

Zuverlässigkeitsanalyse

Bestimmung von Instandhaltungsstrategien und Steigerung der Betriebsmittelzuverlässigkeit in einer NGL-Anlage mithilfe von Daten und Modellierungssoftware

Fernando Vicente, Hector Kessel, Richard M. Rockwood

In den letzten Jahren hat das Thema Zuverlässigkeit – d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass ein Produkt, Gerät oder Prozess unter bestimmten Bedingungen seine vorgesehene Funktion für einen bestimmten Zeitraum fehlerfrei erfüllt – im Rahmen von Initiativen zur kontinuierlichen Verbesserung zunehmend an Bedeutung gewonnen. Eine höhere Anlagenzuverlässigkeit senkt die Kosten von Prozess- und Betriebsmittelausfällen und trägt zu einer höheren Produktivität und damit auch zu höheren Gewinnspannen bei. Zusätzlich wird die Sicherheit am Arbeitsplatz erhöht, und die Gefahren für die Umwelt werden reduziert.

Angesichts des starken Wettbewerbsdrucks in der Öl- und Gasindustrie müssen Gasanlagen heutzutage eine hohe Zuverlässigkeit besitzen und dürfen keine unnötigen Kosten verursachen. ABB hilft den Betreibern solcher Anlagen dabei, dieses Ziel durch objektive, quantifizierbare Maßnahmen zur frühzeitigen Behandlung von Betriebsmittelausfällen zu erreichen. Dieser Artikel beschreibt die Durchführung von Zuverlässigkeitsanalysen an drei konkreten Beispielen in einer Anlage von MEGA im argentinischen Loma La Lata, die allesamt zu erheblichen Einsparungen geführt haben.

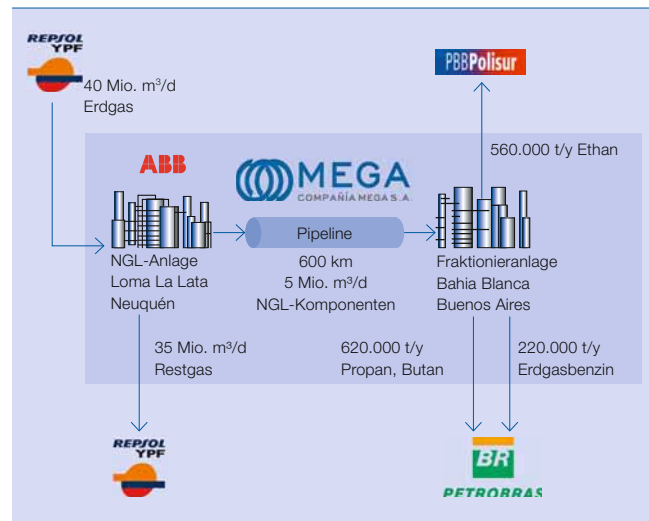
Moderne Unternehmen sind bestrebt, ihre Fehler- und Unfallquote auf null zu reduzieren. Viele verfolgen zudem eine „Null-Toleranz-Strategie“ gegenüber Betriebsmittelausfällen und setzen sich einen ausfallfreien Betrieb zum Ziel. Werden die Betriebsmittel jedoch sich selbst überlassen, kommt es irgendwann unweigerlich zu Ausfällen. Um dem entgegenzuwirken, nutzen viele führende Unternehmen zwei wichtige Strategien zur Verwaltung ihrer Betriebsmittel: die zustandsabhängige Instandhaltung und spezielle Zuverlässigkeitsstrategien. Das Ziel dabei ist es, Ausfälle frühzeitig zu erkennen und durch geplante Maßnahmen zu kontrollieren.

Zuverlässigkeitsstrategien spielen bei diesem dualen Ansatz eine wichtige Rolle, wie die folgenden drei Fallbeispiele zeigen. Das erste Beispiel beschreibt eine Zuverlässigkeitsanalyse für die Gleitringdichtung einer NGL-Pumpe (Natural Gas Liquid = Erdgaskonzentrat). Im zweiten Beispiel geht es um die Validierung einer Modifizierung in einem Schraubekompressor, und das dritte Beispiel beschreibt die Zuverlässigkeitsanalyse für einen Temperatur-Messumformer.

Full-Service®-Partnerschaft mit MEGA

Im Rahmen ihres ABB Full-Service®-Vertrags mit MEGA (einer Gasanlage

1 Produktion der MEGA-Gasanlage in Loma La Lata, Argentinien



in Loma La Lata in der argentinischen Provinz Neuquén) ist ABB für die Mechanik, Elektrik, Instrumentierung und statische Verwaltung sowie für die statische Inspektion, Planung und die komplette Ersatzteilverwaltung der Anlage verantwortlich.

Aufgabe der Anlage von MEGA ist die Gewinnung und Abscheidung von Erdgaskonzentrat (NGL) aus Erdgas. In dem Prozess wird das Methan von anderen NGL-Bestandteilen getrennt und dann in eine Pipeline zurückgepumpt, die den heimischen Markt beliefert. Die anderen Bestandteile werden zur Weiterverarbeitung in eine andere Anlage in Bahia Blanca gepumpt. In dieser Fraktionieranlage wird das NGL in Ethan, Propan, Butan und Erdgasbenzin getrennt und an die

jeweiligen Kunden, z. B. die argentinische Regierung, verkauft 1.

Erfüllung der Kundenerwartungen

Die Betriebsmittelzuverlässigkeit der Anlage hat mittlerweile Spitzenwerte erreicht 2, doch diese Werte spiegeln lediglich die Verfügbarkeit prozesskritischer Betriebsmittel wider, die durch vorgehaltene Ersatzteile oder zuschaltbare Reserven unterstützt werden. Als Full-Service-Anbieter mit neuesten Servicetechnologien und modernsten Managementverfahren erhielt ABB den Auf-

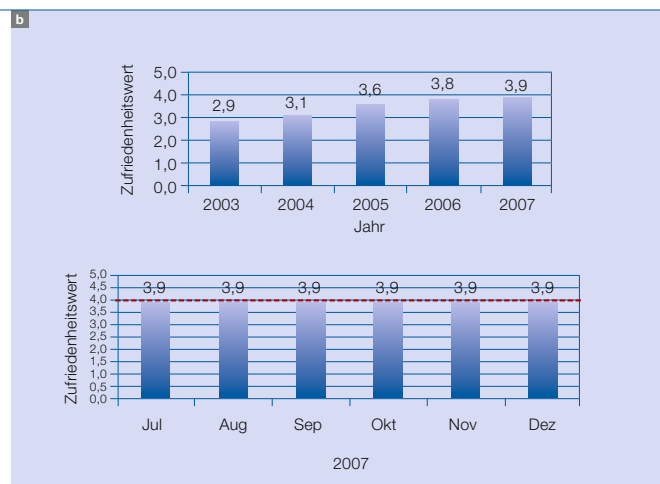
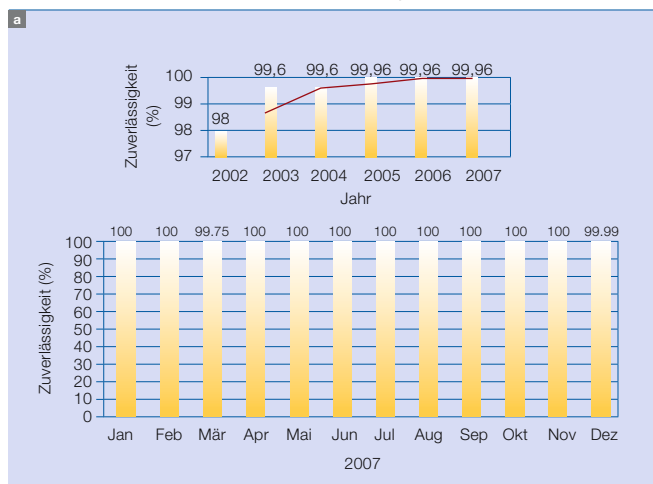
trag, sich andere prozesskritische Betriebsmittel vorzunehmen und deren Verfügbarkeit so weit zu steigern, dass die Anlage entsprechend der Marktnachfrage betrieben werden kann.

Von der Unterstützung zur Maßnahme

Anfang 2008 wurde bei MEGA die jährliche Standortbeurteilung im Rahmen der Full-Service-Vereinbarung mit ABB durchgeführt. Hierbei wird ermittelt, welche Initiativen erfolgreich und welche verbesserungswürdig sind. Zu jeder Beurteilung gehören Empfehlungen, die dem ABB-Standortteam dabei helfen, die identifizierten Performance-Lücken zu schließen.

Der Beurteilungsprozess bei MEGA war äußerst effektiv und zeigte, dass

2 Trenddarstellungen der Betriebsmittelzuverlässigkeit a und der Kundenzufriedenheit b. Bei der Zuverlässigkeit lag die Zielsetzung bei 99,6%, bei der Kundenzufriedenheit bei 4.0 von möglichen 5.0 Punkten.



Nachhaltige Ergebnisse

noch mehr getan werden konnte, um die Initiativen zum „Schließen der Lücken“ sowohl qualitativ als auch quantitativ zu verbessern. Es ging also darum, die Ausführung von Initiativen zur Steigerung der Wertschöpfung für den Kunden, die Bevölkerung und ABB entsprechend dem ABB Full-Service-Ergebnisdreieck zu verbessern **3**. Dies wird als „Unterstützung nach der Beurteilung“ (Post-Assessment Assistance) bezeichnet **Infobox 1**.

Im Rahmen der Post-Assessment Assistance wird eine Art „Fahrplan“ für jeden Standort entwickelt, der die Zielsetzungen und standortspezifischen Initiativen zum Schließen der Lücken in der Performance und den Kundenerwartungen enthält **4**.

Zuverlässigkeit in der Praxis

Für die meisten Menschen sagen Zuverlässigkeitszahlen allein wenig über Verbesserungen aus, ganz gleich ob es sich hierbei um Prozentwerte, MTBF-Werte (Mean Time Between Failures = mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen) oder die Zahl von Notdienstausträgen handelt. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht bedeutet eine höhere Zuverlässigkeit eine bessere Kontrolle der unnötigen Kosten, die durch Betriebsmittel- und Prozessausfälle verursacht werden und die Produktionsleistung beeinträchtigen.

Aus technischer Sicht wird die Zuverlässigkeit gemeinhin durch die Bestimmung der Wahrscheinlichkeit eines

Ausfalls quantifiziert. Zur Berechnung dieser Wahrscheinlichkeit werden probabilistische und statistische Methoden und Werkzeuge herangezogen. Typische Beispiele für die Zuverlässigkeitsanalyse in Gasanlagen sind der Einsatz verschiedener Werkzeuge wie Weibull-Analysen, Pareto-Analysen und Monte-Carlo-Simulationen **Infobox 2**.

Ein Schlüsselfaktor bei der Zuverlässigkeitsanalyse ist die Qualität der Anlagendaten. Hierbei geht es insbesondere darum, wie die Daten erfasst und verwaltet werden und wer für ihre Analyse verantwortlich ist. In den meisten Anlagen in der Öl- und Gasindustrie werden über Jahre hinweg Daten gesammelt, doch nur selten ist jemand dafür zuständig, die Daten auszuwerten und daraus Informationen zur Lösung von Problemen abzuleiten.

Anlagendaten sind bestens geeignet, um aufzuzeigen, was funktioniert und wo Verbesserungsmöglichkeiten liegen. Ein guter Ansatz für eine Analyse ist die Lokalisierung der Probleme durch die Untersuchung ihrer Häufigkeit. Einen ersten Überblick bietet ein Pareto-Diagramm der 10 wichtigsten Punkte. Die Pareto-Analyse liefert eine Rangfolge und somit die Möglichkeit, sich auf die Probleme mit den höchsten Werten zu konzentrieren. Dabei gilt die sprichwörtliche 80/20-Regel, d. h. 80% der Probleme bzw. Verluste sind auf 20% der

Betriebsmittel oder Prozesse zurückzuführen **5**.

Zuverlässigkeitsanalyse einer Gleitringdichtung

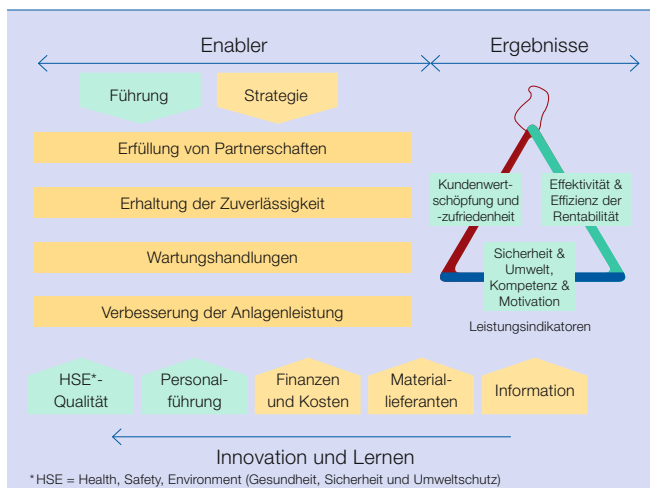
Ausgehend von der Pareto-Analyse entschloss sich das ABB-Team, die Zuverlässigkeit der NGL-Pumpe 510-P-01C genauer zu untersuchen. Da die Prozessbedingungen von den Auslegungsbedingungen abgewichen waren, ging das Team von einer verringerten Zuverlässigkeit des Pumpensystems aus.

Eine Suche in der Datenbank des computergestützten Instandhaltungsmagementsystems (CMMS) nach der NGL-Pumpe 510-P-01C ergab, dass die häufigste Ausfallart mit einem Versagen der Gleitringdichtung zusammenhing.

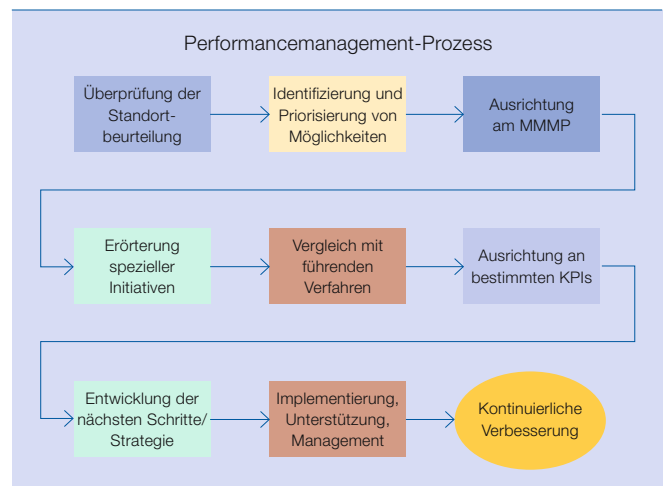
Unter Zuverlässigkeitsexperten heißt es häufig, dass das Instandhaltungsmanagement auf Ausfallartenebene erfolgt. Eine Ausfallart ist ein Ereignis, das wahrscheinlich zum Ausfall eines Betriebsmittels (bzw. Systems oder Prozesses) führt und somit einen Funktionsausfall verursacht. Häufige Ausfallarten sind festgefressene Lager, blockierte Laufräder, ausgebrannte Motoren und verstopfte Saugleitungen.

Die NGL-Pumpe ist ein kritisches Betriebsmittel für den Produktionsprozess, da sie das verarbeitete Produkt zur Anlage in Bahia Blanca befördert, wo es in andere Produkte (Ethan, Pro-

3 Die Standortbeurteilung ist nicht nur ein wirksames Werkzeug zur Bestimmung der aktuellen Leistungsfähigkeit, sondern auch zur Entwicklung vorausschauender Strategien.

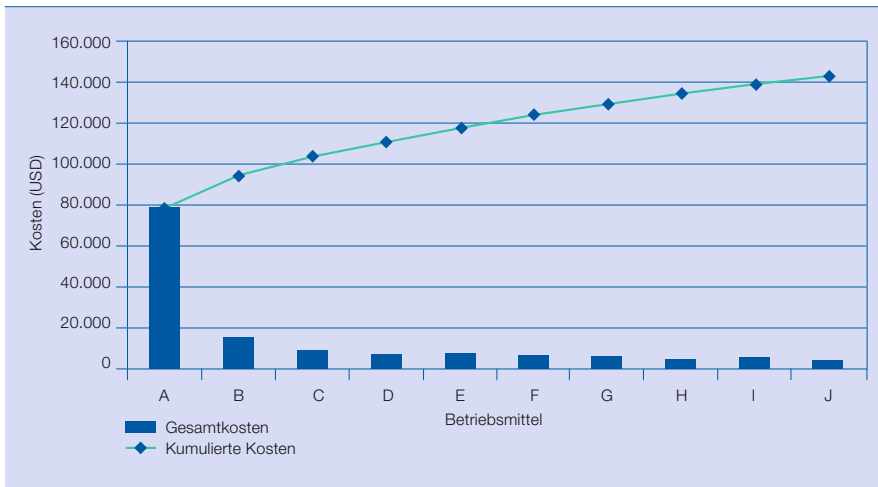


4 Unterstützung nach der Beurteilung (Post-Assessment Assistance)



Nachhaltige Ergebnisse

5 Pareto-Diagramm der 10 bedeutendsten Verbesserungsmöglichkeiten bei MEGA. Von Juni bis August entfielen 80 % der Kosten auf Betriebsmittel A.



6 NGL-Pumpendaten aus der CMMS-Datenbank

Alter (Stunden)	Ausfall (F) oder Abschaltung (S)
9.236	F
2.924	S
2.202	F
12.433	F
11.123	F
2.880	F

Kosten für präventiven Austausch (vor Ausfall) = 4.258 USD
 Mittlere Reparaturzeit (MTTR) = 5 Stunden
 Ausfallkosten (Produktionsverlust + Austauschkosten) = 413.403 USD

pan und Butan) fraktioniert wird. Zur Analyse der für diese Pumpe erfassten CMMS-Daten wurde eine Zuverlässigkeitssoftware gewählt, mit der Weibull-Analysen durchgeführt werden können. Die zur Berechnung der Zuverlässigkeit verwendete Gleichung lautet:

$$R_t = e - \left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta, t > 0$$

mit:

R(t) = Zuverlässigkeitswert (0-1)

t = Alter der Ausfälle (Stunden, Zyklen)

η = Skalierungsparameter (Stunden, Zyklen)

β = Formparameter (β<1; β=1; β>1)

Die aus der CMMS-Datenbank entnommenen Daten sind in **6** und die mit der Weibull-Analyse ermittelten Ausfallmuster in **7** dargestellt.

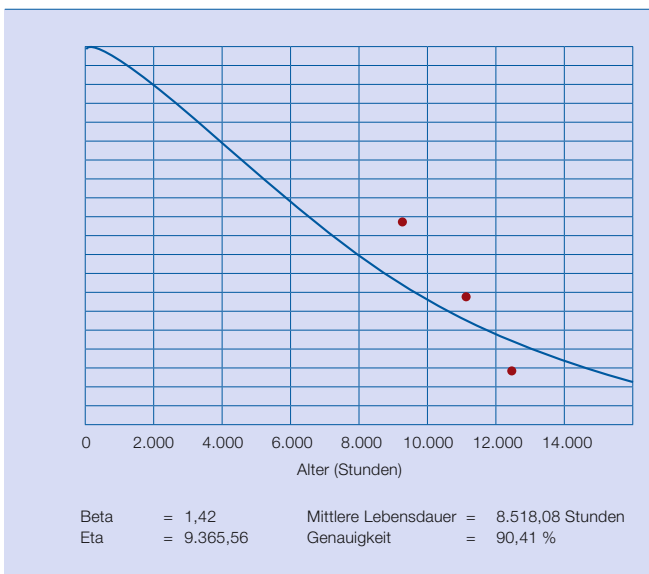
Einer der Vorteile der Weibull-Analyse ist ihr flexibles Modellierungsprofil, das sowohl frühzeitige als auch zufällige und verschleißbedingte Ausfallmuster abdeckt. Der MTBF-Wert der Gleitringdichtung liegt bei 8.518 Stunden, d. h. 50 % der Dichtungen versagen, bevor sie eine Betriebsdauer von 8.518 Stunden haben, und 50 % halten länger als 8.518 Stunden. Diese Analyse veranlasste den Kunden dazu, das Pumpensystem mit einer verbesserten Dichtung nachzurüsten.

Im nächsten Schritt führte das ABB-Team eine Kostenanalyse durch, um den optimalen Zeitpunkt für einen Austausch der Dichtung zu ermitteln.

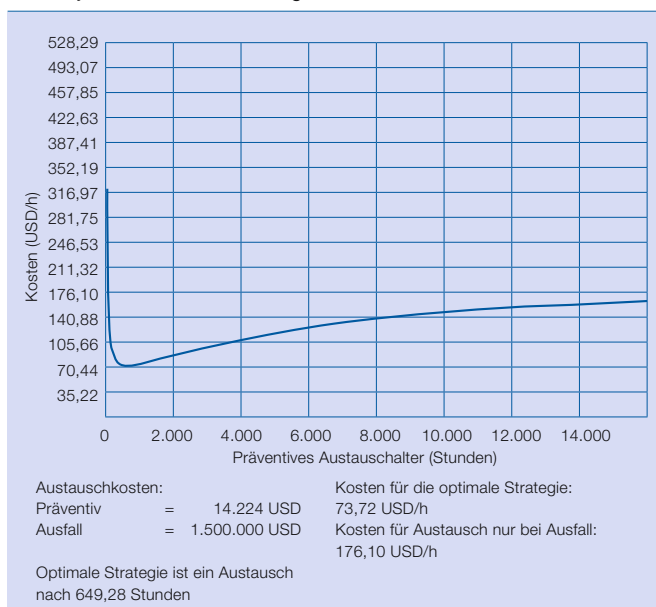
8 zeigt, dass der optimale Zeitpunkt für einen Austausch bei etwa 650 Betriebsstunden liegt. In diesem Fall würden die stündlichen Betriebskosten um 103 USD gesenkt. Da diese Austauschhäufigkeit nicht praktikabel erschien, untersuchte das ABB-Team weitere Austauschmöglichkeiten an verschiedenen anderen Punkten der Betriebsdauer.

Die zweite Analyse für 4.000 Betriebsstunden ergab eine Einsparung bei den stündlichen Betriebskosten von

7 Zuverlässigkeitsfunktion der NGL-Pumpe gemäß Weibull-Analyse (zwei Parameter, lineare Regression)

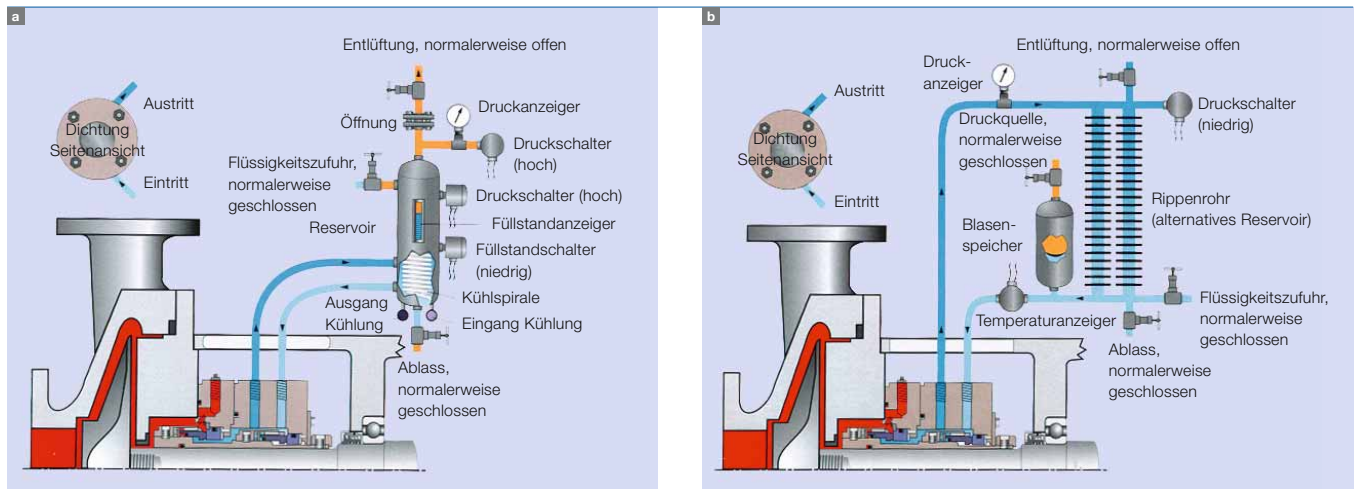


8 Analyse der Austauschstrategie



Nachhaltige Ergebnisse

9 Derzeitige Lösung des American Petroleum Institute (API) zur Installation an Pumpen a und die neue vom API vorgeschlagene Lösung b. Selbst die Prozessbedingungen können verändert werden: Auslegungsbedingung ist der Druck auf die Dichtung.



66 USD. Darauf folgte eine dritte Analyse für 6.000 Stunden, die eine Kosteneinsparung von 46 USD pro Stunde ergab. Eine vierte Analyse für 8.000 Betriebsstunden ergab schließlich eine Einsparung von 36 USD pro Stunde.

Dank der Weibull-Analyse konnte das ABB-Team dem Kunden mehrere Möglichkeiten vorschlagen. Nach sorgfältiger Überlegung waren sich MEGA und ABB einig, dass ein Umbau bzw. eine Modifizierung des Systems einer Instandhaltungsstrategie mit regelmäßigem Austausch vorzuziehen sei. Die vereinbarte Modifizierung umfasste die Installation eines Drucksystems zur Aktivierung der Gleitringdichtung 9.

Nach der 80/20-Regel sind 80 % der Probleme bzw. Verluste auf 20 % der Betriebsmittel oder Prozesse zurückzuführen.

Die Kosten der Modifizierung (zwei Dichtungen pro Pumpe) liegen bei ungefähr 90.000 USD. Die Zuverlässigkeit der Maßnahme wird durch regelmäßige Datenanalyse mithilfe der Weibull-Methode überwacht. So kann die Verbesserung der Zuverlässigkeit durch die Verlängerung der MTBF über den ursprünglichen Wert hinaus bestimmt werden.

Weibull-Analyse eines Schraubekompressors

Der Schraubekompressor gehört ebenfalls zu den prozesskritischen Betriebsmitteln. Seine Aufgabe ist es, die Anlageninstrumentierung mit Öl und Druckluft zu versorgen. Das Kritische daran ist, dass eine ausbleibende Druckluftversorgung zu Fehlfunktionen der Anlageninstrumentierung führt, was wiederum fehlerhafte Messwerte und somit Schwankungen in der Produktionsregelung zur Folge hat.

Im Widerstandstemperatursensor (Resistance Temperature Detector,

RTD), der die Lufttemperatur am Austritt des Kompressors misst, traten unerwartete Störungen auf. Fällt der RTD aus, schaltet sich der Kompressor ab. Mithilfe einer Ursachenanalyse (Root Cause Failure Analysis, RCFA) fand das ABB-Team heraus, dass die Hauptausfallart durch starke Vibrationen im Kompressorbetrieb hervorgerufen wurde.

Daraufhin entwickelte das Team eine Lösung zur Dämpfung der Schwingungen, um die Zahl der Ausfälle zu verringern 10, 11. Doch eine Frage bleibt bestehen: Wurden die Vibrationen als Ausfallursache durch die Modifizie-

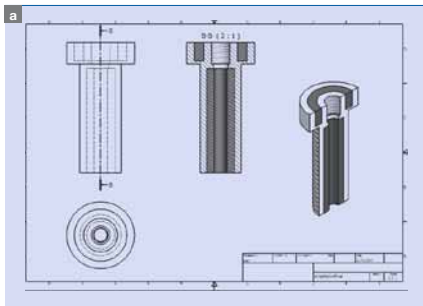
Infobox 1 Post-Assessment Assistance

Nachdem die Beurteilung für einen ABB Full-Service-Standort erfolgreich durchgeführt wurde, hilft die „Unterstützung nach der Beurteilung“ bei der Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse und Empfehlungen zur Verbesserung der Standortperformance. Für jede Anlage wird eine maßgeschneiderte Strategie entwickelt, die die individuellen Herausforderungen und Verbesserungsmöglichkeiten am Standort widerspiegelt. Diese Verbesserungsmöglichkeiten werden dann in einen schrittweisen Plan umgesetzt. Dieser Prozess wurde auch bei MEGA angewandt, um die Ergebnisse aus der Beurteilung aufzugreifen und die Betriebsmittelzuverlässigkeit am Standort zu verbessern. ABB arbeitete eng mit MEGA zusammen, um zu untersuchen, wie der Standort von einer höheren Zuverlässigkeit profitieren würde. Anschließend erarbeitete das ABB-Team spezifische Möglichkeiten für zuverlässigkeitsorientierte Verbesserungsinitiativen.

Infobox 2 Auswahl der Zuverlässigkeitssoftware

Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Datenanalyse ist der Einsatz von Zuverlässigkeitssoftware mit statistischer Analysefunktionalität. In den drei beschriebenen Fällen wurde eine solche Software für die Entscheidungsfindung eingesetzt. Wichtig bei der Wahl der Software ist, dass sie in der Lage ist, Weibull-Analysen durchzuführen. Mithilfe der Weibull-Methode wird die Kategorie eines Ausfalls – frühzeitig, zufällig oder verschleißbedingt – auf Basis der Betriebszeit (d. h. des Betriebsmittelalters), nach der eine Komponente ausfällt, identifiziert bzw. modelliert. Da die Weibull-Analyse die meisten Daten besser umsetzen kann als andere Modelle und schon mit relativ kleinen Datenmengen eine genaue Ausfallanalyse liefern kann, ist sie das am weitesten verbreitete Modell zur Bestimmung der Betriebsmittelzuverlässigkeit und hat sich als bevorzugte Methode zur Modellierung und Analyse von Ausfallmustern herauskristallisiert.

10 Zur Reduzierung von Ausfällen aufgrund von Vibrationen wurde der RTD-Sensor **a** **b** mit einem Dämpfungselement **c** ausgestattet.



11 Defektes RTD-Kabel, verursacht durch starke Vibrationen im System



Die Zuverlässigkeit gesteigert? Um das Maß der Zuverlässigkeitsverbesserung beurteilen zu können, wurde eine Weibull-Analyse durchgeführt.

Bei einer MTBF von 3.042 Betriebsstunden vor der Modifizierung und einer MTBF von 5.000 Betriebsstunden nach der Modifizierung beträgt die tatsächliche Verbesserung ca. 2.000 Betriebsstunden. Dies entspricht einer Steigerung der MTBF von 19% **12**, **13**. Das ABB-Team wird nun die Verbes-

serung des MTBF-Werts beobachten und sich der nächsten vorherrschenden Ausfallart widmen.

Zuverlässigkeitsanalyse eines Temperatur-Messumformers
Temperatur-Messumformer werden in prozesssensitiven, automatisierten Regelungen eingesetzt. Aufgrund von zahlreichen Ausfällen im Laufe des Vorjahrs wurden diese Betriebsmittel für die Analyse ausgewählt. Die Ausfälle schienen zufälliger Natur zu sein

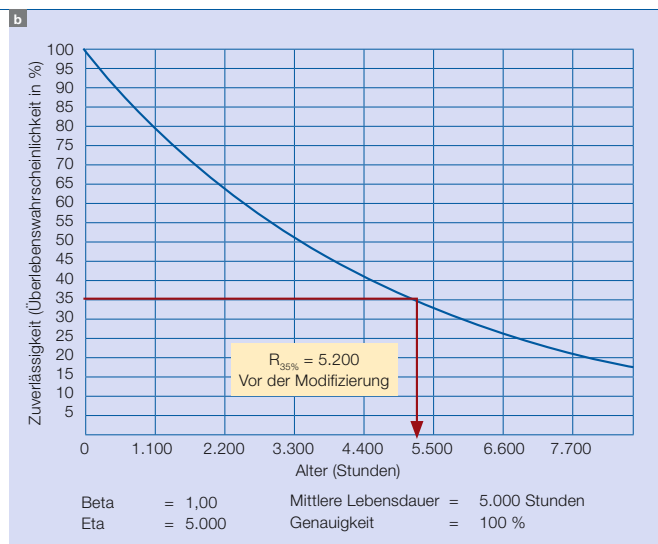
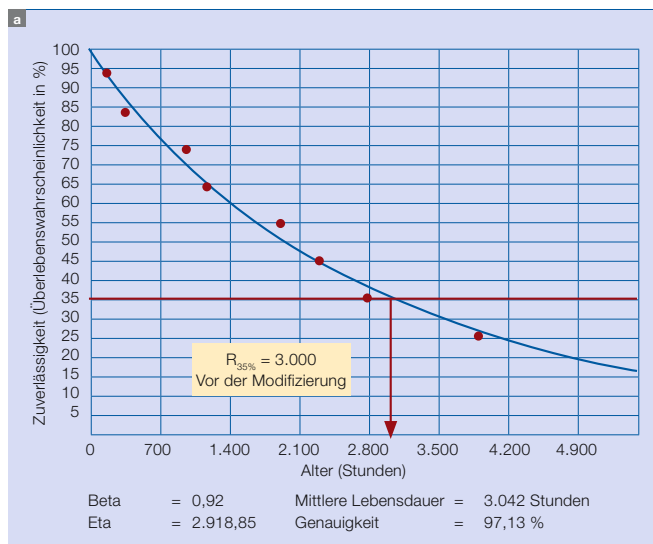
Die Weibull-Analyse deckt sowohl frühzeitige als auch zufällige und verschleißbedingte Ausfallmuster ab.

(d. h. ohne vorherrschendes Ausfallmuster), was eine Verbesserung der Zuverlässigkeit erschwerte.

Zur Durchführung einer Zuverlässigkeitsanalyse erfasste das ABB-Team zunächst alle historischen Ausfalldaten der Messumformer für den Zeitraum von 2001 bis 2008 aus dem CMMS. Als Nächstes modellierte das Team mithilfe der Zuverlässigkeitssoftware eine Zuverlässigkeitskurve, um mögliche Ausfallmuster zu identifizieren **14**.

Eine einfache grafische Darstellung der Daten führte zu überraschenden Ergebnissen. Der errechnete MTBF-Wert lag bei 61 Monaten bzw. ca. 5 Jahren, während andere in der Industrie verwendete Geräte dieser Art eine MTBF zwischen 25 und 150 Jahren aufweisen. Daher führte das ABB-Team weitere Datenanalysen und Prüfungen ähnlicher Geräte unter Laborbedingungen durch. Dabei zeigte sich, dass das Problem tatsächlich innerhalb des Geräts lag und die Ursache im Design des OEM-Herstellers zu finden war. Das Ergebnis der Analyse führte zu Gesprächen zwischen MEGA

12 Zuverlässigkeitsfunktion des RTD vor der Modifizierung (gemäß Weibull-Analyse mit zwei Parametern und maximaler Genauigkeit) **a** und nach der Modifizierung (gemäß Weibull-Analyse mit zwei Parametern und linearer Regression) **b**.



Nachhaltige Ergebnisse

und dem OEM-Hersteller, woraufhin MEGA für frühere Ausfälle entschädigt wurde. Im Gegenzug erhielt der OEM-Hersteller Daten für die Entwicklung einer verbesserten Version.

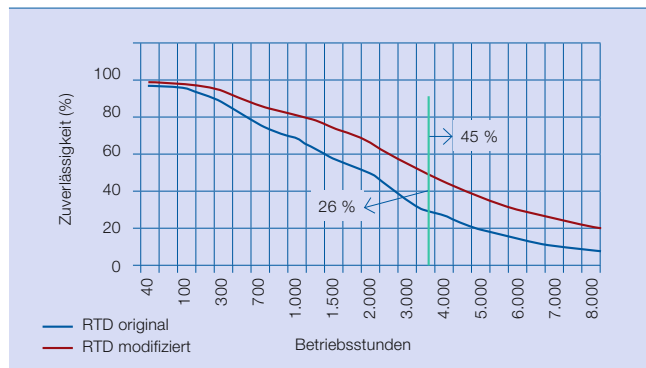
Hohe Zuverlässigkeit hat hohe Priorität

Der starke Wettbewerb und die derzeitige weltweite Finanzkrise zwingen Unternehmen dazu, nach Mitteln und Wegen zu suchen, ihre Betriebskosten zu senken. Ein beliebter Ansatz ist es, die Ausgaben für die Betriebsmittelstandhaltung zu reduzieren. Dies ist jedoch kurzsichtig, denn verschobene Investitionen machen sich häufig zu einem späteren Zeitpunkt bemerkbar und können dann zwei- bis fünfmal mehr kosten, als wenn bereits in der Frühphase eines sich ankündigenden Ausfalls entsprechende Maßnahmen getroffen worden wären.

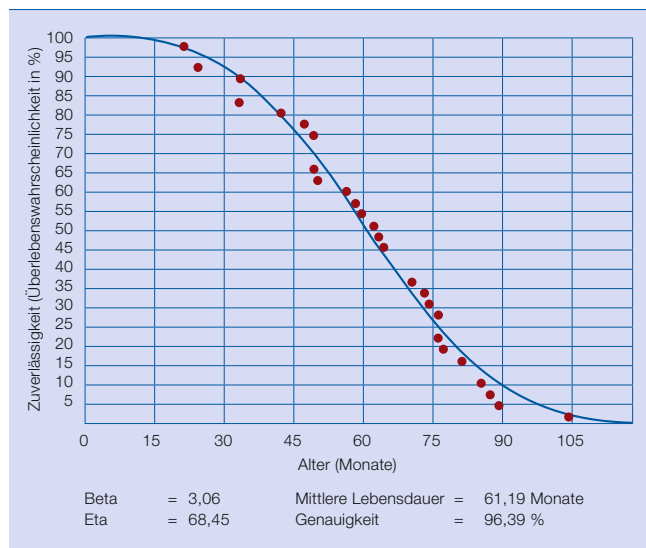
MEGA erhielt eine Entschädigung für frühere Ausfälle, und der OEM-Hersteller bekam Daten für die Entwicklung einer verbesserten Version.

Eine rechtzeitige Instandhaltung von Betriebsmitteln und die damit verbundene Verbesserung der Zuverlässigkeit senkt die Kosten, die sich sowohl aus der Unzuverlässigkeit von Betriebsmitteln als auch aus einer prozessbezogenen Unzuverlässigkeit ergeben. Beides zusammen sorgt wiederum für eine höhere betriebswirtschaftliche Performance und höhere Gewinne. Außerdem können angesichts der gesteigerten Produktionskapazität infolge der höheren Verfügbarkeit zusätzliche Geschäfte generiert werden. Und schließlich werden die Kosten für zusätzliche Investitionen in Betriebsmittel durch die höhere Produktions-

13 Vergleich der Zuverlässigkeitskurven. Nach der Modifizierung des RTD-Sensors verbesserte sich die MTBF um 19%.



14 Zuverlässigkeitskurve für Temperatur-Messumformer



leistung relativiert, sodass die Instandhaltungskosten insgesamt niedriger ausfallen.

Es gibt verschiedene Strategien und Werkzeuge, die zur Entscheidungsfindung im Hinblick auf die Instandhaltung und den Austausch von Betriebsmitteln herangezogen werden können. Ziel dieser Entscheidungen ist es, die Instandhaltungsstrategie zu bestimmen, die zur Erhaltung der Systemfunktion erforderlich ist. Dabei kann insbesondere Zuverlässigkeitssoftware mit Weibull-Funktionalität zu besseren, objektiven Entscheidungen beitragen.

Um sich in einem globalen Umfeld behaupten zu können, benötigt ein Unternehmen nicht nur eine hohe Verfügbarkeit, sondern auch eine hohe Zuverlässigkeit seiner Betriebsmittel. Doch die Wahl der richtigen

Strategie zur Instandhaltung der Betriebsmittel ist angesichts der vielen Möglichkeiten und Anforderungen (vorbeugende Instandhaltung mit festen Austauschintervallen, regelmäßige Inspektionen, zustandabhängige Wartung, Austausch von Investitionsgütern und Anforderungen an Instandhaltungsressourcen) kein leichtes Unterfangen. Mit der Wahl der optimalen Instandhaltungsstrategie steigt auch die Wahrscheinlichkeit einer Reduzierung der Betriebskosten, Steigerung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit und somit einer zuverlässigeren Produktion. Darüber hinaus können Initiativen unterstützt werden, die die Wertschöpfung für den Kunden, die Bevölkerung und ABB gleichermaßen positiv beeinflussen.

Fernando Vicente

Hector Kessel

ABB Full Service®
Buenos Aires, Argentinien
fernando.vicente@ar.abb.com
hector.kessel@ar.abb.com

Richard M. Rockwood

ABB Process Automation Full Service,
Oil, Gas, and Petrochemical
Minneapolis, MN, USA
richard.m.rockwood@us.abb.com

Weiterführende Literatur

Desaegher, J. (2008): „Outsourced maintenance: The ABB Full Service® solution“. ABB Review Special Report: Process Automation Services and Capabilities: 79–83

Kleine, B. „Was ist Zuverlässigkeit? Das Paradigma der Zuverlässigkeit im Wandel“. ABB Technik 1/2009: 34–37