

# Die Ursache eines Generatorausfalls



Die Reparaturspezialisten von Sulzer hatten die Aufgabe die Reparatur eines Eisbrechers zu beschleunigen und seine Liegezeit im Hafen von Aberdeen, Schottland, zu minimieren. Ein Erregerpaket im Wellengenerator war ausgefallen und hatte das Schiff ausser Betrieb gesetzt. Sulzer analysierte die Ursachen und löste das Problem. Um weitere Ausfälle zu verhindern, plant der Eigentümer des Eisbrechers, die Lösung auch an anderen Generatoren seiner Flotte umzusetzen.

## 1897

Der erste seetüchtige Eisbrecher, die Yermak, wurde in England gebaut.

Die Einsatzzeit eines Eisbrechers auf See ist wertvoll, weshalb die Liegezeit im Hafen möglichst kurz gehalten werden sollte. Eine skandinavische Reederei, die mehrere Schiffe und Eisbrecher besitzt und betreibt, beauftragte Sulzer mit der Reparatur des Wellengenerators eines Schiffs, das als Ankerziehschlepper mit Eisbrecherfunktion eingesetzt wird.



Abb. 1 Sulzer lieferte eine schnelle Lösung, um die Liegezeit des Eisbrechers im Hafen von Aberdeen, Schottland, zu minimieren.

### Ein nicht funktionierendes Erregerpaket

Die Serviceingenieure von Sulzer wurden an Bord gebeten, um den Ausfall des Erregerpakets an einem der Wellengeneratoren zu untersuchen. Sofort war klar, dass eine Reparatur des Generators erforderlich war. Die Mitarbeiter des lokalen Servicecenters bauten im Hafen von Aberdeen (Abb. 1) die beschädigten Komponenten aus. Anschliessend wurden die Teile zur Überholung und Neuwicklung ins Sulzer-Servicecenter nach Falkirk transportiert.

Nach Gesprächen zwischen dem Kunden und dem Sulzer-Team wurde das instand gesetzte Erregerpaket in Anwesenheit des Kunden und seiner Versicherung erfolgreich unter Last getestet. Anschliessend bauten dieselben Mitarbeiter die Komponenten wieder ein, die zuvor auch den Ausbau getätigt hatten. Um jedoch die Ursache für den Erregerausfall festzustellen, waren weitere Untersuchungen an anderen Komponenten der Generatoranlage erforderlich. Eine Ursachenanalyse ist eine systematische Methode, die Gründe für einen Ausfall identifiziert und zukünftige Korrekturmassnahmen bestimmt.

### Interessantes über Eisbrecher

Eisbrecher sind Schiffe, die speziell dafür konstruiert sind, Eisdecken auf dem Wasser zu durchbrechen und eine sichere Fahrinne für andere Boote und Schiffe zu schaffen. Eisbrecher weisen drei Eigenschaften auf, die sie von den meisten normalen Schiffen unterscheiden: einen verstärkten Rumpf, eine eisbrechende Form und genügend Leistung, um durch die gefrorene See zu fahren. Der erste seetüchtige Eisbrecher, die Yermak, wurde 1897 in England gebaut.

Bei Eisbrechern gibt es zwei verschiedene Bauformen. Herkömmliche Eisbrecher arbeiten nach dem Biegebruchprinzip, d. h. sie schieben sich mit dem Bug auf das Eis, bis dieses unter ihrem Gewicht bricht. Thyssen-Waas-Eisbrecher hingegen besitzen drei Kanten am Rumpf, die das Eis zerschneiden und seitlich unter das benachbarte Eis verdrängen. Da die Scherbruchkraft von Eis geringer ist als die Biegebruchkraft, benötigen herkömmliche Eisbrecher mehr Energie, um eine Fahrinne freizubrechen. Bei rauer See ohne Eis lassen sich herkömmliche Eisbrecher allerdings leichter steuern und navigieren.

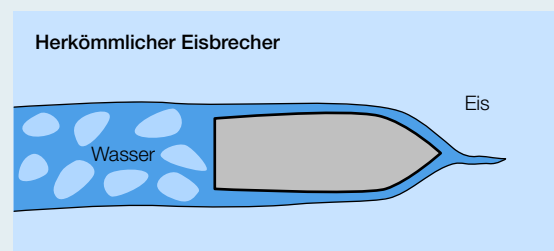


Abb. 2 Funktionsweise von herkömmlichen Eisbrechern.

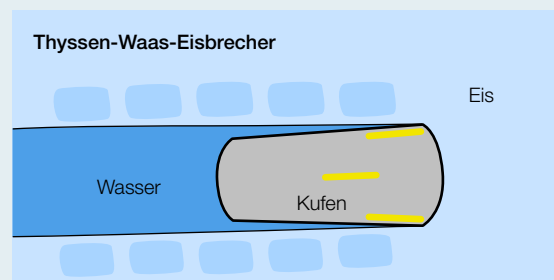


Abb. 3 Funktionsweise des Thyssen-Waas-Eisbrechers.



Fig. 4 Die beschädigten Komponenten wurden neu gewickelt, während die Ursache untersucht wurde.



### Sulzer-Servicecenter in Grossbritannien

*Sulzer ist ein führender, unabhängiger Serviceanbieter für grosse rotierende Maschinen in aller Welt. Mit technisch fortschrittlichen und innovativen Service- und Wartungslösungen bietet Sulzer einen schlüsselfertigen Service, mit dem sich Kunden beruhigt auf ihr Kerngeschäft konzentrieren können. Die Sulzer-Servicecenter arbeiten intensiv zusammen. So profitieren Kunden der Sulzer-Servicecenter vom äusserst effizienten und zuverlässigen Wicklungsservice des Servicecenters in Birmingham. Dieses ist bekannt für die Fertigung hochwertiger Wicklungen für Hochspannungsmotoren und -generatoren. Diese werden von einem hoch qualifizierten und engagierten Team entworfen, gefertigt und versandt, um einen schnellen und zuverlässigen Service zu gewährleisten.*

*Dank des Umfangs und der Tiefe des Sulzer-ServiceNetzwerks in Grossbritannien haben Kunden unabhängig von ihrem Standort schnellen Zugang zu qualifizierten elektromechanischen Dienstleistungen. Mit grossen Vor-Ort-Teams und umfassend ausgestatteten Werkstätten ist Sulzer Electro Mechanical Services zu jeder Tages- und Nachtzeit in der Lage, anspruchsvollste Kundenanforderungen zu erfüllen.*

**Ross Barraclough**, Regional Operations Manager (North) bei Sulzer Electro Mechanical Services

### Eiskalte Suche mit scharfem Verstand

Unmittelbar nach der Inbetriebnahme der überholten Komponenten startete Sulzer eine eingehende Untersuchung, die sich auf drei Bereiche konzentrierte: die Wicklungskonfiguration, die Funktionstüchtigkeit des automatischen Spannungsreglers (Automatic Voltage Regulator, AVR) und das elektrische Steuerungssystem. Während beider Prozesse – der Untersuchungen und der Reparatur – fand eine intensive Kommunikation zwischen den Sulzer-Teams und dem Kunden statt. Bei der Beurteilung der Indizien kam das Team von Sulzer zu dem Schluss, dass die Ausfallart mit einer Spitze in der Erregerlast zusammenhing, die zum katastrophalen Ausfall geführt hatte. Ein wichtiger Hinweis kam vom Inbetriebnahmeingenieur, der berichtete, dass der einzige aktive Alarm bei der Installation auf eine niedrige Spannung hindeutete.

### Dem Schuldigen auf der Spur

Die Ingenieure von Sulzer untersuchten sorgfältig jede mögliche Ausfallart in Verbindung mit der Wicklung und schlossen systematisch eine nach der anderen aus. Da die Stator- und

Rotorwicklungen dem ursprünglichen Design so genau wie möglich nachempfunden worden waren, konnten diese nicht «schuldig» sein. Im Rahmen der Analyse wurde der AVR zur Prüfung an den lokalen Vertreter des Herstellers gesandt. Auch wenn die Tests nicht unter Last durchgeführt werden konnten, absolvierte der AVR die Prüfungen erfolgreich und funktionierte einwandfrei. Da Generator und AVR in Kombination ausserhalb des Schiffs nicht vollständig unter Last getestet werden konnten, blieb der AVR die wahrscheinlichste Ausfallursache.

### Implementierung und Ausweitung der Lösung

Zur gleichen Zeit inspizierten und testeten die Sulzer-Ingenieure das elektrische Steuerungssystem einschliesslich der Schaltanlagen und stellten fest, dass es innerhalb der Fertigungstoleranzen lag. Damit verdichteten sich die Anzeichen, dass der AVR in irgendeiner Weise für den Ausfall verantwortlich war. Es folgten weitere Untersuchungen mithilfe der vom Kunden zur Verfügung gestellten Zeichnungen und Handbücher. Die Ingenieure von Sulzer stellten fest, dass im Handbuch des AVR ein minimaler Wicklungswiderstand von  $9 \Omega$  angegeben war, was im Widerspruch zum Installationswert an Bord von  $6,753 \Omega$  stand. Bei einem Betrieb mit weniger als dem angegebenen Widerstand besteht die Gefahr, dass der AVR instabil wird und nicht optimal arbeitet.

Zur Lösung des Problems stellte Sulzer  $2,2\text{-}\Omega$ -Widerstände bereit, die mit dem DC-Erregerfeld in Serie geschaltet werden konnten. Ein Ingenieur des AVR-Herstellers, der bei der Inbetriebnahme des reparierten Erregerpakets anwesend war, um die Installation zu beaufsichtigen, bestätigte die einwandfreie Funktion der Spannungsregelung. Ein weiteres Ergebnis der Untersuchung betraf den vom AVR bereitgestellten Überstromschutz, der zum Zeitpunkt des Ausfalls nicht genutzt wurde. Die Ingenieure von Sulzer empfahlen dem Kunden den Einsatz des Überstromschutzes und mehrerer weiterer Schutzeinrichtungen an allen Generatoren sämtlicher Schiffe, um ähnliche Ausfälle in Zukunft zu vermeiden.



Iain McLean  
Aberdeen, Grossbritannien

Da die Liegezeit von Schiffen im Hafen generell so kurz wie möglich gehalten werden sollte, arbeitete Sulzer eng mit allen Beteiligten zusammen, um in der kürzestmöglichen Zeit eine zuverlässige und langfristige Lösung zu liefern. Der Kunde zeigte sich mit dem Ausgang des Projekts zufrieden, und nachdem das Schiff wieder im Einsatz war, beauftragte der leitende Ingenieur des Schiffs das Sulzer-Servicecenter mit der Durchführung weiterer elektrischer Wartungsarbeiten.