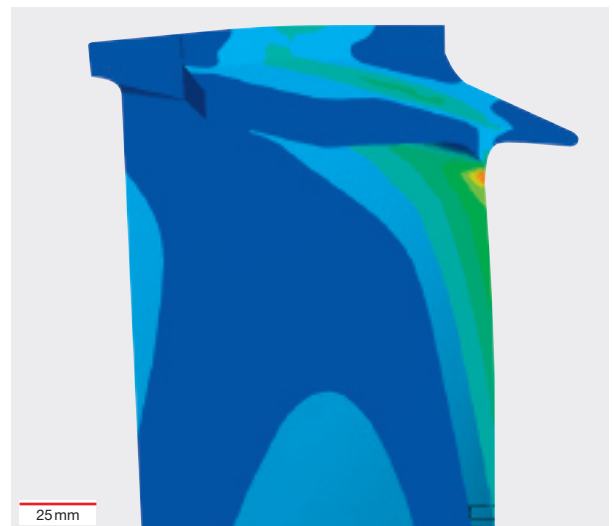
**Sulzer Turbo Services übertrifft die Konkurrenz mit besseren Lösungen.**

mögliche Überarbeitung der Schaufelgeometrie zur Reduzierung der Spannungen.

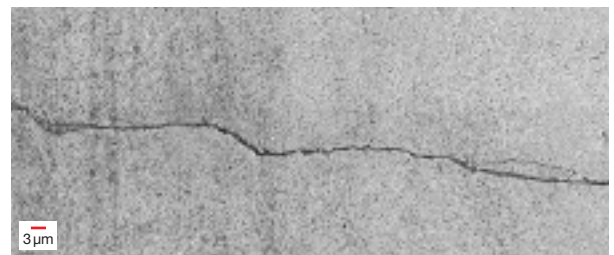
**Wiederinbetriebnahme und starke Kundenpartnerschaft**

Nach Abschluss aller werkstattseitigen Reparaturarbeiten wurde der Rotor zum Standort zurücktransportiert und installiert. Die anschließende Inbetriebnahme verlief ohne Vibrations- oder Leistungsprobleme. Kurz nach dem Anfahren erreichte die Turbine 60 MW und erzeugt nun Strom für die Region. Die neuen Schaufeln für die 12. Stufe aus höherwertigem Material wurden nur zwei Monate nach der ersten Lieferung fertiggestellt.

Dank Erfahrung, guter Vorbereitung und Voraussicht ist es Sulzer Turbo Services Indonesia einmal mehr gelungen, eine schnelle und wirtschaftliche Lösung für ein Kundenproblem anzubieten. Außerdem konnte Sulzer Turbo Services Indonesia die Partnerschaft mit dem Kunden durch zukunftsorientierte Empfehlungen zur Verbesserung des Rotors vertiefen. Diese werden dem Kunden in Zukunft dabei helfen, Instandhaltungs- und Reparaturkosten zu sparen.



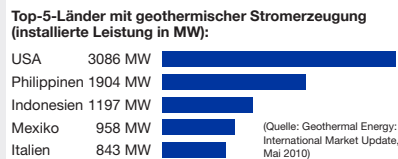
[2] Die Finite-Elemente-Modellierung und statische Spannungsanalyse einer Schaufel der 12. Stufe zeigte, dass die höchsten Zugspannungen (rot) im Bereich des Risses liegen.



[3] Der Rissverlauf deutet auf Spannungsrissskorrosion hin.

**Geothermie in Indonesien**

Mit eindrucksvollen 28 100 MW besitzt Indonesien etwa 40% der weltweiten geothermischen Reserven, wovon bisher 1197 MW erschlossen sind. Beim Verbrauch geothermischer Energie liegt Indonesien hinter den USA und den Philippinen weltweit auf dem dritten Platz. Die indonesische Regierung hat kürzlich Verträge im Wert von 5 Mrd. USD unterzeichnet, um die Nutzung der Geothermie voranzutreiben. Ziel der Regierung ist es, die installierte Leistung bis 2015 auf 9000 MW auszubauen und zum weltweit größten Erzeuger geothermischer Energie zu werden.



Sulzer Turbo Services Indonesia ist ein etabliertes, modernes Servicecenter für rotierende Maschinen. Das 1994 als Joint-Venture gegründete Unternehmen unterhält großzügige, hervorragend ausgestattete Werkstätten und bietet eine breite Palette hochwertiger Dienstleistungen für rotierende Maschinen an.

**Hepy Hanipa**

Sulzer Turbo Services Indonesia  
 Kawasan Industri Kota Bukit Indah  
 Blok A11, Kav 1C-1D Purwakarta  
 Indonesien  
 Telefon +62 264 351920  
 hepy.hanipa@sulzer.com