



Überwachungs- und Analyse-Software **FATIMO**

Restlebensdauer von Pipelines aufgrund von Materialermüdung

Wechselnde Druckbelastungen auf Pipelines beschränken deren Lebensdauer. Die Überwachungs-Software FATIMO bestimmt aus der Historie von Druckwerten den bereits erreichten Schädigungsgrad und prognostiziert die verbleibende Lebensdauer.

Folgende Gesichtspunkte fanden bei der Entwicklung der Software besondere Beachtung:

- Durchführung der Berechnung in Anlehnung an AD 2000 Merkblatt S2 sowie EN 1993 Teil 1-9
- Erforschung der Ursachen einzelner (größerer) Schädigungen durch Visualisierung mit Zeitbezug
- Vermeidung ungerechtfertigter Schädigungswerte durch Ausblendung fehlerhafter Datensätze
- Fortgesetzte Auswertungen über unterschiedlich lange Zeitabschnitte
- Konsistente Ergebnisse, unabhängig von Verfahrensparametern (z.B. Klassifizierungen) und Auswerteintervallen
- Nachvollziehbarkeit (auch nach vielen Jahren) und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse durch komprimierte Original-Daten
- Praktikable Datenhaltung durch wenige, einfach handhabbare Dateien, welche die Historie über Jahrzehnte erfassen
- Sichere Speicherung durch garantierte Vollständigkeit der historischen Daten
- Transparente Datenhaltung durch Textdateien, lesbar mit jedem Tabellenkalkulationsprogramm
- Mögliche Änderung der Konfiguration in der Betriebsphase durch genehmigende Stelle
- Auswertungen auf Arbeitsplatzrechnern

Die Software berücksichtigt Neueinschätzungen der Wechselbelastungen durch den TÜV Süd und wurde von diesem für einen süddeutschen Pipelinebetreiber zertifiziert.

Die angebotenen Möglichkeiten zur Ursachenforschung und Ausblendung fehlerhafter Messwerte führen je nach Umständen im Ergebnis zu einer um den Faktor 2-3 verlängerten Restlebensdauer.

Symbols and Numbers bietet FATIMO zum Kauf oder zur Miete an. Eingeschlossen ist jeweils eine Erstkonfiguration nach Vorgabe der genehmigenden Stelle sowie eine Anpassung der Eingabeschnittstelle an das Format der Kundendaten. Die Durchführung der Berechnungen kann auch als Dienstleistung bestellt werden.

Sind die Anforderungen unklar, erstellen wir gerne eine Analyse über die Druckschwankungen in der Leitung und ein fertiges Konzept zur Überwachung der Materialermüdung, das der genehmigenden Behörde vorgelegt werden kann.



Durchführung der Berechnung in Anlehnung an AD 2000 Merkblatt S2 sowie EN 1993 Teil 1–9

Das verwendete Verfahren folgt dem Ablauf wie er im AD 2000 Merkblatt S2 bzw. im Eurocode 3 in der Norm EN 1993 Teil 1–9 beschrieben ist.

Die gemessenen Zeitreihen der Druckwerte werden zunächst in Materialspannungen umgerechnet. Mit Hilfe eines Rainflow-Algorithmus werden daraus die Lastzyklen extrahiert und nach AD 2000 Merkblatt S2 bewertet. Eine Bewertung entsprechend Eurocode 3 ist vorbereitet. Die aufsummierten Bewertungen liefern die Gesamtschädigung.

Da Pipelines im laufenden Betrieb sehr unterschiedlich starken und vor allem auch vielen kleinen Lastzyklen ausgesetzt sind, fließen auch kleine Lastzyklen in das Lastkollektiv ein und werden entsprechend bewertet.

Darüber hinaus kann FATIMO die folgenden verstärkenden Effekte einbeziehen:

- Unrundheit des Rohres
- Einfluss der Mittelspannung
- Rauigkeit der Oberfläche
- Höhere Sicherheitsfaktoren

Die Güte der Schweißnaht hat wesentlichen Einfluss auf die Anzahl zulässiger Lastzyklen und lässt sich entsprechend vorgeben. Es können sowohl die Belastungen entlang der Längsnaht als auch der Umfangsnaht berechnet und bewertet werden.

Der interessierte Anwender kann die Berechnungsschritte mit Hilfe von tabellarisch angezeigten Zwischenergebnissen und graphisch dargestellten Zeitverläufen und Verteilungen nachvollziehen.

Ursachenforschung durch Visualisierung mit Zeitbezug

In Diagrammen werden dargestellt:

- der zeitliche Verlauf der Druckwerte und Materialspannungen
- die akkumulierte Verteilung der Schädigungen durch bewertete Lastzyklen
- der zeitliche Verlauf des Schädigungsgrades

Mit der Maus können einzelne Druck- und Spannungswerte im zeitlichen Verlauf sowie Lastzyklen in der Verteilung selektiert werden. In der Grafik wird dann der entsprechende Bezug zwischen Zeitreihe und Lastzyklen hervorgehoben. Dies ermöglicht eine eingehende Analyse, worauf die festgestellten Schädigungen zurückzuführen sind.

Es kann festgestellt werden, wie stark Ausschläge in der Druckreihe Eingang in die Bewertung finden, aber auch, in welche Zeiträume besonders starke Lastwechsel fallen. Auf diese Weise lässt sich herausfinden, welche Operationen oder Ereignisse (z.B. Wartungsarbeiten) den größten Schädigungsbeitrag lieferten bzw. welche Schädigungen durch bestimmte Operationen hervorgerufen wurden.

Zeiträume, in denen keine plausiblen Messwerte vorliegen, lassen sich anhand der Visualisierung schnell identifizieren.



Praktikable Datenhaltung

Für jeden überwachten Druck-Datenpunkt werden nur drei Dateien aufgezeichnet. Die Schädigungs-Historie, die Residuen-Historie und die komprimierte Druckverlauf-Historie. Ergebnisse fortgesetzter Auswertungen werden an diese Dateien angehängt. Wegen der starken Datenkompression können auf diese Weise die Ergebnisse aus mehreren Jahrzehnten zusammengefasst gespeichert werden.

Alle diese Dateien werden in einem gemeinsamen Arbeitsverzeichnis geführt und bilden eine Einheit. Zur Datensicherung genügt es, dieses Verzeichnis „gezippt“ auf einen anderen Datenträger zu überspielen.

Sichere Speicherung

Die Überwachung der Materialermüdung erfolgt über sehr lange Zeiträume. Sehr leicht passiert es, dass Daten aus der Vergangenheit nicht mehr auffindbar sind. Möglicherweise können sie aufgrund eines ungewöhnlichen Datenformats auch nicht mehr gelesen werden.

FATIMO prüft bei jeder fortgesetzten Auswertung, ob der Datenbestand aus der Vergangenheit noch vollständig vorhanden ist und ob sich das Zeitfenster der neuen Auswertung unmittelbar an die Daten der letzten Auswertung anschließt.

Auf diese Weise bleibt stets ein vollständiger und lückenloser Datenbestand gewährleistet. Dateien werden stets nur zum Anhängen geöffnet, so dass selbst bei einem Stromausfall keine ehemaligen Ergebnisse verloren gehen. Gegen versehentliches Löschen durch den Benutzer werden die Dateien mit einem Schreibschutz versehen.

Transparente Datenhaltung

FATIMO speichert alle wichtigen Ergebnisse in einem 7-Bit-ACSII-Code. Nur Kommentare des Benutzers werden UTF-8 codiert hinzugefügt. Die Daten in den Dateien sind so formatiert, dass sie auch visuell leicht verständlich zu lesen sind. Darüber hinaus können sie als csv-Datei von einem Tabellenkalkulationsprogramm eingelesen und dargestellt werden.

Auf diese Weise kann der Benutzer jederzeit Einsicht in die abgelegten Daten nehmen und es ist sichergestellt, dass die Daten auch zukünftig gelesen und weiterverarbeitet werden können, unabhängig davon, welche Entwicklung in Zukunft Betriebssysteme und Datenspeicher nehmen werden.

Ausblendung von Zeitintervallen mit fehlerhaften Messwerten

Nicht immer geben die aufgezeichneten Druckmesswerte die realen Verhältnisse wieder. Wartungsarbeiten und fehlerhafte Mess- oder Übertragungstechnik führen gelegentlich zu aufgezeichneten Werten, die nicht der Realität entsprechen. Häufig liegen diese Werte dann am Rand des Messbereichs und tragen bei einer Bewertung mit extrem hohen Schädigungen bei.

Um diese falschen Beiträge zur Gesamtschädigung zu vermeiden, stellt FATIMO die Möglichkeit zur Verfügung, Zeitintervalle bei der Bewertung auszublenden. Für eine lückenlose Dokumentation bleibt in der verdichteten Zeitreihe der ursprüngliche Verlauf mit besonderer Kennzeichnung erhalten.

Fortgesetzte Auswertungen über unterschiedlich lange Zeitabschnitte

Wegen der langen Lebensdauer von Pipelines wird der aktuell erreichte Schädigungsgrad üblicherweise in periodischen Zeitabständen durch fortgesetzte Auswertungen ermittelt und der Genehmigungsbehörde mitgeteilt.



Bei der Fortsetzung der Auswertung ist darauf zu achten, dass Lastzyklen, die bereits begonnen haben, noch beendet werden. Dies ist deshalb sehr wichtig, da gerade größere Lastzyklen längere Zeiträume umfassen und bei abschnittsweiser Auswertung leicht unterbrochen werden.

FATIMO garantiert stets gleiche Ergebnisse bei fortgesetzten Auswertungen, unabhängig davon, in wie vielen und wie langen Teilabschnitten gerechnet wurde.

Konsistente Ergebnisse

Es wurde strikt darauf geachtet, dass die Ergebnisse konsistent sind. Darunter ist zu verstehen, dass das Ergebnis nicht von der Art und Weise abhängig sein darf, mit der es bestimmt wurde. Das betrifft insbesondere gewählte Verfahrensparameter und die Vorgehensweise bei fortgesetzter Auswertung.

FATIMO verwendet keine Verfahrensparameter, die das Ergebnis verändern können. Hierzu zählen vor allem Parameter, die für Klasseneinteilungen herangezogen werden, sei es um Eingangswerte in Stufen zu klassifizieren, Lastwechsel klassenweise zusammenzufassen oder zur Darstellung der Ergebnisse durch Histogramme. Je nach Wahl dieser Parameter würde das Ergebnis sehr unterschiedlich ausfallen.

Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse

Die zugrundeliegenden Druck-Zeitreihen werden in komprimierter Form abgespeichert, so dass die Daten im Nachhinein erneut visualisiert und nochmals analysiert werden können.

Hierzu wird die Verdichtung so vorgenommen, dass alle erkannten Lastzyklen erhalten bleiben und der zeitliche Verlauf erkennbar bleibt. Die komprimierten Datenreihen liefern exakt die gleichen Ergebnisse wie die originalen Druckverläufe. Damit ist eine vollständige Reproduzierbarkeit gewährleistet.

Die Verdichtung reduziert das Datenmaterial typischerweise um den Faktor 100. Daher lassen sich auch Zeiträume von mehreren Jahren am Stück problemlos bearbeiten.

Änderung der Konfiguration in der Betriebsphase

Die Software ist von Anfang an so zu konfigurieren, dass die Auswertungen zur Überwachung der Materialermüdung den Anforderungen der Genehmigungsbehörde entsprechen.

Nach Änderungen an der Topologie der Pipeline, wie etwa dem nachträglichen Einbau einer Pumpstation oder eines Regelventils, kann es erforderlich werden, Änderungen an der Konfiguration durchzuführen.

Die Konfiguration steht im Klartext in einer Datei. Sie ist jedoch durch einen Authentifizierungscode vor Manipulationen geschützt, so dass Änderungen durch den Betreiber ausgeschlossen sind.

Damit die genehmigende Stelle Änderungen unabhängig vom Hersteller der Software durchführen kann, erhält diese ein Kennwort, mit dessen Hilfe sie den Authentifizierungscode für eine modifizierte Konfigurationsdatei beziehen kann.

Auswertung auf Arbeitsplatzrechnern

FATIMO kann für die Betriebssysteme Windows, OS X (Mac) und Linux ausgeliefert werden. Es ist dafür vorgesehen, gesammelte (archivierte) Druckverläufe aus dem Prozessleitsystem nachträglich einer Bewertung zuzuführen. Die Daten dürfen auch in schwach komprimierter Form vorliegen.