

## Vom Umzug bis zur Wiederinbetriebnahme einer Frame-5-Gasturbinenanlage

# Zweites Leben

Sulzer Turbo Services Indonesia ist eine eindrucksvolle Instandsetzung und Modernisierung einer ausrangierten Gasturbineneinheit für die Stromerzeugung gelungen. Sämtliche Schritte vom Umzug der Einheit bis hin zur Wiederinbetriebnahme wurden von dem Unternehmen ausgeführt. Die Anlage wurde am 14. Dezember 2009 dem kommerziellen Betrieb übergeben und läuft seitdem ohne nennenswerte Probleme.

Nach der erfolgreichen Installation zweier japanischer Dampfturbinen-Generatorsätze mit einer Leistung von 17 MW und 18 MW und der Überholung dreier japanischer Dampfturbinen-Generatoreinheiten mit 37 MW wurde Sulzer Turbo Services Indonesia von einem Unternehmen der Zellstoff- und Papierindustrie in Sumatra mit einer weiteren anspruchsvollen Aufgabe betraut: der Bereitstellung einer Gasturbinen-Generatoreinheit aus zweiter Hand. Ziel des Projekts war die

Optimierung der Zellstoffproduktion des Unternehmens von 2600 t pro Tag (lufttrocken) sowie die Steigerung der Produktionsleistung für Tissue-Papier. Das Vorhaben wurde unterstützt durch eine Initiative zur Versorgung der Region mit Gas in naher Zukunft.

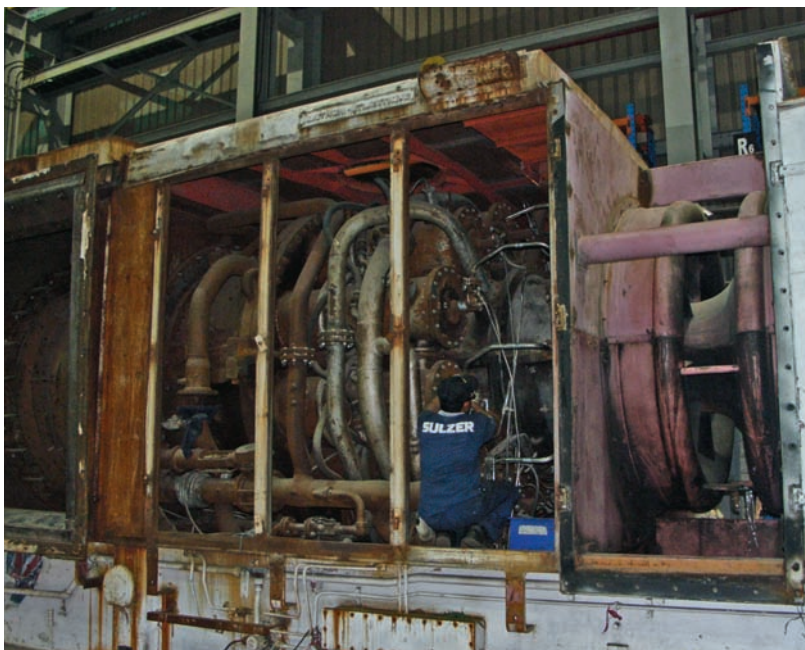
Nach Abwägung verschiedener Optionen entschied sich das Unternehmen, die vorhandenen Mehrstoff- und Rückgewinnungskessel durch eine Gasturbine zu ergänzen. So soll die Wärme vom Abgassystem der Turbine in

Zukunft vom Dampfkessel genutzt werden, um die Dampfleistung der Anlage sowohl für die Stromerzeugung (im kombinierten Gas- und Dampfturbinenbetrieb) als auch für den Prozessbedarf zu erhöhen. Eine europäische Gasturbine vom Typ Frame 5001P erwies sich als geeignet für die Leistungsanforderungen des Kunden.

Für Sulzer Turbo Services Indonesia war dies das erste Projekt, das einen vollständigen Umzug, Modernisierung, Installation und Inbetriebnahme einer Frame-5-Gasturbine mit begrenzten verfügbaren Daten, Zeichnungen und ohne Handbuch umfasste. Die erforderlichen Zeichnungen und ein Betriebsbuch wurden von einem kleinen Team der technischen Abteilung erstellt.

### Transport nach Indonesien

Nachdem Sulzer Turbo Services Indonesia einen geeigneten Gasturbinen-Generatorsatz in Shenzhen (China) gefunden hatte, bestand der nächste Schritt darin, ein Team zusammenzustellen, das die Einheit demontieren und nach Purwakarta in Indonesien verschiffen sollte. Anstatt ein komplettes Team aus Indonesien dorthin zu schicken, wurden zwei erfahrene Serviceingenieure damit beauftragt, die Einheit mithilfe lokaler Arbeitskräfte zu demontieren, zu konservieren und für den Transport vorzubereiten. Die Hauptbestand-



1 Die völlig korrodierte Gasturbineneinheit wurde für die Modernisierung vollständig zerlegt.



2 Beschichtete Turbinenräder.

teile wurden verpackt und nach Indonesien verschifft. Einige andere Teile wie das Abgas- und Lufteinlasssystem waren so stark korrodiert, dass ein Transport und eine Reparatur in Indonesien zu kostspielig wären. Sie wurden stattdessen neu konstruiert und in Indonesien lokal gefertigt. Der Transport nach Jakarta dauerte etwa einen Monat. Bei Sulzer Turbo Services Indonesia war man bestens vorbereitet, und es gab genügend Platz, um die Gasturbineinheit direkt in der großen Werkhalle zu platzieren.

### Instandsetzung in der Werkstatt

Zunächst wurde die Einheit abgerüstet, um eine genauere Untersuchung und Empfehlungen zur Instandsetzung zu ermöglichen 1. Dazu wurden der Rotor der Gasturbine entfernt und die Einheit komplett zerlegt. Die Verdichter- und Turbinenstufen wurden demontiert und die Einzelteile einer genauen Untersuchung unterzogen. Dabei wurden auf mehreren Verdichterschaufeln Schäden durch Fremdkörper festgestellt und kleinere Reparaturen an den Schaufeln durchgeführt.

Ein Turbinenrad wurde zum Schutz gegen Korrosion mit einer Aluminiumbeschichtung (HI-Coat A08) versehen 2. Beide Lagerzapfen des Rotors hatten sich durch mittelstarke radiale Reibung und geringe Lochfraßkorrosion verkleinert. Da am Rotor keinerlei Anzeichen für Riss-

bildung erkennbar waren, wurde dieser wieder montiert, wobei der Austausch sämtlicher Durchgangsbolzen und die Installation neuer Turbinenschaufeln erfolgte.

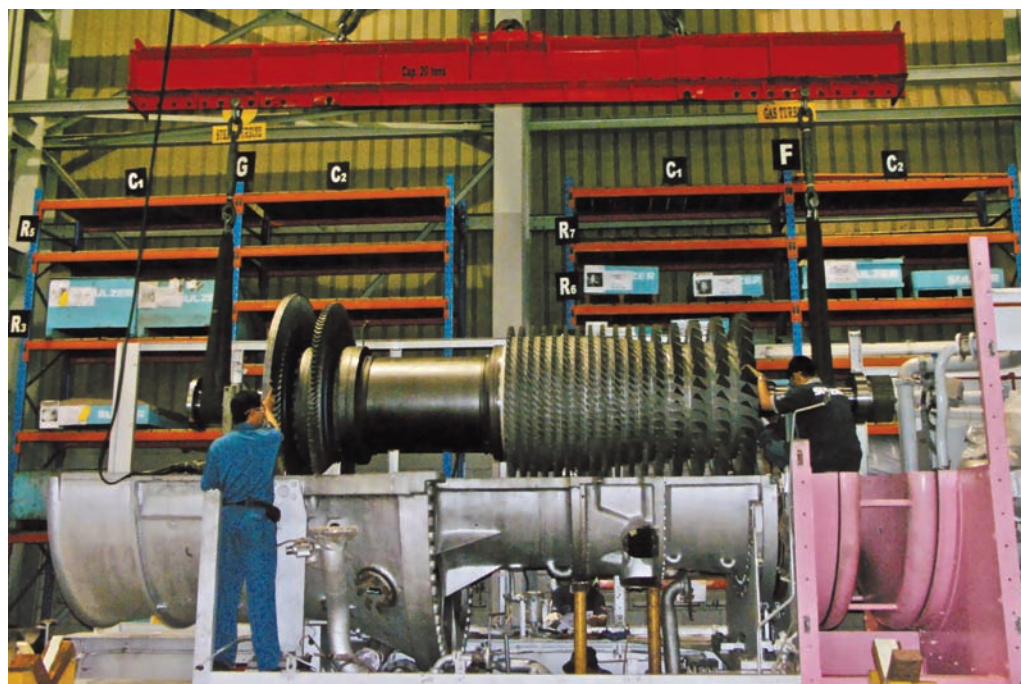
Sämtliche Verkleidungen von Turbine und Verdichter wurden gesäubert, untersucht und gegebenenfalls aufgearbeitet. Es stellte sich heraus, dass alle Teile des Brennraums vollständig korrodiert waren und sich an Übergangsteilen und den Wänden des Brennraums einige Risse

gebildet hatten. Diese wurden geschweißt und anschließend mit Wärmedämmschichten (*Thermal-Barrier Coating, TBC*) versehen. Nach einer umfassenden Instandsetzung wurden auch die Leitschaufeln der Turbinenstufe mit TBC beschichtet.

Der Rotor des Generators wurde ebenfalls zerlegt. Da die Tragringe (die zu den besonders belasteten Komponenten gehören) Anzeichen von Rissbildung zeigten und somit kein sicherer Betrieb mehr gewährleistet werden konnte, wurden diese durch neue Ringe ersetzt, die von Sulzer Turbo Services Indonesia aus einem besseren Material gefertigt wurden. Der Stator wurde nach Überprüfung der Nutverkeilung neu verkeilt.

Die 84 Nutenkeile mit je acht Keilen pro Nut wurden durch neue G10-Füllstücke aus dielektrischem Material ersetzt, die eine enge radiale Passung gewährleisteten. Sämtliche elektrischen Prüfungen von Rotor und Stator des Generators waren einwandfrei, so dass der Rotor mit neuen Lagern wieder installiert werden konnte 3 4 5.

3 Installation des Rotors.



4 Montage der Turbine in der Werkstatt.



Das Lastgetriebe wurde ebenfalls zerlegt. Die Wellenzapfen des Haupttrads und des Ritzels wiesen mittelstarke Lochfraßkorrosion, Anzeichen von radialer Reibung sowie einige Dellen auf. Die Wellen wurden durch Beschichten mittels Hochgeschwindigkeits-Flamm-spritzten (High-Velocity Oxygen Fuel Spraying) instandgesetzt. Die Hohlwelle des Haupttrads war stark verbogen und musste begradigt werden. Fünf Lager waren aufgrund mittelschwerer Lochfraßkorrosion und radialen Abriebs auf der Innenseite auszutauschen. Die

Hilfsgetriebewellen zeigten geringe Reibungsspuren an den Lagerzapfen. Diese wurden poliert und zusammen mit dem neuen Lagersatz montiert.

### Teilefertigung

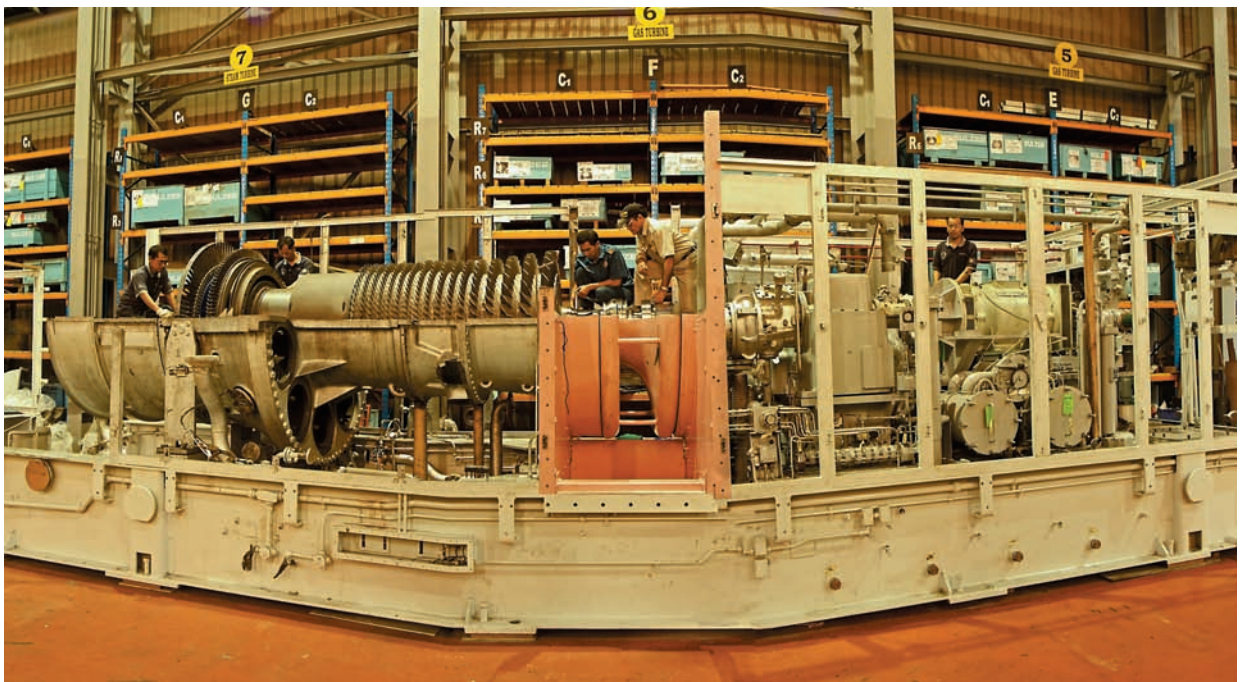
Das Abgas- und das Lufterlasssystem der Gasturbine wurden von lokalen Anbietern nach den technischen Vorgaben von Sulzer Turbo Services Indonesia gefertigt. Das Abgassystem umfasst eine Stahlkonstruktion sowie drei Hauptunterbaugruppen, bestehend aus einem 90°-Krümmer und zwei Schalldämpfer-

modulen. Der Abgaskamin, der auf dem Abgassammler montiert wird, entspricht der normalen Ausführung für den Typ Frame 5001P im reinen Gasturbinen-Generator-Betrieb (*Simple Cycle*). Die Schalldämpfermodule sind aus Kohlenstoffstahl geschweißt und verfügen über externe Dichtnähte und eine Innenseite, die eine Wärmeausdehnung ermöglicht. Sämtliche Beschreibungen und Anweisungen für die Fertigung und Vorfertigung wurden in den technischen Spezifikationen aufgeführt.

Das Lufterlasssystem umfasst einen Schalldämpfer, Einlasskanal und Einlasskrümmer. Der Schalldämpfer besteht aus einem Gehäuse aus lackiertem Kohlenstoffstahl mit gelochten Innenwänden und Leitblechen aus Edelstahl (AISI 304). Die Wände sind akustisch behandelt und verfügen über parallel angeordnete vertikale Leitbleche. Beim Luftfilter handelt es sich um ein einstufiges System mit speziellen konischen und zylindrischen Filtereinsätzen, die einen geringen Betriebsdruckverlust gewährleisten.

Das System umfasst drei miteinander verschraubte, um einen Sammler herum angeordnete Filtermodule. Der Einlasskanal ist komplett aus lackiertem Kohlenstoffstahl gefertigt, während das Gehäuse und der Einlasskrümmer zusätzlich mit Kohlenstoffstahl verkleidet sind.

5 Turbine, Verdichter und Turbogenerator.





6 Die Gasturbineinheit wird zur Vorausrichtung direkt auf das Fundament abgeladen.



7 Die Abgasschalldämpfermodule wurden nach Vorgaben von Sulzer Turbo Services neu gefertigt.

### Gezielte Modernisierung

Da die Einheit mit Heizgas betrieben werden soll, mussten die Brennstoffdüsen für Zweistoffbetrieb umgerüstet werden. Dazu wurde ein neuer Satz Zweistoffdüsen beschafft und eingebaut. Außerdem wurde ein entsprechender Ringverteiler gefertigt und zusammen mit der neuen Brennstoffleitung und den dazugehörigen Hilfseinrichtungen installiert.

Da das ursprüngliche Brandschutzsystem mit dem mittlerweile verbotenen Löschmittel Halon versehen war, wurde

die Anlage mit einem Löschesystem auf CO<sub>2</sub>-Basis modernisiert. Sämtliche Feuer-melder, Düsen und Gasflaschen innerhalb des Systems wurden ersetzt.

### Neues Steuerungssystem

Ein neues Steuerungssystem mit dreifacher modularer Redundanz wurde ebenfalls installiert. Dazu wurden sämtliche Instrumente aufgelistet, identifiziert, markiert und ihre Verwendbarkeit mit dem neuen Steuerungssystem geprüft. Wo erforderlich, wurde eine neue Instrumentierung beschafft. Zur Inbetriebnahme des Steuerungssystems gehörten auch die Neukalibrierung der gesamten Instrumentierung, die Überprüfung der Regelkreise sowie die Durchführung von Funktionstests.

### Arbeiten vor Ort

Die Vorbereitungen vor Ort begannen mit der Überprüfung der Bauarbeiten am Fundament. Dabei wurden die Positionen der Verankerungsbolzen vermessen und mit den Zeichnungen des ursprünglichen Fundaments verglichen. Nach Fertigstellung des Fundaments wurde die Einheit geliefert und zur Vorausrichtung direkt auf das Fundament gesetzt 6.

Alle neu gefertigten Teile des Abgas- 7 und Lufteinlasssystems wurden verpackt und an den neuen Standort geliefert. Während das Abgassystem direkt an der Einheit installiert werden konnte, musste das Lufteinlasssystem vor Ort montiert werden 8. Insgesamt waren eine ganze Reihe von Schweiß- und Schleifarbeiten sowie das Heben schwerer Lasten erforderlich. Da diese Arbeiten nicht ganz ungefährlich waren, wurden die Sicherheitsvorkehrungen jeden Morgen vor Arbeitsbeginn überprüft.

Die Schmierölleitung war vor Beginn des Ölsplüens fertig. Die endgültige Ausrichtung der Anlage erfolgte in der Endphase der Remontage. Da die Gasversorgung noch nicht zur Verfügung stand, wurde die Anlage mit schwerem Heizöl in Betrieb genommen.

Am 14. Dezember 2009 erfolgte die kommerzielle Inbetriebnahme der Einheit, und ein 72-stündiger Leistungstest wurde ohne nennenswerte Probleme absolviert.



8 Montage des Lufteinlasssystems vor Ort.

**Iman Sigit**  
 PT Sulzer Turbo Services Indonesia  
 Kawasan Industri Kota Bukit  
 Indah  
 Purwakarta, West Java, 41181  
 Indonesien  
 Telefon +62 264 351 920 ext. 210  
 iman.sigit@sulzer.com