

Asset Management und Condition Monitoring

SIEMENS

SIMATIC PCS 7 Baustein “PumpMon”

**Diagnosebaustein für Kreiselpumpen zur kostengünstigen
Überwachung und Analyse**

Juli 2008

In der chemischen Industrie sind Asset Management und Condition Monitoring wichtige Bausteine zur Erhöhung von Performance, Sicherheit und Verfügbarkeit der Prozesse und Anlagen. Alle Siemens Produkte und Lösungen auf Basis Totally Integrated Automation sind mit Monitoring-Funktionen ausgestattet: Automatisierungs- und Antriebs-Komponenten, Kommunikations- und Schaltbaugruppen, Prozessinstrumente, Sensoren und Analytik. Für das Prozessleitsystem SIMATIC PCS 7 ist ein Monitoring Baustein zur Überwachung von Kreiselpumpen verfügbar. Nachfolgend die Beschreibung dieses „PumpMon“ Bausteins.

Inhalt

Beschreibung der Diagnosebausteine für Kreiselpumpen	3
1. Nutzen	3
2. Voraussetzungen	4
3. Berechnete Größen.....	5
4. Darstellungen.....	5
4.1. Leistungsdaten	5
4.2. Förder-Kennlinie	6
4.3. Leistungs-Kennlinie.....	6
4.4. NPSH-Kennlinie.....	7
4.5. Histogramme	7
4.6. Eingabe der Pumpen-Kennlinien.....	8
5. Diagnosefunktionen	8
5.1. Generierung von Prozessalarmen zur Warnung des Bedienpersonals bei ungünstigen Betriebszuständen.....	8
5.2. Generierung von Maintenance-Alarmen zum Hinweis auf fortgeschrittenen Pumpenverschleiß	9
5.3. Bildung einer Statistik (Darstellung des Lastkollektivs der Pumpe) zur Analyse der Korrektheit der Pumpenauslegung.....	9
6. Zusammenhang zwischen verfügbaren Größen und diagnostizierbaren Problemen	10
7. Bestelldaten	11

Beschreibung der Diagnosebausteine für Kreiselpumpen

1. Nutzen

Energie- und verfahrenstechnische Anlagen sind für die Produktion fast aller Güter unverzichtbar. In diesen Anlagen stellen Pumpen eine sehr wichtige Klasse von Maschinen dar. Ca. 20% des weltweiten elektrischen Energiebedarfs in Produktionsanlagen entfällt auf Pumparbeit. Ein Ausfall einer Pumpe kann zum Stillstand der ganzen Anlage führen. Die dabei entstehenden Verluste können sehr schnell den Wert der Pumpe um ein Vielfaches übersteigen. Deshalb spielt die Verfügbarkeit von Pumpen eine große Rolle. Sie wird heute teilweise durch redundante Systeme oder durch den Einsatz spezieller Überwachungssysteme gesichert, was jedoch mit einem hohen finanziellen und anlagentechnischen Mehraufwand verbunden ist. Andererseits werden viele Energieeinsparungsmöglichkeiten auf diesem Feld noch nicht genutzt.

Um eine kostengünstige Lösung für die Überwachung zu realisieren und gleichzeitig Möglichkeiten der Energieeinsparung aufzuzeigen, wurde der Baustein PumpMon zur Überwachung von Kreiselpumpen für SIMATIC PCS 7 entwickelt.



Bild 1: Kreiselpumpe

Der PumpMon Baustein dient

- zur Warnung vor Pumpenschädigung bei ungünstigen Betriebszuständen,
- zur Früherkennung von sich anbahnenden Pumpenschäden
- und langfristig zur Optimierung der Pumpenauslegung durch statistische Auswertung der Betriebsdaten (Erfassung des Lastkollektivs).

Der Baustein kann für elektrisch angetriebene Kreiselpumpen sowohl mit konstanter als auch mit variabler Drehzahl verwendet werden.

Grenzwertverletzungen des Pumpen-Nennarbeitsbereiches und Abweichungen vom erwarteten Kennlinienverlauf werden dem Anwender über den PumpMon-Baustein gemeldet und anhand von Bausteinausgängen zur Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt. Alle Werte können selbstverständlich mit den üblichen SIMATIC PCS 7-Mitteln (Berechnungen, Kurvenaufzeichnung, Alarmhistorie, ...) weiterverarbeitet werden.

Der Baustein selbst hat eine reine Diagnosefunktion, ein aktiver Eingriff in den Betrieb der Pumpe ist nicht vorgesehen. Somit kann ein Einsatz (auch als Nachrüstung) erfolgen, ohne dass eine Beeinflussung des Prozesses befürchtet werden muss. Falls gewünscht, kann ein aktiver Eingriff (z.B. Reduzierung der Pumpendrehzahl bei drohender Kavitation) applikativ durch Auswertung der Bausteinausgänge erreicht werden.

2. Voraussetzungen

Zum Betrieb des Bausteins müssen folgende Größen bekannt sein:

- Messgrößen:
 - Durchfluss durch die Pumpe
 - Leistungsaufnahme des Pumpenmotors
 - Druck auf der Abgabeseite der Pumpe
 - zur Kavitationserkennung zusätzlich: Druck auf der Saugseite der Pumpe, ggf. Temperatur des Mediums (falls nicht konstant)
 - Drehzahl (bei drehzahlgeregelten Pumpen)
- zu parametrierende Größen:
 - Motornennleistung und -nennwirkungsgrad
 - Nenndrehzahl bei drehzahlgeregelten Pumpen
 - minimaler und Nenn-Durchfluss der Pumpe
 - Dichte des gepumpten Mediums
 - Förder-, Leistungs- und Wirkungsgrad-Kennlinie der Pumpe (können alternativ auch im Teach-Modus einge-lernt werden)
 - zur Kavitationserkennung zusätzlich: NPSHr-Kennlinie der Pumpe, sowie falls gepumptes Medium nicht Was-ser: Dampfdruck-Koeffizienten
 - Grenzen für Alarmierung (absolute Werte und Abweichungen von Kennlinien)
 - bei Nicht-Norm-Motoren, z.B. bei Spaltrohr-Motorpumpen: Kennlinie für Zusammenhang zwischen elektri-scher und mechanischer Leistung



Bild 2: Zerstörungen an einer Pumpe durch Kavitation

3. Berechnete Größen

Die folgenden nicht direkt messbaren Werte werden im Baustein berechnet:

- Förderhöhe
- die von der Pumpe aufgenommene mechanische Wellenleistung
- die von der Pumpe erbrachte hydraulische Leistung
- der Wirkungsgrad der Pumpe
- der aktuelle NPSH-Wert (wichtig zur Kavitationsvermeidung)
- die Abweichungen von den Kennlinien
- Histogramme mit der statistischen Verteilung von Durchfluss und NPSH-Reserve

4. Darstellungen

Die folgenden Sichten werden dem Anwender im Faceplate des Bausteins zur Verfügung gestellt:

4.1. Leistungsdaten

Numerische und Balken-Darstellung

- der gemessenen, vom Motor aufgenommenen elektrischen Leistung
- der daraus über ein Motormodell berechneten, vom Motor abgegebenen und von der Pumpe aufgenommenen mechanischen Wellenleistung
- der aus Druckdifferenz und Durchfluss berechneten, von der Pumpe erbrachten hydraulischen Leistung inkl. Alarmierungsgrenzen

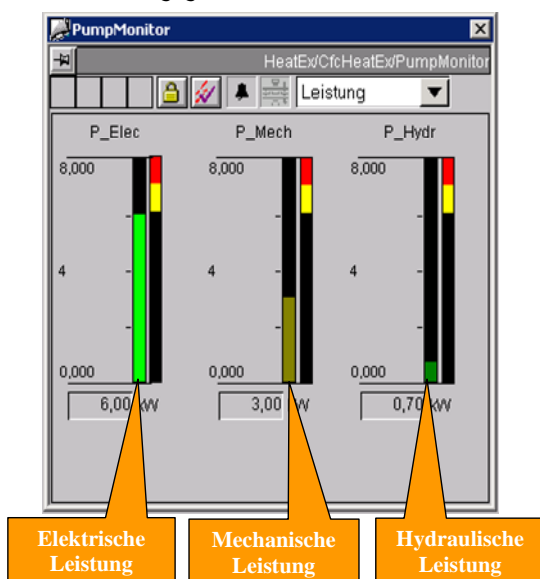


Bild 3: Leistungswerte mit Alarmierungsgrenzen

4.2. Förder-Kennlinie

Darstellung der Soll-Förderhöhe in Abhängigkeit vom Durchfluss (bei drehzahlgeregelten Pumpen umgerechnet auf die aktuelle Drehzahl) mit minimalem und nominalem Durchfluss, „lebendem“ aktuellem Arbeitspunkt und prozentualer Abweichung des Arbeitspunktes von der Kennlinie

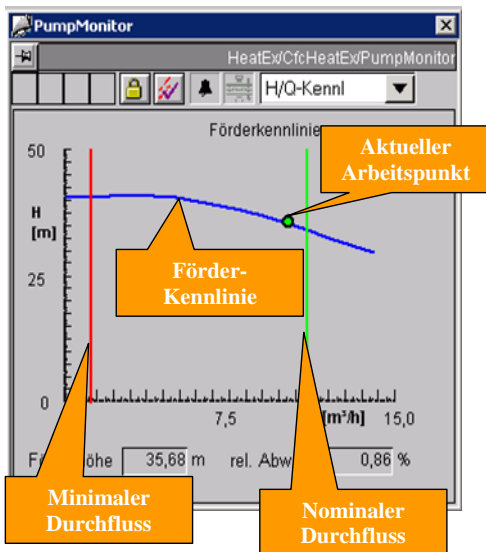


Bild 4: Förder-Kennlinie mit aktuellem Arbeitspunkt

4.3. Leistungs-Kennlinie

Darstellung der benötigten (mechanischen) Pumpenleistung in Abhängigkeit vom Durchfluss mit aktuellem Arbeitspunkt und Abweichung von der Kennlinie; zusätzlich Darstellung des erwarteten hydraulischen Pumpenwirkungsgrades in Abhängigkeit vom Durchfluss mit ermitteltem aktuellem Wirkungsgrad.

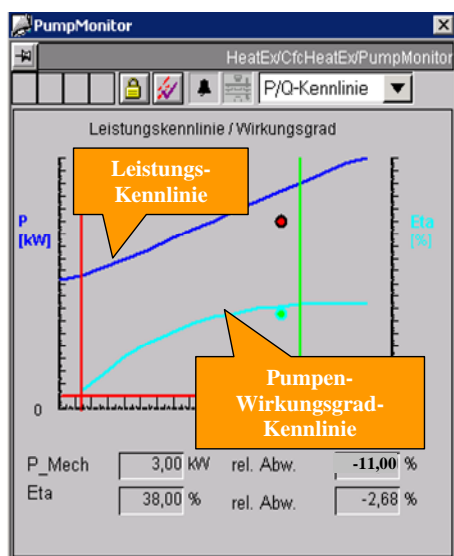


Bild 5: Leistungs-Kennlinie und Wirkungsgrad-Kennlinie mit aktuellen Arbeitspunkten

4.4. NPSH-Kennlinie

Logarithmische Darstellung des für den kavitationsfreien Betrieb erforderlichen NPSHr-Wertes in Abhängigkeit vom Durchfluss mit aktuellem NPSHa-Wert (berechnet aus saugseitigem Druck und Dampfdruck der Flüssigkeit).

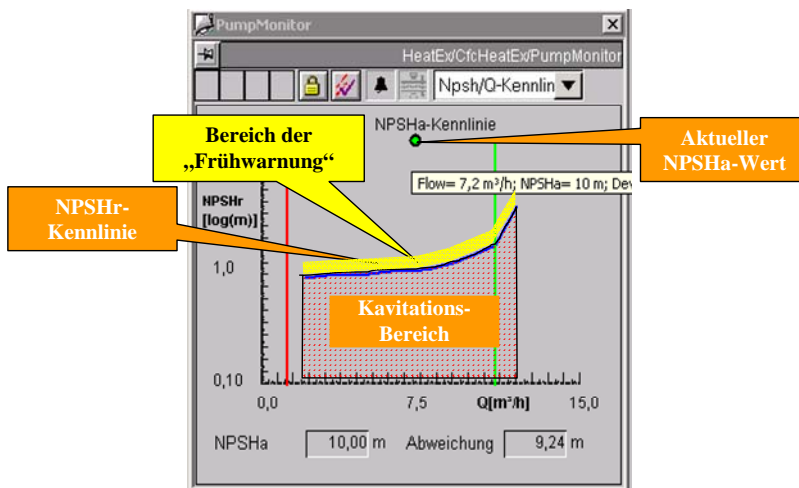


Bild 6: NPSH-Kennlinie mit aktuellem NPSHa-Wert

Durch die rechnerische Ermittlung eines aktuellen NPSHa-Wertes bietet dieser Baustein die Möglichkeit einer „Früherkennung“ von Kavitation. Während konventionelle akustische bzw. schwingungsbasierte Verfahren erst das Eintreten der Kavitation detektieren können, kann hier durch Vorgabe eines Sicherheitsabstandes des NPSHa-Wertes von der NPSHr-Linie (Default: 0,5 m) bereits vor dem Erreichen eines schädigenden Betriebszustandes ein Alarm ausgelöst werden.

4.5. Histogramme

Histogramm-Darstellung der Betriebszustände der Pumpe bzgl. Durchfluss (oben) und Kavitationsreserve (unten).

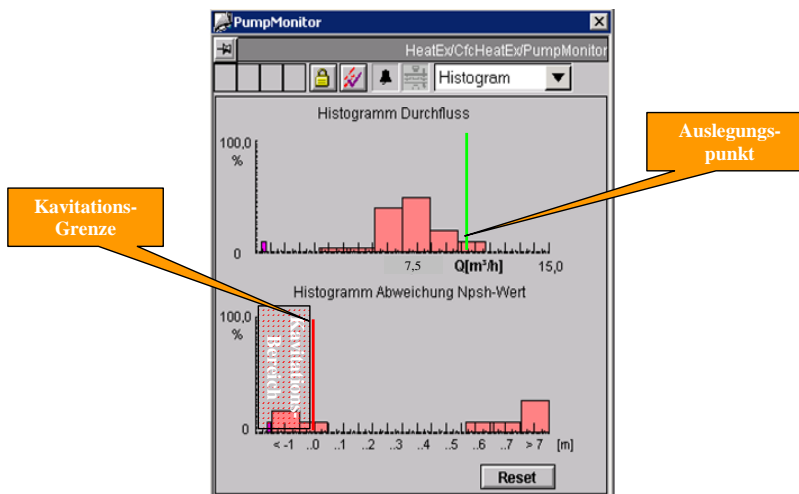


Bild 7: Histogramm-Darstellungen

4.6. Eingabe der Pumpen-Kennlinien

Die Pumpenkennlinien können über dieses Faceplate mittels Stützpunktkoordinaten parametrisiert oder über eine Teach-Funktion eingelernt werden.

x-Flow [m3/h]	y-Förderhöhe [m]	y-Leistung [kW]	y-Eta [%]	x-FlowNpsh [m3/h]	y-Npsh [m]						
0	Foerd_1	40,55	Power_1	2,06	Eta_1	0	FlowNp_1	0	Npsh_1	0	
1,5	Foerd_2	40,63	Power_2	2,13	Eta_2	7	FlowNp_2	1,5	Npsh_2	0	
3	Foerd_3	40,65	Power_3	2,26	Eta_3	14	FlowNp_3	3	Npsh_3	0,65	
4,5	Foerd_4	40,82	Power_4	2,38	Eta_4	21	FlowNp_4	4,5	Npsh_4	0,68	
6	Foerd_5	40,75	Power_5	2,52	Eta_5	26	FlowNp_5	6	Npsh_5	0,7	
7,5	Foerd_6	40,4	Power_6	2,71	Eta_6	30	FlowNp_6	7,5	Npsh_6	0,72	
9	Foerd_7	39,64	Power_7	2,86	Eta_7	34	FlowNp_7	9	Npsh_7	0,75	
10,5	Foerd_8	38,74	Power_8	2,99	Eta_8	37	FlowNp_8	10,5	Npsh_8	0,75	
12	Foerd_9	37,85	Power_9	3,18	Eta_9	38	FlowNp_9	12	Npsh_9	0,8	
13,5	Foerd_10	36,76	Power_10	3,31	Eta_10	40	FlowNp_10	13,5	Npsh_10	0,9	
15	Foerd_11	35,49	Power_11	3,46	Eta_11	41	FlowNp_11	15	Npsh_11	1,05	
16,5	Foerd_12	34,03	Power_12	3,59	Eta_12	42	FlowNp_12	16,5	Npsh_12	1,3	
18	Foerd_13	32,42	Power_13	3,75	Eta_13	42	FlowNp_13	18	Npsh_13	2,75	
19,5	Foerd_14	30,96	Power_14	3,9	Eta_14	42	FlowNp_14	19,5	Npsh_14	0	
21	Foerd_15	29,54	Power_15	4	Eta_15	42	FlowNp_15	21	Npsh_15	0	
Max	22	Max	50	Max	4	Max	100	Max	22	Max	10

Bild 8: Eingabe der Kennlinien

5. Diagnosefunktionen

Der Baustein hat folgende Diagnosefunktionen:

5.1. Generierung von Prozessalarmen zur Warnung des Bedienpersonals bei ungünstigen Betriebszuständen

Durch den gelieferten Baustein können folgende Meldungen erzeugt werden:

- Grenzwertverletzung bei den drei Leistungswerten – z.B. elektrische Überlast
- Abweichung Arbeitspunkt von der Förderkennlinie, d.h. Förderhöhenverlust – Hinweis auf Gasmitförderung oder Kavitation oder Blockade oder Trockenlauf
- Abweichung Arbeitspunkt von der Leistungskennlinie
- schlechter Pumpen-Wirkungsgrad: wird ermittelt anhand der Abweichung des aktuellen Pumpen-Wirkungsgrades (Verhältnis hydraulische / mechanische Leistung) von der Wirkungsgradkennlinie

- Kavitation: wird ermittelt anhand des berechneten NPSHa-Wertes; Frühwarnung bei Unterschreiten eines Mindestabstands zur NPSHr-Kurve
- Gasmitförderung: wird ermittelt anhand des Förderhöhenabfalls
- Blockade: wird ermittelt anhand Unterschreiten eines Grenzwertes für die elektrische Leistung.
- Trockenlauf: wird ermittelt anhand Unterschreiten eines (zweiten, niedrigeren) Grenzwertes für die elektrische Leistung.
- Falschlauf: (d.h. Motor wurde falsch angeschlossen und dreht in der falschen Richtung): wird ermittelt anhand von großem (>40%) Förderhöhenabfall bei gleichzeitig geringer (<20%) Abweichung bei der Leistungskennlinie
- Selbstverständlich sind alle Grenzen einstellbar und alle Alarmer auch unterdrückbar.

5.2. Generierung von Maintenance-Alarmen zum Hinweis auf fortgeschrittenen Pumpenverschleiß

Dies geschieht nicht direkt aus dem Baustein heraus, sondern durch einen nachzuschaltenden AssetMon-Baustein (im Standard-Lieferumfang von SIMATIC PCS 7). Je nach Applikation sind hier verschiedene Anwendungen denkbar; eine typische Konstellation wäre folgende:

Der Verschleiß einer Pumpe zeigt sich durch andauernden (über Stunden oder Tage anstehenden) Förderhöhenverlust (Gasmitförderung und Kavitation führen zum gleichen Effekt, sollten aber nur kurzfristig anstehen). Man könnte also das Anstehen des Alarms „Abweichung Förderkennlinie“ mit Hilfe eines Betriebsstundenzählers (im Standard-Lieferumfang von SIMATIC PCS 7) zeitlich aufintegrieren und bei Erreichen einer Grenze von z.B. 3 Tagen einen Maintenance-Alarm („Pumpe verschlissen?“) auslösen.

Allerdings liegen zur Zeit noch wenig Betriebserfahrungen darüber vor, wie groß eine Kennlinienabweichung sein muss, um einen bevorstehenden Pumpenausfall anzuzeigen; dies wird zur Zeit (2007 – 2010) im BMBF-Projekt „ReMain“ (siehe <http://www.ihl.fraunhofer.de/2227.html>) untersucht.

Ein weiterer sinnvoller Diagnose-Alarm könnte bei Erreichen einer Betriebsdauer der Pumpe im Kavitation generiert werden; hierfür müsste entsprechend ein zweiter Betriebsstundenzähler bei $NPSHa < NPSH$ -Kennlinie angesteuert werden; in diesem Fall sollte ein Alarm („Pumpe kavitationsgeschädigt?“) wohl schon nach wenigen Stunden in Kavitation ausgelöst werden, aber auch hier liegen noch keine allgemeingültigen Regeln vor.

5.3. Bildung einer Statistik (Darstellung des Lastkollektivs der Pumpe) zur Analyse der Korrektheit der Pumpenauslegung

In der Sicht „Histogramm“ wird in der oberen Darstellung die Verteilung der Durchflusswerte gezeigt. Bei einer idealen Auslegung sollte diese Verteilung ihr Maximum nahe am optimalen Betriebspunkt der Pumpe (senkrechte grüne Linie) haben. Es wird jedoch allgemein davon ausgegangen, dass viele Pumpen in der Prozessindustrie aus Vorsicht überdimensioniert ausgelegt sind. Im Fall der üblichen Regelung des Durchflusses per Drosselventil bedeutet dies jedoch Energieverschwendung. Diese Darstellung kann dabei helfen, bei einer Erneuerung der Pumpe eine geeignetere Auslegung zu wählen.

In der unteren Darstellung in der Sicht „Histogramm“ wird die Verteilung der Abstände des Pumpenarbeitspunktes von der NPSH-Kurve (die „Kavitationsreserve“) gezeigt. In einer ideal ausgelegten Anlage sollten keine Werte unter 0 vorkommen. Wenn dies in dem Histogramm dennoch auftaucht, kann anhand der im Leitsystem aufgezeichneten Daten analysiert werden, welche (unerwarteten) Randbedingungen hierzu geführt hatten. Evtl. kann mit fortschreitender Betriebserfahrung die Betriebszeit in Kavitation auch bei Restlebensdauer-Berechnungen verwendet werden.

6. Zusammenhang zwischen verfügbaren Größen und diagnostizierbaren Problemen

	Durchfluss	Druckdiff. über-Pumpe	elektr. Leistg.	Druck vor Pumpe	Temp. Medium	Dichte	Dampfdruckgleichg.
Blockung	(x) (1)		x (4)				
Trockenlauf	(x) (1)		x (4)				
Gasmitförderung	(x) (2)	x				x (6)	
Kavitation	x			x	x (5)		(x) (7)
Verschleiß	x	(x) (3)	x				
Überlast			x				
schlechter Pumpen-Wirkungsgrad	x	x	x				

Anmerkungen:

- (1) nicht unbedingt erforderlich, aber für zusätzliche Plausibilisierung nützlich
- (2) zur Korrektur bei unterschiedlichen Durchmessern von Saugstutzen und Druckstutzen
- (3) in Förderkennlinie deutlicher erkennbar als in Leistungskennlinie
- (4) dient zur Berechnung der mechanischen Leistung – signifikanter als elektrische Leistung
- (5) sofern nicht konstant
- (6) sofern nicht konstant; evtl. als Begleitwert der Durchflussmessung verfügbar
- (7) für Wasser bis 100 °C im Baustein implementiert (Antoine-Gleichung); für andere Fälle durch Parametrierung der Antoine-Gleichung oder per externer Berechnung

7. Bestelldaten

Details zum Baustein „PumpMon“ finden Sie im SIMATIC PCS 7 Add-On-Katalog.

Die Preise orientieren sich an der Anzahl der Pumpen.

- 6BQ2001-1CA10-0AA0 - PCS7 PumpMon V1.00 TOOLSET
SW auf CD incl. Runtime-Lizenz (CoL) für 5 Pumpeninstanzen
- 6BQ2001-1CB10-0AD0 - PCS7 PumpMon V1.00 LIC RUN
Runtime-Lizenz (CoL) für weitere 10 Pumpeninstanzen innerhalb einer Anlage.

Lieferant: A&D SE SH

Ansprechpartner:

- Udo Heckel, Siemens AG, A&D SE SH 6, udo.heckel@siemens.com
- Dr. Thomas Müller-Heinzerling, Siemens AG, Competence Center Chemical Industry,
thomas.mueller-heinzerling@siemens.com

URL dieser Kurzbeschreibung:

https://workspace.automation.siemens.com/content/00001773/chemicals/content/techconcepts_initiatives_plant_availability_asset_mgmt.aspx

Weitere Informationen: https://intra.wcms.fthw.siemens.de/servlet/PB/menu/1344930_11/index.html