

Störungsfrüherkennung ohne zusätzlichen Sensor

Prof. Dr.-Ing. W. Ph. Schmitt

Im Allgemeinen und insbesondere in der chemischen Industrie ist die Früherkennung einer Pumpenstörung von größter Wichtigkeit. Sei es, dass die Pumpen Verschleißerscheinungen zeigen oder ob Bedienungs- bzw. Verfahrensfehler vorliegen. In dieser Studie wurde im Rahmen eines Workshops an der Fachhochschule Mannheim ein Pumpenüberwachungssystem

vorge stellt, das in dieser Form noch nicht angewandt wurde. Dabei geht es um die elektrische Erfassung und Auswertung der Kupplungsleistung an Chemienormpumpen. Es wird gezeigt, dass durch sehr geringen Aufwand an der Pumpe selbst als auch bei der Installation in der Messwarte eine sehr gute Überwachungsmöglichkeit geboten wird.

Bei der Anwendung in sicherheitsrelevanten Bereichen als auch bei sehr teuren Pumpen wird eine Funktionsüberwachung bereits seit längerer Zeit selbstverständlich durchgeführt. Die dabei entstehenden Mehrkosten sind im Verhältnis zum aufgebracht en Sicherheitsaufwand meist gering. Trend ist es zurzeit, immer mehr intelligente Systeme zur

qualitativen Verbesserung und Kostenminimierung des Produktes, der Raum-Zeit-Optimierung und natürlich auch zur Reduzierung der Lebenslaufkosten einzusetzen. Ein wichtiger Faktor dabei ist sicherlich der finan-

Abb. 1a Pumpenprüfstand mit Messgerät Sensortiq®

Der Autor ist Professor an der Fachhochschule Mannheim, Hochschule für Technik und Gestaltung, Leiter des Institutes Apparatebau und Anlagensicherheit.

Durch seine langjährige Berufserfahrung bei der DEGUSSA AG in Frankfurt/M. als Projektmanager für den Bau von Chemieanlagen und als Betriebsingenieur kann er auf eine reiche Erfahrung in der Anwendung von Pumpen und insbesondere im Zusammenhang mit den sicherheitstechnischen Betrachtungen zurückschauen.

Dieser Beitrag ist aus einem Workshop am 4. Dezember des vergangenen Jahres an der Fachhochschule Mannheim entstanden, zu dem die zusammenarbeitenden Partner aus der Industrie und aus der Pumpenfertigung eingeladen waren.



zielle Aufwand solcher Systeme. Zur Überwachung von Pumpen wird unter anderem, analog der traditionellen Turbinenüberwachung, das Beobachten des Schwingungsverhaltens herangezogen. Der Aufwand mit der Positionierung der Sensoren, die Übertragung und Auswertung der Messgrößen sowie der Schwingungseinfluss der Umgebung und der variablen Produkteigenschaften ist hierbei eine besondere Herausforderung an den Ingenieur. Das hier betrachtete System stellt mit minimalem Aufwand eine optimale Kontrollmöglichkeit von elektrischen Antrieben, hier den Pumpenantrieben, dar.

Das Kernstück dieser Untersuchungen ist das Messgerät **Sensotorg[®]** von der Fa. **SENSOPLAN AG / Hohentengen a. H.** Mit dem **Sensotorg[®]** wird auf der Basis der elektrischen Eingangsgrößen von Strom und Spannung eines Asynchronmotors über ein geeignetes Motormodell das Antriebsmoment und die Antriebsdrehzahl bestimmt. Über diese beiden Größen wird die mechanische Leistung (Kupplungsleistung) an der Pumpenwelle berechnet. Die Genauigkeit der Drehmomentmessung liegt unter 1,7% vom Endwert. Das System ist sowohl für den Motorbetrieb am Netz bei konstanter Frequenz als auch für den Umrichterbetrieb vom Stillstand bis in den Feldschwächenbereich geeignet.

Das Messverfahren beruht auf den Grundgleichungen des Asynchronmotors. Die Berechnung des im Motor erzeugten Drehmomentes setzt die Kenntnis des Statorflusses voraus. Dieser wird aus den Eingangsgrößen von Strom und Spannung gewonnen.

Für die Ermittlung des drehzahlabhängigen Verluststromes, hervorgerufen durch Reibung in den Lagern und Dichtungen sowie durch Lüfterverluste, wird der Motor im Leerlauf, durch Abkopplung der Pumpe, betrieben. Das Verlustmoment wird

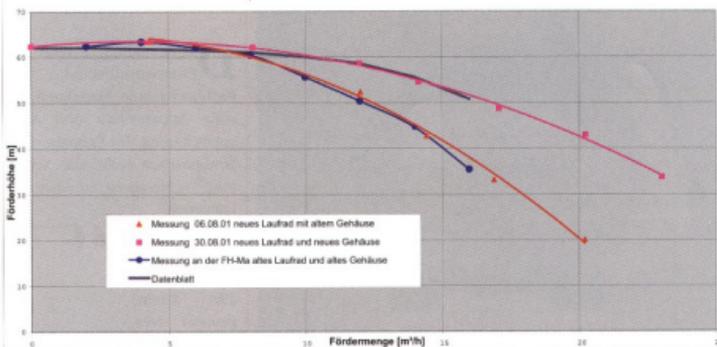


Abb. 2a Vergleich der Drosselkurven: Abgenutztes Laufrad und Gehäuse, Laufrad erneuert, zusätzlich auch Gehäuse erneuert. Diese Pumpe wurde längere Zeit im Pumpenlabor der Fachhochschule Mannheim betrieben. Dabei sollten die Studenten die Pumpe gezielt in den Kavitationsbereich fahren, um das Strömungsverhalten in diesem Zustand zu beobachten. So ist es zu verstehen, dass das Laufrad als auch das Spiralgehäuse starke Kavitationsspuren aufweisen. Das Laufrad war im Eintrittsbereich derart „zerfressen“, dass sich die Spaltweite zum Gehäuse von einigen zehntel Millimetern auf einige Millimetern ausdehnte. Die Auswirkung auf die Leistungsaufnahme ist sehr gut in Abb.2b zu erkennen (Linie mit Kreise). Dementsprechend ist auch die Drossellinie – hier dargestellt - abgefallen.

Da man zunächst den Fehler nur am Laufrad suchte, ergab sich die Messreihe: Neues Laufrad mit altem Gehäuse (Linie mit Dreiecke). Die Drosselkurve änderte sich trotz neuem Laufrad nur unwesentlich. Die Leistungsaufnahme ging aber rapide zurück.

Nach einer weiteren Untersuchung wurden auch Kavitationsschäden am Gehäuse entdeckt. Am Ende der Gehäusespirale war ein Teil des Spornprofils ausgebrochen. Weiterhin hatte sich in der Nähe der Ablassschraube ein Teil des Gussmaterials herausgelöst, was die Strömung wesentlich behinderte. Die große Einflusnahme dieser Schäden auf die Hydraulik der Pumpe, kann mit den kleinen Abmessungen des Aggregates erklärt werden. Nach dem nun noch das Spiralgehäuse erneuert wurde, fällt die Drosselkurve nahezu mit der Datenblattkurve im Abb. 2a zusammen (Linie mit Quadrate). Allerdings wird immer noch eine größere Leistungsaufnahme von 1-5% gemessen. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Lager als auch die Gleitringdichtung nicht mit erneuert wurden.

Abb. 2b Vergleich der Kupplungsleistungen: Abgenutztes Laufrad und Gehäuse, Laufrad erneuert, zusätzlich auch Gehäuse erneuert.

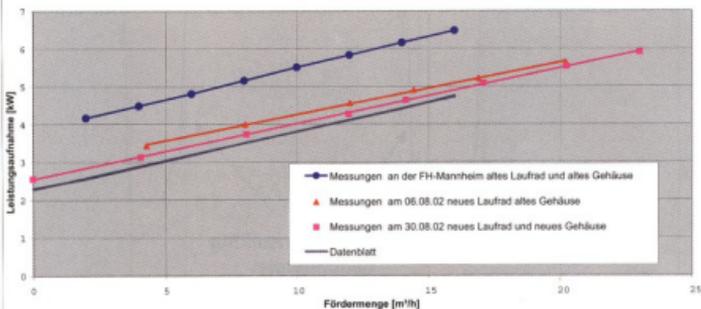
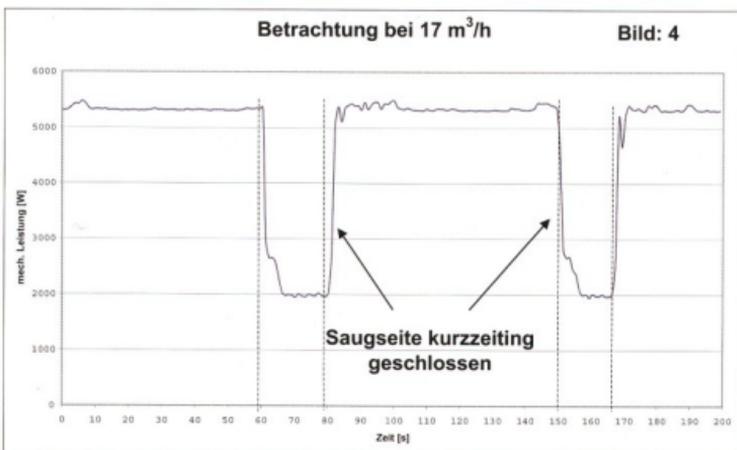




Abb. 3 Abnutzung von Laufrad und Gehäuse durch Kavitation, am Spiralgehäuseaustritt ist das Spornprofil ausgebrochen, an der Ablassschraube sind Auswaschungen sichtbar und Kavitationsschäden führten zur Spaltweitenvergrößerung zwischen Laufrad und Gehäuse

Abb. 4 Simulation einer Betriebsstörung: Saugleitung geschlossen



im Abgleichmodus des Sensorq[®] ermittelt und zur Berechnung des Lastmomentes abgespeichert.

Die Abbildung 1 zeigt den Pumpenprüfstand der Fachhochschule Mannheim, Institut Apparatebau und Anlagensicherheit. Im Rahmen einer Studienarbeit sollte das Sensorq[®] – Messgerät an einer vorhandenen

Kreiselpumpe (Chemienormpumpe bei $n = 2900$ 1/min) getestet werden. Die Pumpe ist seit 4 Jahren in einem Pflichtlabor für Studenten der Verfahrens- und Chemietechnik im Einsatz. Es werden dort Schaltungsarten, Regelungsmöglichkeiten und Kavitationserscheinungen praxisnahe simuliert.

Bei der Untersuchung wurde eine erhebliche Abweichung der Drossellinie (Abb. 2a) als auch der Leistungskennlinie (Abb. 2b) gegenüber dem Pumpendatenblatt festgestellt. Daraufhin wurden zuerst das Laufrad und später auch das Pumpengehäuse wegen Kavitations-

schäden – die durch extreme Testläufe verursacht waren – erneuert. Abbildung 3 zeigt das durch Kavitation abgenutzte Laufrad und Pumpengehäuse.

Die am Institut aufgenommenen Messwerte wurden durch Parallelversuche beim Pumpenhersteller bestätigt. Die mit dem Messgerät Sensorq[®] aufgenommene Kupplungsleistung wurde stichprobenweise mit einer Drehmomentmessnabe überprüft. Die Übereinstimmung lag bei Werten kleiner 1,7% vom Endwert. Somit ist es also möglich durch einen Vergleich der Soll- und Ist-Leistung ein Fehlverhalten der Pumpe zu erkennen.

Einfache Messtechnik zum Erkennen von mechanischen Abnutzungen

Die Neuerung gegenüber bisherigen Untersuchungen dieser Art bestehen darin, dass keine empfindliche und aufwendige Drehmomentmessnabe zur Kupplungsleistungsbestimmung benötigt wird.

In den Abbildungen 4 und 5 werden die Messergebnisse gezeigt, die in Folge von simulierten Betriebsstörungen durch ein geschlossenes Ventil in der Saug- und Druckleitung auftraten. Die Änderung des Leistungsverhaltens kann mit dem Sensorq[®]-Messaufnehmer aufgenommen, dargestellt und analysiert werden. Da mit dieser Messtechnik die Leistungsmessung unabhängig vom elektrischen Wirkungsgrad aus den Grunddaten Strom und Spannung ermittelt wird, kann die kleinste Leistungsänderung direkt einem Störverhalten zugewiesen werden.

In den Abbildungen 6a und 6b ist das Eindüsen von geringsten Luftmengen bereits am Leistungsverhalten der Pumpe zu erkennen. Analog der geschlossenen Saugleitung oder dem si-

multierten Luftschluss könnte somit auch die Kavitation detektiert werden.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, wie es auch meistens im Betrieb gefordert wird, die eindeutige Erkennung einer Störung. Welche Betriebsstörung bei einer bestimmten Leistungsschwankung zugrunde liegt, kann zwar für den Betrieb wünschenswert sein, ist aber sicherlich mit einem höheren Aufwand verbunden.

Zur vorbeugenden Instandhaltung von Pumpen bietet die hier vorgestellte Sensorq[®] – Messtechnik einen sehr guten Einsatzbereich. Durch eine einfache Messung von Strom und Spannung und mit einer einmaligen Grundeinstellung mit der Leerlaufdrehzahl des Motors, wurde die Kupplungsleistung mit einer Genauigkeit von kleiner als 1,7 % vom Endwert gemessen. Diese Leistung kann zur Analyse des Pumpenverhaltens herangezogen werden. Ideal wäre, wenn mit dem Prozessleitsystem auf dem Bildschirm oder direkt mit dem Pumpenschalter eine Überprüfung dieser Art vorgenommen werden würde.

Im Rahmen einer kostengünstigen Betriebsführung, siehe die erhöhte Leistungsaufnahme bei defektem Laufrad (Abb. 2b), wäre es sicherlich von Vorteil, auch den kleineren elektrischen Antriebsaggregaten, wie hier den Pumpenantrieben, die entsprechende Aufmerksamkeit zu widmen.

Die Messungen erfolgten am Institut für Apparatebau und Anlagensicherheit Prof. Dr. W. Schmitt, unter Mitwirkung von Herrn Dipl.-Ing. (FH) S. Wagner, Herrn Stud.-Ing. Ch. Enos sowie in Zusammenarbeit mit dem Institut für Elektrische Antriebe Prof. Dr. F. Milde und Herrn Dipl.-Ing. (FH) B. Mysz.

Kennziffer 232

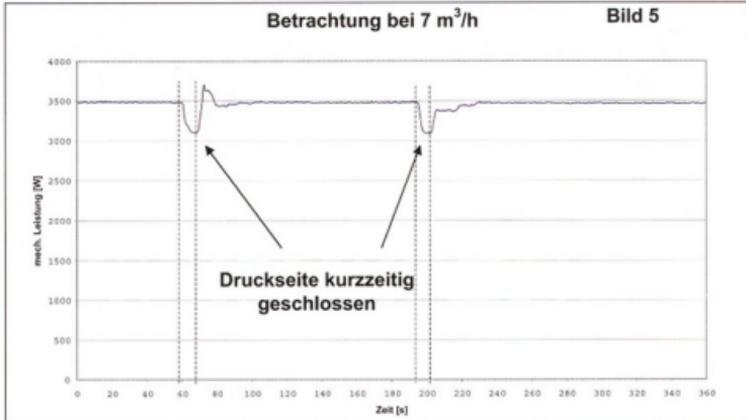


Abb. 5 Simulation einer Betriebsstörung: Druckleitung geschlossen

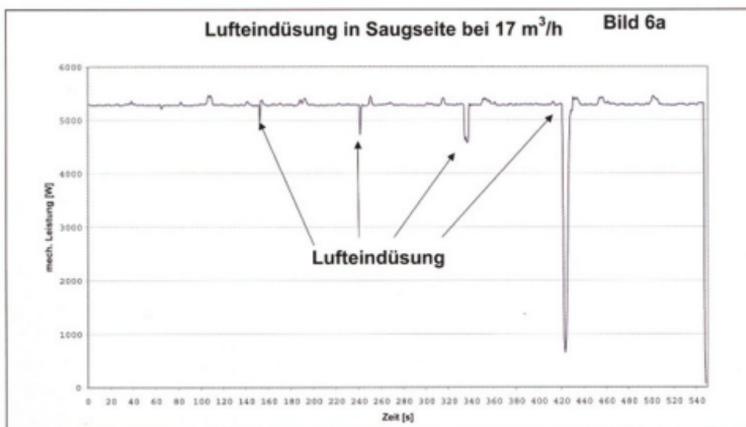


Abb. 6a Gasballastsimulation: Luft eindüsung auf der Saugseite ▲

Abb. 6b Gasballastsimulation: Luft eindüsung auf der Saugseite mit Messwertspreizung ▼

