

Turbinenschutz und -regelung an Gas- und Dampfturbinen

Austausch von hydraulischen Komponenten gegen elektrische Systeme

Autoren

Guido Nierade

Leiter Rotierende Komponenten, Geschäftsbereich Leittechnik
E.ON Anlagenservice GmbH, Gelsenkirchen

Michael van de Linde

Projektleiter Rotierende Komponenten, Geschäftsbereich Leittechnik
E.ON Anlagenservice GmbH, Gelsenkirchen

Dipl.- Ing. Detlef Müller

Projektleiter Rotierende Komponenten, Geschäftsbereich Leittechnik
E.ON Anlagenservice GmbH, Gelsenkirchen

Abstract

Replacing hydraulic components in gas and steam turbine protection and control systems with electrical systems

In the past, technical facilities and especially power plants relied almost exclusively on hydraulic components. On gas and steam turbines, for example, process parameters such as speed and output are hydraulically controlled and protection systems like overspeed safety devices use hydraulic pressure.

Factors such as component aging, an increased susceptibility to failure, growing difficulties in obtaining spare parts and a gradual changeover of other plant units to more state-of-the-art technologies have prompted a trend to modernise protection and control systems and replace hydraulic devices with electric or electronic components.

The scope of these measures varies from plant to plant and depends on general requirements and the specific needs and wishes of the operator. Retrofit projects in the field range from the replacement of the most failure-prone components to the installation of fully electric control systems.

This article explains how these retrofit projects can be standardised, covering all aspects from the design, installation and commissioning of the new systems through to operator training and subsequent servicing across the different disciplines.

Kurzfassung

In der Vergangenheit wurden in technischen Anlagen, insbesondere in Kraftwerken, fast ausschließlich hydraulische Komponenten verwendet. Bei Gas- und Dampfturbinen beispielsweise werden Prozessgrößen wie Drehzahl oder Leistung hydraulisch geregelt oder Schutzfunktionen, z. B. gegen Überdrehzahl, realisiert. Bedingt durch Faktoren wie Alterung, zunehmende Störanfälligkeit, eine immer schwieriger werdende Ersatzteilbeschaffung sowie die Umstellung anderer Anlagenteilbereiche auf moderne Technologien, geht der Trend hin zu einem Austausch der hydraulischen Komponenten gegen elektrische oder elektronische Systeme und somit zu einer Modernisierung der Schutz- und Regelungsfunktionen.

Der Umfang dieser Maßnahmen variiert von Anlage zu Anlage und richtet sich nach dem grundsätzlichen Bedarf, den speziellen Anforderungen und den individuellen Wünschen des Betreibers. Von der Erneuerung einzelner, besonders störanfälliger Komponenten bis hin zum Umbau auf eine komplett elektrische Regelung gibt es in der betrieblichen Praxis eine Vielzahl unterschiedlicher Varianten.

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie Modernisierungsmaßnahmen standardisiert vorgenommen werden können. Vom Auftrag über die Projektierung, Umsetzung und Inbetriebnahme bis hin zur Schulung des Betriebspersonals sowie der nachfolgenden Betreuung der Anlage werden fachgebietsübergreifend relevante Aspekte vorgestellt.

Einleitung

Als Beweggründe für den Austausch von hydraulischen Schutz- und Regelungskomponenten kommen unterschiedliche Faktoren in Betracht. Diese sind von Anlage zu Anlage verschieden und immer unter betrieblichen Randbedingungen zu bewerten. Hierzu zählen insbesondere bestehende Betriebsgenehmigungen, geplante Restlaufzeiten sowie der Umfang der tatsächlich erforderlichen Umbauten.

Ob nun eine Kompletterneuerung des Gesamtsystems erforderlich wird oder eine Modernisierung in Teilbereichen ausreicht, muss aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden. Die Entscheidung zu der einen oder anderen Variante richtet sich nach dem Zustand der Anlage und den Erwartungen des Betreibers.

Sicherheit, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit stehen dabei im Vordergrund. Oft können auch mit verhältnismäßig geringem Aufwand schon deutliche Verbesserungen erzielt werden.

Argumente zur Modernisierung und Maßnahmenempfehlungen

Steigerung der Verfügbarkeit

Dieser Punkt ist bei vielen Bestandsanlagen zu einem Problem geworden. Durch die teilweise schon jahrzehntelange Betriebszeit der Komponenten häufen sich – trotz steigender Wartungsaufwendungen – auch kurzzeitige Ausfälle und Nichtverfügbarkeiten. Die Erfahrung zeigt, dass dafür in der Regel nicht ein einzelnes Aggregat verantwortlich ist, sondern eine Vielzahl unterschiedlicher Fehlerquellen, die teilweise auch in Kombination auftreten.

In diesen Fällen muss deshalb zweckmäßigerweise das Gesamtsystem, bestehend aus maschinentechnischen, leit- und elektrotechnischen Komponenten, grundlegend erneuert werden.

Im Zuge dieser Arbeiten kann die Verfügbarkeit und Betriebssicherheit der Anlage durch den Einsatz von redundanten Messaufnehmern verbessert werden. Bei schutzrelevanten Kriterien werden die Messungen hierfür beispielsweise als „2oo3“, d. h. als „2 von 3“ ausgelegt. So kann ein Messaufnehmer ausfallen, ohne die Anlage außer Betrieb zu setzen. Im umgekehrten Fall besteht für die komplette 3-kanalige Auswertung bis zum auslösenden Schutz-Organ auch die Möglichkeit, die Auslösesicherheit zu erhöhen.

Servicefreundlichkeit, Ersatzteilproblematik

Die hydraulischen Komponenten von bestehenden Anlagen sind oft aus den 60er bis 80er Jahren und weisen daher eine teilweise stark eingeschränkte Servicefreundlichkeit auf. Für Reparaturen an veralteten Bauteilen sind immer weniger Fachkräfte und vor allen Dingen entsprechende Ersatzteile verfügbar. Werden nur Teilerneuerungen durchgeführt, sind fast ausnahmslos aufwändige Sonderanfertigungen erforderlich.

Entfall des Ölsystems (Umweltproblematik, Wartungsaufwand)

Durch das in alten Hydraulikanlagen eingesetzte Öl können bei Leckagen Umweltprobleme auftreten. In der Regel ist es dann sinnvoller, die Hydraulikanlage ganz oder teilweise zu erneuern, anstatt nur die Leckage zu beseitigen. Schließlich ist von einem weiterhin fortschreitenden Verschleiß der Altanlage auszugehen. Im Hinblick auf eine möglichst lange und störungsfreie Restbetriebszeit ist aus technischer Sicht stets eine umfassende Sanierung vorzuziehen.

Je nach Anlagenart kann die Umstellung von einer hydraulischen zu einer elektrischen oder elektro-hydraulischen Ansteuerung der Regelorgane zumindest einen Großteil der alten Hydraulik überflüssig werden lassen.

Gerade die oft komplexen regelungstechnischen Einrichtungen sind mit einem hohen Wartungsaufwand verbunden, der durch ein Retrofit minimiert werden kann. Als weiteres Argument ist die reduzierte Brandgefahr zu nennen. Von Hydraulikölen bzw. auftretenden Leckagen in Verbindung mit heißen Maschinenteilen geht eine hohe Gefahr aus. Bei Altanlagen mit hohen Einsatzzeiten zeigt die Erfahrung, dass sich geringe Ölverluste nur selten vollständig vermeiden lassen.

Flexibilitätssteigerung

Durch die fest vorgegebene Struktur der hydraulischen Regelung sind die Möglichkeiten für einen über den ursprünglichen Funktionsumfang hinausgehenden Einsatz der Anlage stark eingeschränkt.

Wird die Turbinenregelung jedoch auf elektrischem Weg über die Leittechnik realisiert, so ergeben sich hierdurch relativ einfache, d. h. programmierbare Eingriffsmöglichkeiten. Beispielsweise kann der automatische Hochfahrvorgang der Turbine in Abhängigkeit von der Stillstandszeit, von charakteristischen Gehäusetemperaturen oder aufgrund von Anforderungen seitens des Netzbetreibers hinsichtlich Gradienten und Wartezeiten variabel gestaltet werden. Derartige erweiterte Funktionalitäten lassen sich auch noch nach einem abgeschlossenen Umbau mit vertretbarem Aufwand realisieren, da die Änderungen dann ausschließlich in der Software vorgenommen werden.

Optimierungsfähigkeit

Die Optimierung einer Anlage, in Bezug auf Kennwerte wie Temperaturen, Gradienten, Anfahrzeiten oder Regelgüte, kann durch den Austausch alter Regelungen deutlich vereinfacht werden. Wird der Regelungsumbau mit einer Erneuerung der allgemeinen Leittechnik kombiniert, so bietet diese auch komfortable und weitreichende Möglichkeiten zur Datenarchivierung und -analyse. Somit ist die Qualität der Anlage auch auf lange Sicht überprüfbar.

Projektentwicklung

Phase 1

Datensammlung

Ein Umbauprojekt beginnt grundsätzlich mit der Identifizierung der Ziele und der Festlegung der entsprechenden Maßnahmen. Dies wird in enger Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer durchgeführt, sofern der Betreiber nicht bereits im Vorfeld einen detaillierten Projektumfang definiert hat.

Nahezu unerlässlich ist in dieser Phase eine eingehende Bestandsaufnahme der Anlage. Dabei zählt das Personal des Betreibers zu den kompetenten Ansprechpartnern, die dem Auftragnehmer Besonderheiten und Charakteristiken der Anlage vermitteln können.

In jedem Fall ist die Herstellerdokumentation der Altanlage eine Quelle wichtiger Informationen und Kenndaten. Oft ist sie auch ergänzt worden, sofern zwischenzeitlich bereits Modifikationen durchgeführt wurden. In vielen Fällen erweist sich der Dokumentationsstand jedoch als unvollständig, so dass den Infor-

mationen des Betreiberpersonals eine umso höhere Relevanz zukommt. Durch die frühzeitige und partnerschaftliche Einbindung des Personals wird gleichzeitig eine wachsende Akzeptanz für die geplanten Maßnahmen erreicht. Darüberhinaus dient dieser direkte Kontakt auch der späteren Zufriedenheit des Kunden, da dieser so die Möglichkeit hat, Prioritäten zu setzen, die in die Planung mit einfließen können. Grundlegende Projektmanagementmaßnahmen wie regelmäßige und effektive Projektgespräche zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer dienen der Koordinierung der Projektpartner und somit der Sicherstellung des späteren Erfolges.

Um das Ergebnis einer Retrofitmaßnahme objektiv beurteilen zu können, ist im Vorfeld die gemeinsame Festlegung von Kriterien durchzuführen. Hierbei werden die zentralen Eigenschaften der Anlage anhand von Prozesswerten wie Temperaturen, Drücken oder Drehzahlen sowohl statisch als auch dynamisch bewertet. Dies setzt voraus, dass bei den durchzuführenden Testfahrten zur Aufnahme des Ist-Standes (fingerprint) der Anlage entsprechendes Mess-Equipment zur Verfügung steht. Oftmals kann ein Teil der Messwerte von bestehenden Anlagenteilen aufgezeichnet werden, teilweise müssen aber auch erst spezielle Versuchsmessungen aufgebaut werden. Die z. B. mit einem elektronischen Schreiber aufgezeichneten Daten werden nach Kriterien wie (Start-)Zeiten, erreichten Temperatur-/Lastgradienten oder beobachtete Regelgenauigkeit analysiert (Bild 1).

Gerade bei Turbinenumbauten ist das Schwingungsverhalten der Maschine ein spezielles Thema. Hier ist es sinnvoll, nicht auf vorhandene Messungen zurückzugreifen, sofern diese bei dem Umbau ebenfalls erneuert werden. Durch die unterschiedlichen Charakteristiken der verschiedenen Messaufnehmer könnten die Ergebnisse verfälscht werden. Es ist also sicherzustellen, dass für die Messungen vor und nach dem Umbau dieselben Messaufnehmer eingesetzt werden.

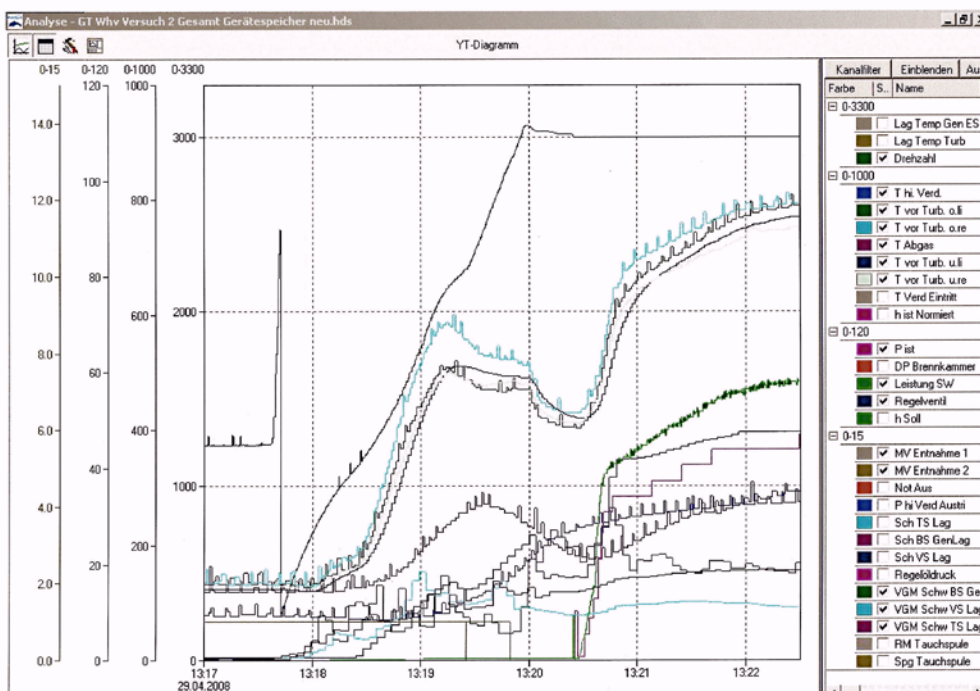


Bild 1
Datenaufnahme mit
elektronischem Schreiber

**Phase 2
Projektierung**

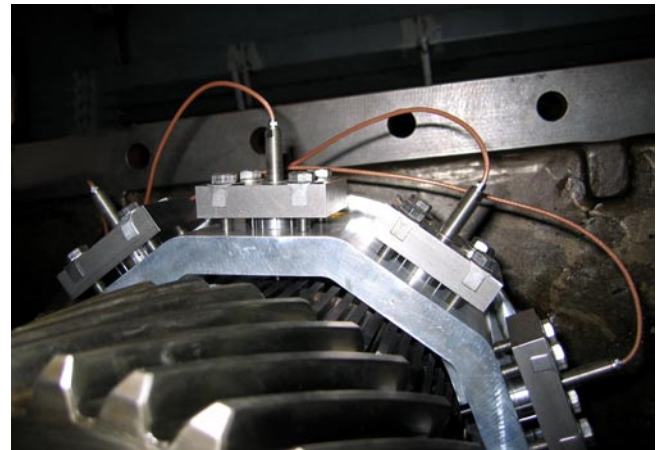
In dieser Projektphase erfolgt die Erstellung eines Umbaukonzeptes sowie die Auswahl der einzusetzenden Komponenten anhand von Kenndaten wie Öldrücken, Durchflussmengen oder aufzubringenden Kräften (Bild 2).

Ein Bereich, der bei Umbauten an Turbinenregelung und -steuerung in der Regel ebenfalls erneuert wird, ist die Drehzahlerfassung. Hier werden standardmäßig mindestens vier neue Drehzahlsensoren eingebaut, oft auch insgesamt sechs Geber (3 für den Schutz, 2 für die Regelung, 1 als Reserve).

Da alte Maschinen in den seltensten Fällen die entsprechenden Montagemöglichkeiten bieten, werden Halterungen und ggf. Triggerräder entsprechend den Gegebenheiten neu angefertigt. Drei der neuen Drehzahlsensoren übernehmen die „2 von 3“-Überwachung der Turbine und können durch eine entsprechende Auswahllogik auch zur Bildung des für die Regelung gültigen Drehzahl-Ist-Wertes verwendet werden, während der vierte als Reserve dient. Durch speziell angefertigte Halterungen können die neuen Sensoren von außen sowohl ausgetauscht als auch eingestellt werden (Bild 3).

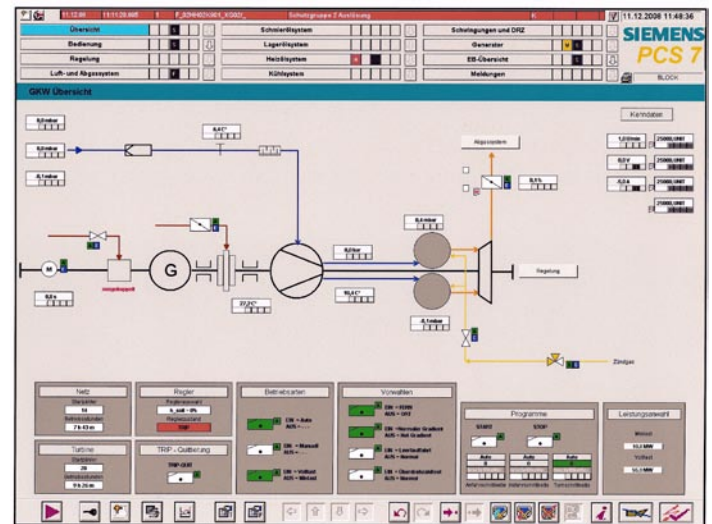
Generell wird die erneuerte Sensorik, die Schutzfunktionen der Maschine realisiert, in „2 von 3“-Technik ausgelegt, d. h. auch für Messungen wie (Öl-)Drücke oder kritische Temperaturen erfolgt der Einbau von jeweils mindestens drei Sensoren je Messstelle. Die gleiche Vorgehensweise findet sich in der Verwendung so genannter Trip-Blocks wieder. Diese stellen die Schnittstelle zwischen elektrischem und hydraulischem System dar und schalten im Trip-Fall das Ölsystem fehlersicher ab.

Durch die Erstellung eines Rahmenterminplans erreicht man eine zunehmend detailliertere Projektplanung, die Lieferzeiten von Komponenten ebenso berücksichtigt wie Zeiträume für Montagearbeiten an der Anlage und die Abstimmung mit eventuellen anderen Gewerken (Elektrotechnik, Maschinentechnik etc.).

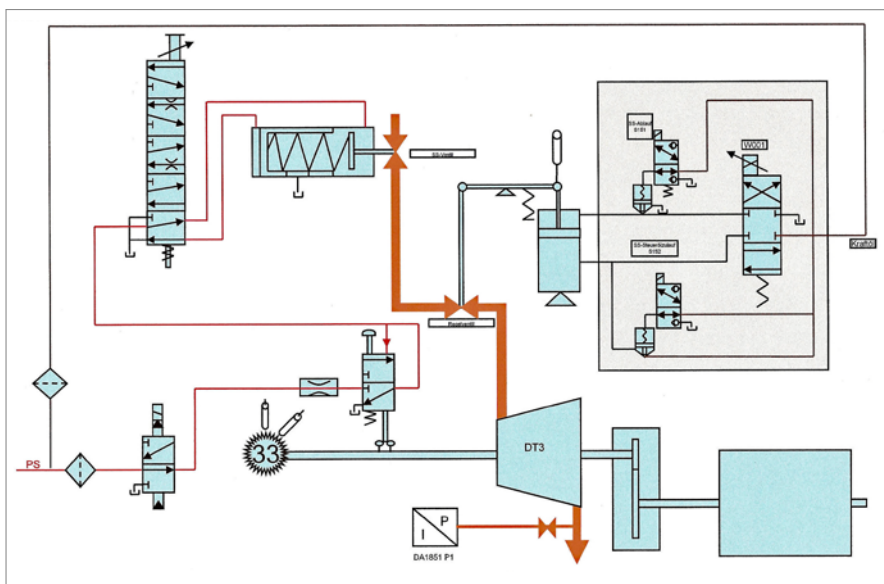


**Bild 3
Neu installierte Drehzahlerfassung**

Wird bei dem Projekt auch die Leittechnik der Anlage ersetzt, so erfolgt in dieser Phase auch die Erstellung der Software (Bild 4).



**Bild 4
Screenshot Bedienoberfläche Turbinenregler**



**Bild 2
Strukturskizze Turbinenregelung**

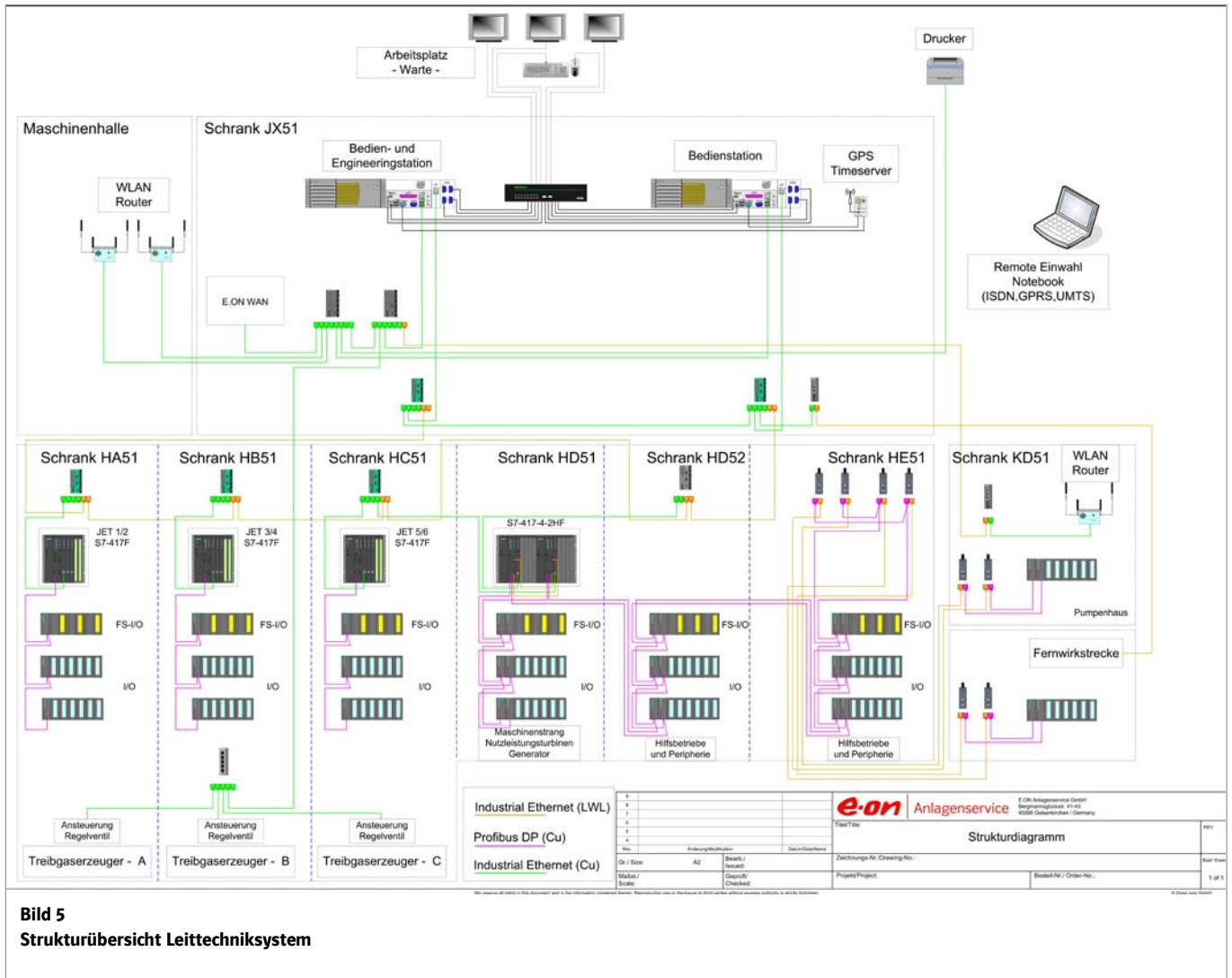


Bild 5
Strukturübersicht Leittechniksystem

Der Kunde sollte diese Phase kontinuierlich begleiten, um frühzeitig auf eventuelle Abweichungen von seinen Vorstellungen reagieren zu können. Der Abschluss erfolgt durch einen Werksabnahmetest, der verifiziert, dass einerseits das Umbaukonzept den Anforderungen des Kunden entspricht und andererseits die Komponenten einsatzbereit sind (Bild 5).

Phase 3
Umbau

Bei der Umsetzung eines Projektes lassen sich mit einer durchgehenden und umfassenden Qualitätskontrolle auf der Baustelle Komplikationen vermeiden. Dies beginnt bei einer professionellen Organisation der Arbeitssicherheit und endet bei der Überwachung von Unterlieferanten und Montageunternehmen.

Eine durchgehende Dokumentation des Umbaufortschrittes in Form von Wochenberichten (ggf. inkl. Fotos) stellt sicher, dass grundsätzlich jeder Projektbeteiligte vom aktuellen Stand der Arbeiten unterrichtet ist und bei eventuell auftretenden Schwierigkeiten kurzfristig reagieren kann.

Besonders bei Umbauten von größerem Umfang hat es sich als vorteilhaft erwiesen, das Betriebspersonal informativ mit einzubeziehen bzw. bereits parallel zu der Umbaumaßnahme Schulungen durchzuführen. In der Praxis ergibt sich jedoch oft das Problem, dass das entsprechende Personal, sowohl seitens des Auftraggebers als auch des Auftragnehmers, vollständig mit der Umsetzung des Projektes ausgelastet ist. Hier sollten bereits im Vorfeld entsprechende Kapazitäten eingeplant werden.

Phase 4
Inbetriebnahme

In den meisten Fällen gibt es einen fließenden Übergang von der Montage zur Inbetriebnahme. Möglicherweise können aber auch Teilbereiche der Anlage schon wieder in Betrieb genommen werden, während in anderen Bereichen noch Montagearbeiten stattfinden. Somit ist eine gute Abstimmung der verschiedenen Gewerke auf der Baustelle unerlässlich, um unnötige Projektverzögerungen zu vermeiden.

Generell unterscheidet man zwischen der kalten und der heißen Inbetriebnahme. Während bei der kalten Inbetriebnahme die

jeweiligen Anlagenteile bzw. Komponenten auf korrekten Anschluss, Verkabelung oder Einbau überprüft, gegebenenfalls Spülarbeiten an verbleibenden Hydraulikkomponenten vorgenommen werden sowie bei elektrischen Signalen ein Signaltest durchgeführt wird, erfolgt bei der heißen Inbetriebnahme die tatsächliche Inbetriebsetzung des Aggregates.

Beim Austausch der Turbinenhydraulik bedeutet dies, dass eingesetzte Druckstellglieder oder Wegeschieber durchgeföhren und eingestellt werden. Grundsätzlich erfolgt dabei eine Dokumentation der entsprechenden Kennlinien.

Soweit erforderlich, wird die hydraulische Grundeinstellung der Regelventile korrigiert. Parallel dazu erfolgt eine Kontrolle der Ansteuerung aller Schnellschlussventile und der neuen Prüfeinrichtung. Die Überprüfung des Turbinenschutzes wird durch scharfes Auslösen der jeweiligen Kriterien und Kontrolle des Auslösemechanismus durchgeführt.

Sämtliche Einstelldaten der hydraulischen Grundeinstellung werden, ggf. gemeinsam mit dem Inbetriebsetzer des Leittechniklieferanten, in den Turbinenregler eingepflegt. Neben der Ansteuerung der einzelnen Druckstellglieder wird die Überwachung aller Regelventilstellungen und Regelöldrücke eingestellt und überprüft.

Der Grundeinstellung am Turbinenregler folgt die Kontrolle der verschiedenen Funktionalitäten. Dazu zählen die jeweilige Ansteuerung aller Regelventile, die Ansteuerung der Umleit- und Turbinenschnellschlusseinrichtung, die Schnellschlussventilprüfeinrichtung und weitere Komponenten. Nach eingehender Überprüfung der kompletten Turbinenregel- und Schutzeinrichtung und Abschluss aller Gewerke wird die Anfahrbereitschaft hergestellt.

Der Anlagenbetreiber wird diese Phase eng begleiten. Dies ist zum einen aufgrund seiner Betriebserfahrungen unerlässlich, zum anderen wird das Betreiberpersonal so auch frühzeitig an die Bedienung der erneuerten Anlage bzw. der Anlagenteile herangeföhrt.

Der Inbetriebnahme folgt die Probebetriebsphase mit einer Dauer von mehreren Wochen. Hier hat der Betreiber die Gelegenheit, eventuell verbleibende Restpunkte zu definieren, die direkt im Anschluss oder auch kontinuierlich vom Auftragnehmer abgearbeitet werden.

Durch die Fertigstellung der Anlagendokumentation bzw. das Nachföhren aufgrund von Veränderungen während und nach der Inbetriebnahme wird sichergestellt, dass die dem Kunden übergebenen Unterlagen vollständig und aktuell sind.

In diesen Zeitraum sollte auch die Aufnahme des erreichten Anlagenzustandes fallen, um das Ergebnis objektiv beurteilen zu können. Ein Vergleich mit den zuvor formulierten Zielen sowie den während der Testfahrten aufgenommenen Referenzdaten bildet für die Projektpartner die Basis für den erfolgreichen Projektabschluss.

Phase 5 Projektende

Nach abgeschlossenem Umbau schließt sich nun für den Betreiber die Nutzphase an, in der er von den erreichten Vorteilen profitiert. Für den Auftragnehmer ergeben sich spätere Arbeiten aus eventuellen Wartungsverträgen.

Modernisierung drei unterschiedlicher Turbinentypen

Beispiel 1

57 MW Gasturbine (heavy duty), Baujahr 1973

Hier stand der Austausch der gesamten Leittechnik, einschließlich der Verbindung zur Schaltanlage, Neubau eines Leitstandes (Prozess- und Bediensystem), Erneuerung der Instrumentierung und der Verkabelung für die Anlagenteile der Gasturbine an. Der Auftrag erstreckte sich über alle Bereiche mit Berührungspunkten zur Leittechnik und beinhaltete im Wesentlichen folgende Punkte:

- Errichtung einer vollständigen, funktionstüchtigen Prozessleittechnik für die Steuerung und Regelung der Gasturbinenanlage
- Errichtung einer gemeinsamen Bedien- und Beobachtungsplattform für die neue Steuerung und den weiter bestehenden alten Hilfsantriebsteil
- Verwendung aktueller Hard- und Softwarekomponenten für das Bedien- und Beobachtungssystem

Die Bestandsaufnahme beinhaltete insbesondere die Erstellung einer detaillierten Signalliste. Auf dieser Grundlage erfolgte die Auslegung und Konstruktion der Automatisierungsschränke. Parallel dazu erfolgte die Planung der benötigten Unterverteiler mit der dazugehörigen Installation, Festlegung von Kabelwegen etc.

Das Verhalten der Turbinenregelung wurde durch Testfahrten ermittelt. Die hierbei elektronisch aufgezeichneten Kennwerte wie Drehzahl, Leistung, Temperaturen, Drücke, Zeiten und Gradienten dienten als Grundlage für die Auslegung des zu programmierenden Turbinenreglers sowie auch als Maßstab für die erreichte Qualität nach erfolgtem Umbau. Die Programmstrukturen für die Steuerung und Regelung der Anlage wurden auf Basis der Bestandsdokumentation neu erstellt. Die Entwicklung des Regelungskonzeptes orientierte sich sowohl an der Dokumentation als auch an den Erfahrungen aus vergleichbaren Projekten.

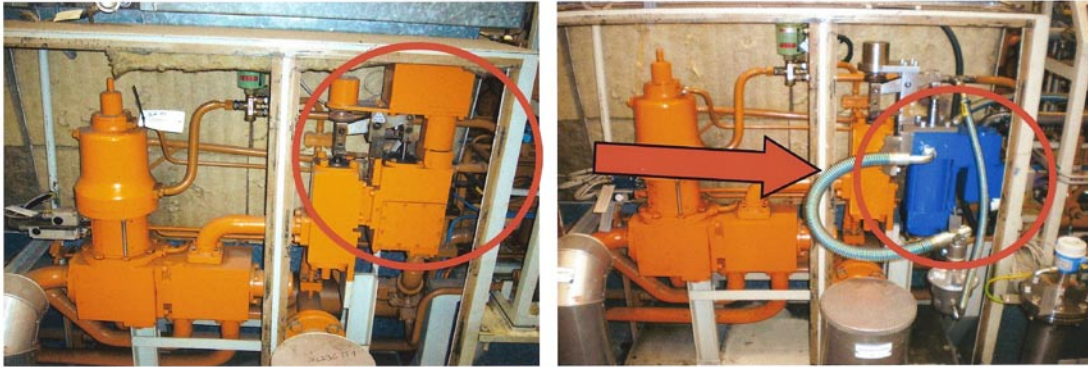


Bild 6 Servomotor vor und nach dem Umbau

Die Umsetzung enthielt folgende Punkte:

- Austausch von Turbinensteuerung, -regelung und -schutz
- Demontage des hydraulischen Turbinenreglers
- Aufbau eines elektronischen Reglers
- Ansteuerung des Regelventils über einen elektrisch angesteuerten Hydraulik-Servomotor (Bild 6)
- Einbau einer neuer Drehzahlerfassung
- Erneuerung der Sensorik

Eine intensive Vorbereitung und die gute und zielführende Zusammenarbeit mit dem Betreiber ermöglichten den Abschluss aller Maßnahmen nach einer Stillstandszeit von drei Wochen und einer einwöchigen Inbetriebnahme. Die garantierten Eigenschaften der Anlage, z. B. hinsichtlich des dynamischen Verhaltens, wurden durch Messfahrten vor dem Umbau festgelegt und nach Abschluss durch Testfahrten nachgewiesen.

Das Betriebspersonal wurde bereits projektbegleitend in den Aufbau der Hard- und Software eingewiesen. Anschließende Schulungsmaßnahmen sorgten für eine problemlose Umstellung und die sichere Bedienung der neuen Steuerung.

Beispiel 2

400 MW Dampfturbine, Baujahr 1975

Die hydraulischen Turbinenschutz- und Regeleinrichtungen sollten im Zuge eines Leittechniktausches modernisiert werden. Das Umbaukonzept wurde, in Absprache mit dem Betreiber, nach Turbinenregelung, Turbinenschutz und Umleitstation aufgliedert. Durch diese Gliederung ergab sich für den Betreiber die Möglichkeit, auch einen Teilaustausch durchzuführen.

Das Konzept enthielt folgende Komponenten bzw. Funktionen mit den jeweiligen Messungen:

- Drehzahlregler
- Anfahrereinrichtung
- Leistungsregler
- Frischdampfdrucküberwachung
- Belastungswächter
- Vertrimmeinrichtung Abfangventile
- Ventilstellungserfassung und Überwachung
- Vakuumbegrenzer und Schutzfunktion

- ND Umleitregeleinrichtung
- Staudruckbegrenzer und Einspritzwasserüberwachung
- Gruppenventilansteuerung Frischdampf-, Abfang- und Umleitventile
- Einzelventilansteuerung Einspritzwasser, Kühltampf und ND-Dusche
- Überdrehzahl- und Wellenlageschutz
- Lagerölüberwachung
- Prüfeinrichtung Schnellschlussventile
- Absteuern Regelöldrücke bei SS
- 3-kanalige hydraulische Auslöseeinheit für den Turbinenschutz
- Stellungsüberwachung der Regelventile
- Drucküberwachung der elektrohydraulischen Wandler
- Auslegung der Messungen für den Schutz 3-fach und für die Regelung 2-fach.

Bei der Vorplanung erfolgten alle Abstimmungen mit dem Betreiber und dem Lieferanten der Leittechnik. Konkrete Vorgaben zur Anpassung der Regelstruktur wurden erarbeitet und die Schnittstellen zur Leittechnik und der Steuer- und Schutzeinrichtung spezifiziert.

Zur Dokumentation der alten Ansteuerung von Regel- und Schnellschlussventilen wurden vor dem Umbau detaillierte Aufzeichnungen des Ist-Zustandes angefertigt. Dazu gehörten sowohl die Regelventilstellungen zu den jeweiligen Regelöldrücken als auch die Schnellschlussventilstellungen inkl. der Öldrücke zu den Auslösesignalen.

Der Umbau begann mit der kompletten Demontage der hydraulischen Schutz- und Regeleinrichtungen inkl. Drehzahlregler und Überdrehzahlbolzen und wurde wie folgt ausgeführt:

Zur Drehzahlregelung und zum Überdrehzahlschutz wurden insgesamt vier Sensoren inkl. eines Triggerrades anstelle der Überdrehzahlbolzen eingebaut. Drei der neuen Drehzahlsensoren übernehmen die „2 von 3“-Überwachung der Turbine, der vierte dient als Reserve. Der alte 1-kanalige Wellenlagewächter wurde durch den Einbau von drei Sensoren zur „2 von 3“-Überwachung ersetzt. Durch die speziell angefertigten Halterungen können die neuen Sensoren von außen sowohl ausgetauscht als auch eingestellt werden.

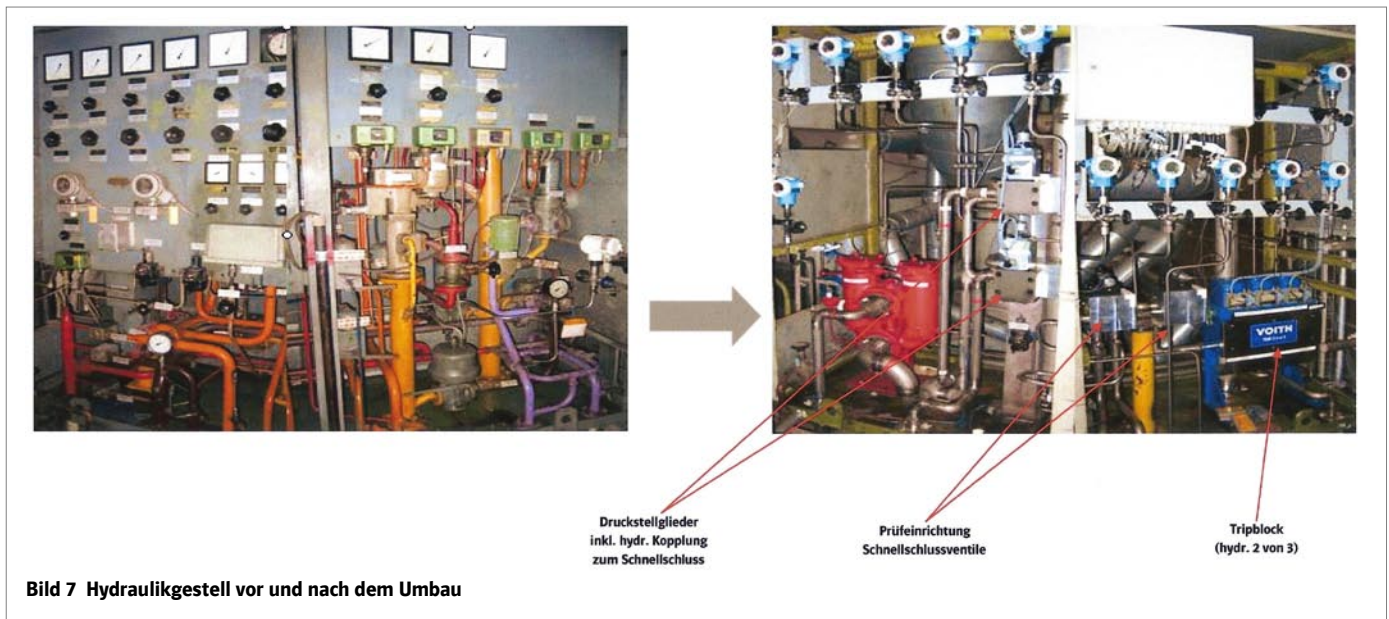


Bild 7 Hydraulikgestell vor und nach dem Umbau

Zur Überwachung der Ventilstellungen wurden an zwölf Regelventilen elektronische Stellungserfassungen angebracht. Die Regel- und Systemdrücke werden nun über insgesamt 36 neu montierte und eingebundene Druckmessumformer erfasst.

Über die neuen Druckmessungen hinaus wurden diverse weitere Komponenten in die beiden Hydraulikgestelle verbaut (Bild 7). Der Sicherheitsblock für den Turbinenschutz bietet neben der hydraulischen „2 von 3“-Auswahl auch die Möglichkeit zu stellungserfassten Prüfungen der einzelnen Kanäle. Zur Auslösung der NDU wurden zwei Magnetventile integriert.

Die Ansteuerung der Regelventile für Einspritzwasser der NDU und Kühldampf erfolgt über jeweils ein Druckstellglied. Die insgesamt sechs Frischdampfregelventile werden als Gruppe über ein Druckstellglied, ausgelegt für die hier benötigten Ölmengen, angesteuert. Die beiden Abfangregelventile und die beiden Umleitregelventile sind jeweils zusammengefasst und werden ebenfalls durch ein Druckstellglied angesteuert. Die ND-Dusche wird über ein Magnetventil angesteuert. Die jeweilige Staffelung bzw. der Gleichlauf der Regelventile ist durch die Einstellung der Servos weiterhin gewährleistet.

Als Verbindung zum hydraulischen Schutzsystem erhielten die Ansteuerungen der Frischdampf- und Abfangregelventile jeweils ein Cartridgeventil. Die Cartridgeventile sorgen für ein zusätzliches Absteuern der Regelöldrücke und somit ein Schließen der Regelventile im Schnellschlussfall. Die Prüfung der Schnellschlussventile und Rückschlagklappen, auch während des Betriebes, erfolgt nun über speziell ausgelegte Prüfeinheiten.

Das Steueröl wird über zwei neue umschaltbare Doppelölfilter auf die erforderliche Ölreinheit gebracht. Die Überwachung ist durch eine elektronische Verschmutzungsanzeige sichergestellt, die dem Betriebspersonal bei Bedarf den Austausch des Filterelements anzeigt.

Nach der Inbetriebnahme, einem reibungslosen vierwöchigen Probetrieb und intensiver Einweisung und Schulung des Betriebspersonals, konnte die Anlage dem Betreiber – ohne offene Restpunkte – übergeben werden.

Die Dokumentation enthielt, über Stromlaufpläne, Schemata, Gerätedokumentationen und IBS-Protokolle hinaus, die Betriebs- und Wartungsanleitungen der kompletten neuen Regel- und Schutzeinrichtung. Diese neuen Anleitungen wurden in die Betriebshandbücher der Turbinen eingearbeitet. Zur Qualitätssicherung belegen Fotodokumentationen die einzelnen Abschnitte im Umbau.

Beispiel 3 90 MW Gasturbinenanlage (aero-derivative), Baujahr 1973

Auch bei strukturell komplexen Anlagen kann ein Austausch der Hydraulikkomponenten erfolgen. Ein erhöhter Planungs- und Projektierungsaufwand im Vorfeld wird hier durch einen störunanfälligen, servicefreundlicheren und flexibleren Betrieb nach dem Umbau aufgewogen.

Bei dieser Gasturbinenanlage werden drei starr gekoppelte Nutzleistungsturbinen von jeweils zwei als Treibgasgeber eingesetzten Flugtriebwerken angetrieben. Hier waren sechs einzelne Maschinenregler zu ersetzen, die durch einen übergeordneten Regler in allen Betriebszuständen wie Anfahren, Synchronisieren, Lastbetrieb und auch Inselbetrieb angesteuert werden.

Zusammengefasst enthielt dieses Projekt folgende Punkte:

- Austausch von Turbinensteuerung, -regelung und -schutz (kompletter Entfall der Hydraulikanlage)
- Aufbau von elektronischen Reglern
- Ansteuerung der Regelventile der Triebwerke über elektrische Schrittmotoren

- Einbau neuer Drehzahlerfassungen an Triebwerken und Nutzleistungsturbine
- Erneuerung der Sensorik

Die Kontrolle der Triebwerke erfolgt jetzt rein elektrisch durch schnelle Schrittmotore (Stellzeit < 300ms), so dass die ursprüngliche Hydraulikanlage komplett entfallen konnte.

Bei Anlagen dieser Art besteht eine besondere Herausforderung in der hohen Dynamik: Nach dem Umbau kann diese Anlage für den Spitzenlastbetrieb innerhalb von drei Minuten wieder am Netz sein. Diese Fähigkeit war durch die zunehmenden Störungen und Ausfälle vor der Modernisierung nur noch stark eingeschränkt vorhanden.

Durch die individuell erstellte Steuerungs- und Regelungsstruktur sind nun auch dynamisch anspruchsvolle Situationen, beispielsweise stark zeitversetzte Starts der einzelnen Triebwerksgruppen beherrschbar, die zum Teil in der Bestandsanlage noch nie stabil fahrbar waren.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich bei dieser Anlage, bei der auch ein Austausch der kompletten Leittechnik durchgeführt wurde, durch die nun ins System integrierte Datenerfassung. Alle relevanten Betriebsdaten und -zustände werden automatisch und fortlaufend aufgezeichnet und zentral in Archiven abgelegt. Von dort aus können sie in frei wählbarer Zusammenstellung, in Form von Kurven oder Dateixporten, jederzeit für Auswertungen oder Analysen abgerufen werden.

Fazit

Die Einschränkungen und auch die Problematik bei Anlagen mit hydraulisch gesteuerten Schutz- und Regelungskomponenten liegen auf der Hand. Modernisierungsmaßnahmen müssen gut durchdacht und in ihrem Umfang – von der Erneuerung einzelner Komponenten bis zum Umbau auf komplett elektrische Schutz- und Regelungsfunktionen – exakt auf die Anlage und die Erwartungen des Betreibers abgestimmt sein. Individuelle Konzepte und eine systematische Vorgehensweise bei der Umsetzung bilden die Basis für den Erfolg eines Projektes.