

Überwachung von Kreiselpumpen mit dem PumpMon-Baustein

SIMATIC PCS 7

Applikationsbeschreibung • April 2010

Applikationen & Tools

Answers for industry.

SIEMENS

Industry Automation und Drives Technologies Service & Support Portal

Dieser Beitrag stammt aus dem Internet Serviceportal der Siemens AG, Industry Automation und Drives Technologies. Durch den folgenden Link gelangen Sie direkt zur Downloadseite dieses Dokuments.

<http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/42460161>

Bei Fragen zu diesem Beitrag wenden Sie sich bitte über folgende E-Mail-Adresse an uns:

online-support.automation@siemens.com

SIEMENS

SIMATIC PumpMonitoring

Applikationsbeschreibung

Vorwort

1

Einführung

2

Implementierung der
Pumpenüberwachung

3

Parametrierung und
Inbetriebnahme

4

Auswertung für das Plant
Asset Management

5

Anwendungsbeispiel

6

Fazit

7

Literatur

8

Historie

9

Gewährleistung und Haftung

Hinweis

Die Applikationsbeispiele sind unverbindlich und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich Konfiguration und Ausstattung sowie jeglicher Eventualitäten. Die Applikationsbeispiele stellen keine kundenspezifischen Lösungen dar, sondern sollen lediglich Hilfestellung bieten bei typischen Aufgabenstellungen. Sie sind für den sachgemäßen Betrieb der beschriebenen Produkte selbst verantwortlich. Diese Applikationsbeispiele entheben Sie nicht der Verpflichtung zu sicherem Umgang bei Anwendung, Installation, Betrieb und Wartung. Durch Nutzung dieser Applikationsbeispiele erkennen Sie an, dass wir über die beschriebene Haftungsregelung hinaus nicht für etwaige Schäden haftbar gemacht werden können. Wir behalten uns das Recht vor, Änderungen an diesen Applikationsbeispielen jederzeit ohne Ankündigung durchzuführen. Bei Abweichungen zwischen den Vorschlägen in diesem Applikationsbeispiel und anderen Siemens Publikationen, wie z.B. Katalogen, hat der Inhalt der anderen Dokumentation Vorrang.

Für die in diesem Dokument enthaltenen Informationen übernehmen wir keine Gewähr.

Unsere Haftung, gleich aus welchem Rechtsgrund, für durch die Verwendung der in diesem Applikationsbeispiel beschriebenen Beispiele, Hinweise, Programme, Projektierungs- und Leistungsdaten usw. verursachte Schäden ist ausgeschlossen, soweit nicht z.B. nach dem Produkthaftungsgesetz in Fällen des Vorsatzes, der groben Fahrlässigkeit, wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit, wegen einer Übernahme der Garantie für die Beschaffenheit einer Sache, wegen des arglistigen Verschweigens eines Mangels oder wegen Verletzung wesentlicher Vertragspflichten zwingend gehaftet wird. Der Schadensersatz wegen Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist jedoch auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit vorliegt oder wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit zwingend gehaftet wird. Eine Änderung der Beweislast zu Ihrem Nachteil ist hiermit nicht verbunden.

Weitergabe oder Vervielfältigung dieser Applikationsbeispiele oder Auszüge daraus sind nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich von Siemens Industry Sector zugestanden.

Inhaltsverzeichnis

Gewährleistung und Haftung	4
1 Vorwort	6
2 Einführung	7
2.1 Einsatzbereich.....	7
2.2 Funktionen.....	8
2.2.1 Analysen und Kennliniendarstellungen der Pumpendaten und Betriebszustände.....	8
2.2.2 Diagnosefunktionen.....	8
2.2.3 Teach-Funktion	9
2.3 Typische Anwendungsbeispiele.....	9
3 Implementierung der Pumpenüberwachung	10
3.1 Installation des SIMATIC PCS 7 Add-on-Produkts	10
3.2 Projektierung	10
3.2.1 Greenfield-Projektierung der gesamten Automatisierung rund um die Pumpe (basierend auf der Musterlösung).....	10
3.2.2 Nachrüstung der Pumpenüberwachung in einer laufenden Anlage ..	11
3.2.3 Projektierung im CFC.....	11
4 Parametrierung und Inbetriebnahme	13
4.1 Benötigte Daten zu Motor-, Pumpe- und Fördermedium.....	13
4.1.1 Kenndaten des Elektromotors.....	13
4.1.2 Kenndaten der Pumpe	13
4.1.3 Kenndaten des Fördermediums.....	14
4.2 Eingaben im Bildbaustein oder im CFC	14
4.2.1 Kenndaten des Elektromotors.....	14
4.2.2 Kenndaten der Pumpe	15
4.2.3 Kenndaten des Fördermediums.....	16
4.2.4 Einstellungen für Meldungen bei Trockenlauf, Blockade und Leistungsabweichungen.....	16
5 Auswertung für das Plant Asset Management	18
5.1 Instandhaltungs-Anforderungen.....	18
5.1.1 Stammdaten der Pumpe spezifizieren	19
5.1.2 Beschaltung und Parametrierung des AssetMon-Bausteins.....	19
5.2 Stress-minimized Operation.....	21
6 Anwendungsbeispiel	24
6.1 Realisierung der Verriegelungslogik	25
6.2 Simulation verschiedener Betriebszustände	26
6.2.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb.....	26
6.2.2 Förderhöhenverlust durch Verschleiß oder Gasmitförderung.....	27
6.2.3 Kavitation.....	29
6.2.4 Trockenlauf.....	31
6.2.5 Blockade.....	31
6.2.6 Überlastbetrieb	32
7 Fazit	33
8 Literatur	35
9 Historie	35

1 Vorwort

Ziel der Applikation

Ziel ist die Zustands- und Performance-Überwachung von Kreiselpumpen im Rahmen des anlagennahen Asset Managements von SIMATIC PCS 7. Dabei geht es um eine kostengünstige Lösung durch Auswertung von Sensor-Signalen, die bereits im Leitsystem vorhanden sind, im Gegensatz zu aufwändigen Condition-Monitoring Systemen, die auf spezielle zusätzliche Sensoren wie z.B. Körperschall- oder Beschleunigungs-Sensoren angewiesen sind.

Kerninhalte dieser Applikation

Folgende Kernpunkte werden in dieser Applikation behandelt:

- Implementierung der Pumpenüberwachung
- Parametrierung und Inbetriebnahme
- Auswertung für das Plant Asset Management
- Anwendungsbeispiel basierend auf der PCS 7 Musterlösung "PumpUnit".

Gültigkeit

Der PumpMon-Baustein kann mit PCS 7 V6.1 und V7.0 genutzt werden. Das hier beschriebene Beispiel basiert auf der PCS 7 V7.0 SP1.

Referenz zum Automation and Drives Service & Support

Dieser Beitrag stammt aus dem Internet Applikationsportal des Industry Automation and Drives Service & Support. Durch den folgenden Link gelangen Sie direkt zur Downloadseite dieses Dokuments.

<http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/42460161>

2 Einführung

Hinweis

Die Grundlagen zur Pumpenüberwachung können Sie dem Whitepaper „SIMATIC PCS 7 Baustein PumpMon - Diagnosebaustein für Kreiselpumpen zur kostengünstigen Überwachung und Analyse“ entnehmen.

http://www.automation.siemens.com/w2/e/iles/pcs7/pdf/00/Paper_PumpMon_AM_CM_DE.pdf

2.1 Einsatzbereich

Pumpen sind besonders weit verbreitete rotierende Maschinen in verfahrenstechnischen Anlagen. Das PCS 7 Add-on Produkt PumpMon [1.] bietet eine kostengünstige Lösung für die Überwachung und Analyse von Kreiselpumpen. Sie beruht auf der intelligenten Auswertung von Sensor-Signalen, die bereits im Leitsystem vorhanden sind, im Gegensatz zu aufwändigen Condition-Monitoring Systemen, die auf spezielle zusätzliche Sensoren wie z.B. Körperschall- oder Beschleunigungs-Sensoren angewiesen sind.

Die Funktion dient

- zur Warnung vor Pumpenschädigung bei ungünstigen Betriebszuständen (Blockade, Trockenlauf, Gasmitförderung, Kavitation, Überlast, Falschlauf),
- zur Früherkennung von sich anbahnenden Pumpenschäden (Verschleiß, abnehmender Pumpen-Wirkungsgrad),
- zur langfristigen Optimierung der Pumpenauslegung durch statistische Auswertung der Betriebsdaten und Lastprofile. Dadurch können Potenziale zur Energieeinsparung aufgezeigt werden.

Der PumpMon-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 Baustein-Ausgängen einer Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt. Selbstverständlich können alle Standardverfahren von PCS 7 zur weiteren Verarbeitung der Ausgangssignale genutzt werden, z.B. arithmetische Berechnungen, Trendaufzeichnungen, Meldungsarchivierung usw.

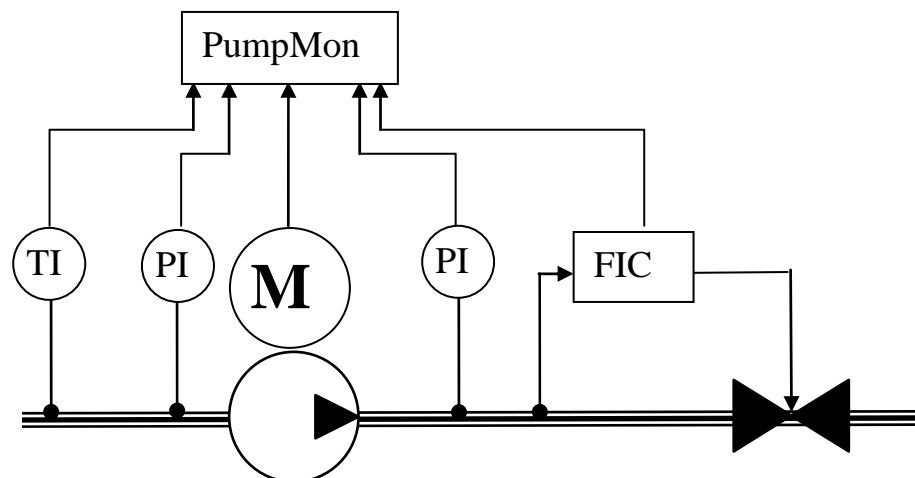


Abbildung 2-1: R&I-Schema einer Pumpe mit zugeordneten Sensoren und Aktoren inkl. Pumpen-Überwachung

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.

Unter Kavitation versteht man das Entstehen und anschließende schlagartige Vergehen von Dampfblasen in der Strömung einer Flüssigkeit. Beim Betrieb von Kreiselpumpen können solche Dampfblasen durch (lokal) überhöhte Strömungsgeschwindigkeiten entstehen: Je höher die Geschwindigkeit, desto geringer ist der Druck in der Flüssigkeit. Fällt der Druck unter den Dampfdruck der Flüssigkeit, dann bilden sich Dampfblasen. Steigt der Druck in Strömungsrichtung wieder an, kollabieren die Blasen: Das Gas in der Blase kondensiert schlagartig. Bei dieser Implosion der Blase kommt es zu so genannten „jet-impacts“. Es entstehen enorme Druck- und Temperaturspitzen, die meist um ein Vielfaches über den Belastungsgrenzen des Materials der Pumpenschaufel oder -wandung liegen. Die Oberfläche der Schaufel oder Wandung wird permanent geschädigt und schließlich zerstört. Darüber hinaus reduziert bereits ein geringes Maß an Kavitation den Wirkungsgrad (die Förderhöhe) der Pumpe. Durch Vollkavitation kann es sogar zum vollständigen Zusammenbruch der Förderung kommen.

2.2 Funktionen

Der PumpMon-Baustein bietet folgende Funktionen [1.]:

2.2.1 Analysen und Kennliniendarstellungen der Pumpendaten und Betriebszustände

- Leistungsdaten: Aufgenommene elektrische Leistung des Motors, berechnete mechanische Wellenleistung und hydraulische Leistung der Pumpe.
- Förderkennlinie: Darstellung der Soll-Förderhöhe in Abhängigkeit vom Durchfluss (bei drehzahlvariablen Pumpen drehzahl-normiert), mit minimalem und nominalem Durchfluss, Darstellung des aktuellen Arbeitspunkts, der absoluten und prozentualen Abweichung des Arbeitspunktes von der Kennlinie.
- Leistungskennlinie: Darstellung der erwarteten (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.
- NPSH-Kennlinie: Logarithmische Darstellung des für den kavitationsfreien Betrieb erforderlichen NPSHr-Wertes („required“) in Abhängigkeit vom Durchfluss, mit aktuellem NPSHa-Wert. NPSH ist die englische Abkürzung für „Net Positive Suction Head“ (Haltedruckhöhe).
- Histogramme: Statistische Auswertung der Betriebszustände der Pumpe bzgl. Durchfluss (Pump-Last) und Kavitationsreserve.

2.2.2 Diagnosefunktionen

Der Baustein bietet folgende Diagnosefunktionen zur Warnung des Betriebspersonals bei ungünstigen Betriebszuständen:

- Grenzwertverletzung bei den Leistungswerten,

2.3 Typische Anwendungsbeispiele

- Unterschreiten des Minimaldurchflusses – extremer Teillastbetrieb, Gefahr der Pumpenüberhitzung,
- Überschreiten des Nenndurchflusses – Überlast,
- Abweichung Arbeitspunkt von der Förderkennlinie, d.h. Förderhöhenverlust – auf Gasmitförderung oder Kavitation oder Blockade,
- Abweichung des Arbeitspunktes von der Leistungskennlinie,
- Abweichung des Arbeitspunktes von der Wirkungsgradkennlinie,
- Annäherung des NPSHa-Wertes an die NPSHr-Kennlinie – Frühwarnung bzgl. Kavitation.

2.2.3 Teach-Funktion

Punktweises Einlernen der Soll-Pumpenkennlinien mittels Stützpunktkoordinaten im guten Zustand der Pumpe.

2.3 Typische Anwendungsbeispiele

- Pumpen, die überdurchschnittlich häufig ausfallen,
- Kavitationsgefährdete Pumpen, u.a. bei der Wasserversorgung [6.],
- Pumpen, in denen sich chemische Ablagerungen bilden,
- Pumpen, die in einem anderen als dem ursprünglichen geplanten Betriebspunkt arbeiten,
- Pumpen, die unerklärliche Fluktuationen in der Leistungsaufnahme zeigen,
- Anwendungsfälle, bei denen das bestimmungsgemäße Verhalten von Pumpen nachgewiesen werden soll.

3 Implementierung der Pumpenüberwachung

3.1 Installation des SIMATIC PCS 7 Add-on-Produkts

Die Installation des PCS 7 Add-on-Produkts erfolgt über ein Setup-Programm auf der gelieferten CD. Der Baustein kann ab PCS 7 Version 6.1 aufwärts eingesetzt werden.

Nach der Installation findet man im SIMATIC Manager eine Bibliothek namens „PCS 7 PumpMon Lib V10“.

Nach Markieren des Funktionsbausteins PumpMon im Bausteinordner kann über die Funktionstaste F1 die Online-Hilfe aufgerufen werden.

Damit der PumpMon-Bildbaustein auf der OS korrekt angezeigt wird, muss er nicht nur auf dem OS-Server, sondern auch auf allen Clients installiert werden.

3.2 Projektierung

Im Hinblick auf die Projektierung werden zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Anwendungsfällen unterschieden, je nachdem ob es um die Nachrüstung einer Pumpenüberwachung in einer laufenden Anlage, oder um die Neu-Projektierung der gesamten Automatisierung rund um die Pumpe inkl. Pumpenüberwachung geht.

3.2.1 Greenfield-Projektierung der gesamten Automatisierung rund um die Pumpe (basierend auf der Musterlösung)

Im Umfeld von Pumpen gibt es typischerweise eine bestimmte Kombination von Aktoren und Sensoren, die zusammen mit der Pumpe die verfahrenstechnische Grundfunktion „definierten (geregelten) Durchfluss einer Flüssigkeit erzeugen und überwachen“ zur Verfügung stellen. Es liegt daher nahe, die Pumpe mitsamt den zu dieser Grundfunktion gehörenden Aktoren und Sensoren als eine „Pump-Unit“ zu vereinheitlichen. Zur Automatisierung der Unit gehören die typischen Regelungs- und Verriegelungsfunktionen, die für alle Pumpen in gleicher Weise erforderlich sind, sowie die Pumpen-Überwachung mit Hilfe des PumpMon-Bausteins.

Bei drehzahlstarrten Kreiselpumpen erfolgt die PI-Durchflussregelung über ein nachgeschaltetes, kontinuierlich verstellbares Stetigventil. Die Pumpe selbst wird über ein Motorsteuergerät (Direktstarter) z.B. Simocode angesteuert.

Ein Absperrventil vor der Pumpe sorgt dafür, dass keine Flüssigkeit durch die Pumpe läuft, wenn diese ausgeschaltet ist. Neben der Durchflusserfassung für die Regelung werden die Saug – und druckseitigen Drücke und die Temperatur des flüssigen Mediums gemessen. Über einen binären Flüssigkeitsdetektor wird festgestellt ob überhaupt Flüssigkeit vorhanden ist.

Der Pumpenantrieb wird per Verriegelung ausgeschaltet bzw. am Anlauf gehindert, wenn

- das Zulaufventil geschlossen ist, oder
- das Regelventil im Ablauf vom Durchflussregler eine zeitlang nahezu geschlossen wird (z.B. für länger als 10s in einer Stellung kleiner 5% Öffnung ist).

Es wird empfohlen, im Bibliotheksteil des PCS 7-Projekts zwei verschiedene Musterlösungen für Pump-Units anzulegen: eine für drehzahlstarre Pumpen mit Durchflussregelung über Ventil, und eine für drehzahlvariable Pumpen mit Durchflussregelung über die Drehzahl.

3.2.2 Nachrüstung der Pumpenüberwachung in einer laufenden Anlage

Hier wird davon ausgegangen, dass die Basisautomatisierung rund um die Pumpe inkl. Verrieglungslogik und Durchflussregelung bereits im PCS 7-Projekt vorhanden ist.

Der Funktionsbaustein PumpMon wird in einen CFC-Plan im passenden Hierarchiebehälter der technologischen Hierarchie eingefügt. Da er Sensorsignale verschiedener Messstellen verknüpft, wird typischerweise ein neuer, eigener CFC-Plan dafür angelegt. Dieser kann sich im Hierarchiezweig der Teilanlage befinden, zu der die Pumpe gehört, oder in einem separaten Hierarchiebaum Anlagendiagnose bzw. „Performance-Station“. In einer Performance Station könnten analog zur PCS 7 Maintenance Station zielgruppenspezifische Informationen gesammelt und dargestellt werden. Während die Maintenance Station sich an das Instandhaltungspersonal wendet, besteht die Zielgruppe für die Performance Station aus Betriebleiter, Betriebsingenieuren und Verfahrenstechnikern, die sich für die Optimierung der Anlage verantwortlich fühlen.

3.2.3 Projektierung im CFC

Der Baustein benötigt:

- die elektrische Wirkleistung des Motors → Eingang **PoElec**
- den Durchfluss des Fördermediums → Eingang **Flow**
- den Eingangsdruck (Saugdruck) der Pumpe → Eingang **P_In**
- den Ausgangsdruck (Förderdruck) der Pumpe → Eingang **P_Out**
- ein Binärsignal, ob der Motor läuft → Eingang **Running**

Falls die gemessenen Druckwerte nur den Überdruck bestimmen:

- den Luftdruck, der als Offset noch auf beide gemessenen Drücke aufaddiert werden muss → Eingang **P_Atmos**

Bei Kavitationsüberwachung zusätzlich:

- die Temperatur des Fördermediums → Eingang **Temp**

Bei drehzahlgeregelten Pumpen (Eingang **ConstSpd = FALSE**) zusätzlich:

- die Drehzahl der Pumpe → Eingang **Speed**

Falls der Umrichter die (Wellen-)Leistung des Motors liefert:

- die mechanische Leistung → Eingang **PoMech**

Diese Signale müssen verschaltet oder im Falle konstanter Werte (Luftdruck, oft auch Druck Saugseite oder Temperatur Medium) parametrisiert werden. Die Werte werden ggf. über die Eingänge ***Offs** und ***Fact** auf SI-Einheiten umnormiert.

Bei einer evtl. Normierung des Temperaturwertes sind die entsprechenden Detail-Hinweise in der Beschreibung [2.] zu beachten!

3 Implementierung der Pumpenüberwachung

3.2 Projektierung

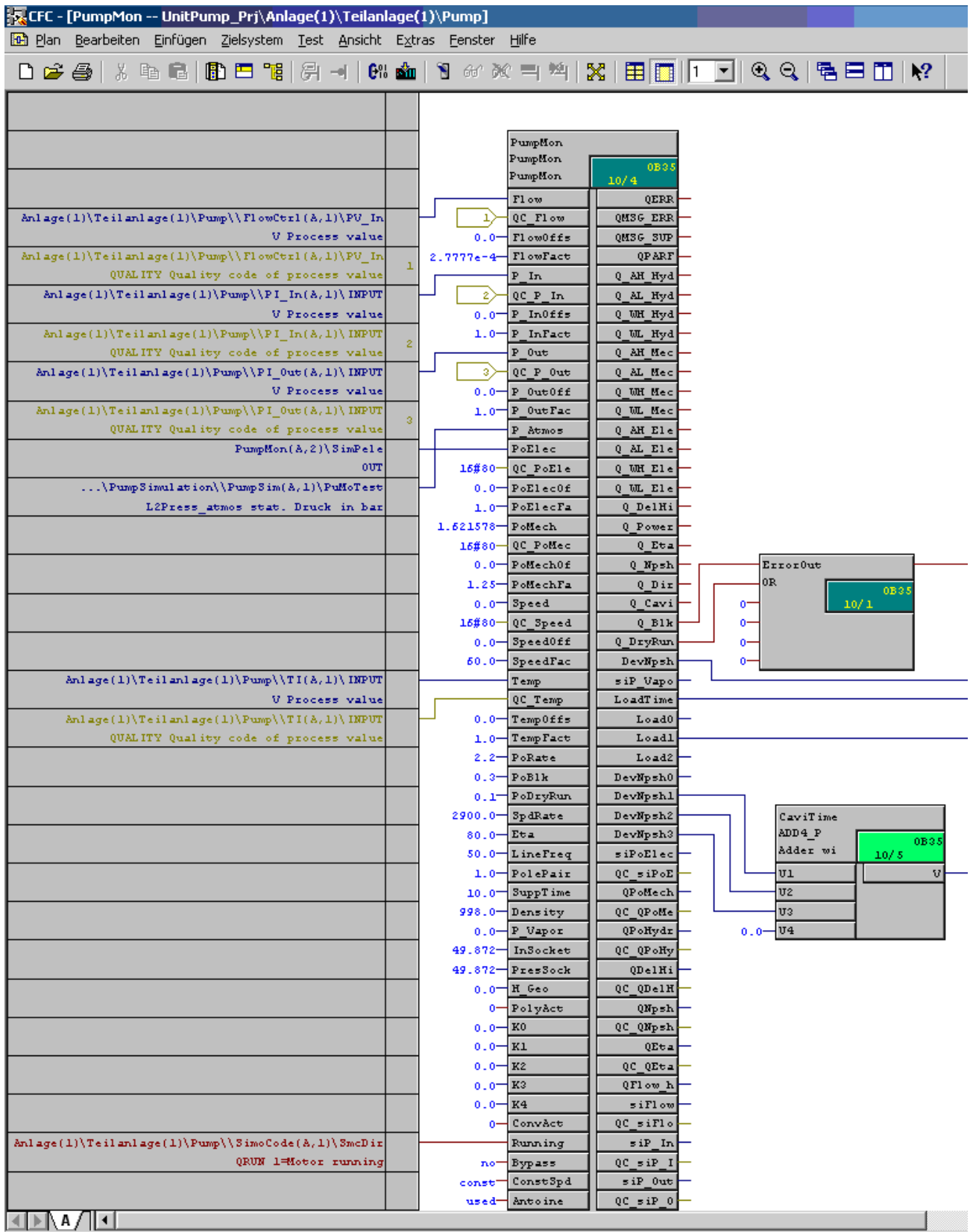


Abbildung 3-1: Verschaltung des PumpMon-Bausteins

4 Parametrierung und Inbetriebnahme

4.1 Benötigte Daten zu Motor-, Pumpe- und Fördermedium

Die in den folgenden Abschnitten aufgelisteten technischen Daten werden zur Parametrierung der Pumpen-Überwachung benötigt und sind vorab zu ermitteln.

4.1.1 Kenndaten des Elektromotors

Generell:

- Nenn-Drehzahl

Für Standard-Motor:

- Nenn-Leistung
- Nenn-Wirkungsgrad

Für Nicht-Standard-Motor, z.B. bei Spaltrohrmotorpumpe:

- Polynom zur Berechnung der abgegebenen mechanischen Leistung (Wellenleistung) als Funktion der aufgenommenen elektrischen Leistung (muss vom Hersteller des Motors / der Pumpe geliefert werden)

4.1.2 Kenndaten der Pumpe

- Minimaler Durchfluss
- Nenn-Durchfluss
- Förderkennlinie = H/Q-Kennlinie
- Leistungskennlinie = P/Q-Kennlinie
- Wirkungsgradkennlinie

Hinweis

Der Wirkungsgrad der Pumpe wird im PumpMon-Baustein als Verhältnis zwischen hydraulischer Leistung und mechanischer Leistung berechnet. Evtl. weicht diese Größe von der im Pumpendatenblatt angegebenen Größe ab. Im Pumpendatenblatt wird oft nur der Wirkungsgrad des Laufrades angegeben, andere Verluste (z.B. Wirbelstromverluste, Lagerverluste, Reibungsverluste) werden nicht berücksichtigt. Insofern ist zu erwarten, dass der im Baustein berechnete Wirkungsgrad (der Pumpe) etwas schlechter ausfällt als der Wirkungsgrad (des Laufrades) im Pumpendatenblatt.

Für Kavitationsüberwachung zusätzlich:

- NPSHr-Kennlinie
- Durchmesser von Saug- und Druckstutzen der Pumpe
- Evtl. empfohlener Mindestabstand zur NPSHr-Kennlinie für Dauerbetrieb (typisch 0,5m)

4.2 Eingaben im Bildbaustein oder im CFC

4.1.3 Kenndaten des Fördermediums

- Dichte

Für Kavitationsüberwachung zusätzlich:

- Antoine-Koeffizienten, falls Medium verschieden von Wasser 0 – 100°C, oder
- Algorithmus zur Berechnung des Dampfdrucks als Funktion der Temperatur bei Nicht-Anwendbarkeit der Antoine-Gleichung

4.2 Eingaben im Bildbaustein oder im CFC

4.2.1 Kenndaten des Elektromotors

Festlegung der Berechnungsmethode der mechanischen Wellen-Leistung (nur im CFC)

1. Bei Norm-Motoren (**PolyAct** = FALSE, **ConvAct** = FALSE) (Default-Einstellung)
→ Berechnung anhand von Nenn-Wirkungsgrad und Nennleistung über eingebaute Funktion
2. Bei anderen Motoren (z.B. Spaltrohrmotorpumpen) (**PolyAct** = TRUE, **ConvAct** = FALSE):
→ Berechnung über Motorkennlinie; die Koeffizienten **K0** bis **K4** müssen vom Hersteller des Motors / der Pumpe geliefert werden
3. Bei Lieferung der Wellenleistung durch den Umrichter (Parametrierung: **PolyAct** = FALSE, **ConvAct** = TRUE):
→ keine weiteren Parametrierungen erforderlich, außer den o.g. Verschaltung von **PoMech** und ggf. Normierung mit **PoMechOffs** und **PoMechFact**

Parameter für Standard-Motor:

- Nennleistung **PoRate** (im Bildbaustein, Sicht „Parameter“, oder im CFC)
- Nenn-Wirkungsgrad **Eta** (im Bildbaustein, Sicht „Parameter“, oder im CFC)
- Für die drei Leistungswerte (elektrische, mechanische, hydraulische Leistung) muss im CFC jeweils die Untergrenze (**MO_PVLR_Elekt**, **MO_PVLR_Hydr**, **MO_PVLR_Mech**, normalerweise = 0) und die Obergrenze für die Balkendarstellung (**MO_PVHR_Elekt**, **MO_PVHR_Hydr**, **MO_PVHR_Mech**, normalerweise etwas größer als die Nennleistung) eingegeben werden.

Für alle Motortypen:

- Anzahl Polpaare **PolePair** (im CFC)

Für Motoren mit variabler Drehzahl

- Häkchen „konstante Drehzahl“ im Bildbaustein, Sicht „Parameter“, wegnehmen bzw. Parameter **ConstSpd** = „variable“ (FALSE) im CFC setzen
- Nenn-Drehzahl **SpdRate** (im Bildbaustein, Sicht „Parameter“, oder im CFC)
- Hinweise zur Schlupfkorrektur in der Beschreibung [2.] beachten!

4.2.2 Kenndaten der Pumpe

- Kennlinien für Förderhöhe, Leistung und Wirkungsgrad (im Bildbaustein, Sicht „Kennlinien“, notfalls im CFC)
 Die Kennlinien können je max. 15 Stützwerte haben; falls nicht alle 15 verwendet werden, müssen die „hinteren“ Werte gleich dem letzten „echten“ Wert gesetzt werden, damit die Forderung nach monoton steigenden X-Werten erfüllt wird.
 Die Werte der x-Achse (Durchfluss) müssen nicht äquidistant sein.
 Es muss angegeben werden, auf welche Zeitbasis sich die Durchflusswerte beziehen (**TimeBase** = 3600s bei Skalierung in m³/h).
 Über den Arbeitsbereich der Kennlinie hinaus wird horizontal extrapoliert, d.h.: ist der Durchflusswert kleiner als der erste Stützwert, dann wird der erste y-Wert ausgegeben; ist der Durchflusswert größer als der letzte Stützwert, dann wird der letzte y-Wert ausgegeben.
Teach-Funktion: Üblicherweise sollten die Kennlinien aus der Dokumentation der Pumpe übernommen werden. Wenn statt dessen die gemessenen Werte als Referenz verwendet werden sollen (z.B. wegen nicht-idealer Platzierung der Messstellen), dann kann man manuell einzelne Arbeitspunkte der Pumpe anfahren und die dort ermittelten Werte für Durchfluss, Förderhöhe, Leistung und Wirkungsgrad als Stützwerte für die Kennwerte verwenden. Die Teach-Funktion dient dabei als Eingabehilfe für die Stützwerte der Kennlinien. Die berechneten Werte von Förderhöhe, Leistung und Wirkungsgrad werden als Stützwerte in die Kennlinien übernommen. Die Werte können anschließend manuell korrigiert werden. Falls bei einer Conti-Anlage im Anlagenbetrieb nur ein Teil der Kennlinie befahren wird, und es auch für einen Teach-Vorgang schwierig ist, andere Teil der Kennlinie zu befahren, genügt es, diejenigen Teile der Kennlinie „einzuteachen“, die für den Betrieb relevant sind. Hinweis: In diesem Fall muss auch die Forderung nach monoton steigenden X-Werten erfüllt werden! Im Sinne der optischen Darstellung kann die Kennlinie über den gelernten Bereich hinaus nach links oder rechts stetig fortgesetzt und mit halbwegs plausiblen Werten aufgefüllt werden.
- Minimaler Durchfluss **MinFlow** (im Bildbaustein, Sicht „Parameter“, oder im CFC)
- Nominaler Durchfluss **OptFlow** im Bildbaustein, Sicht „Parameter“, oder im CFC)

Für Kavitationsüberwachung zusätzlich:

- Kennlinie für NPSH-Wert (im Bildbaustein, Sicht „Kennlinien“, notfalls im CFC)
 Die NPSH-Kennlinie hat eigene Stützwerte für den Durchfluss (**FlowNp1**, ..., **FlowNp15**), da die Kennlinie nicht durch die Teach-Funktion bestimmt werden kann.
- Durchmesser von Saug- und Druckstutzen (im Bildbaustein, Sicht „Parameter“, oder im CFC)

Im Falle eines Bypasses an der Pumpe:

- Bypass (Häkchen im Bildbaustein, Sicht „Parameter“, setzen bzw. im CFC).
 Bei einer Pumpe mit Bypass ist der gemessene Durchflusswert in der Regel fehlerbehaftet, da der Durchfluss durch den Bypass nicht mitgemessen wird. In diesem Fall wird im Baustein ein Ersatzwert für den Durchfluss anhand der mechanischen Leistung bestimmt. Somit entfällt dann natürlich die Überprüfung der Übereinstimmung mit der Leistungskennlinie.

4.2.3 Kenndaten des Fördermediums

- Dichte (im Bildbaustein, Sicht „Parameter“, oder im CFC)

Für Kavitationsüberwachung zusätzlich:

- Falls Medium verschieden von Wasser 0 – 100°C: Antoine-Koeffizienten **AntA**, **AntB**, **AntC**, **AntFact** oder bei externer Dampfdruckberechnung (**Antoine** = FALSE) → Beschaltung von Eingang **P_Vapor** [bar] (nur CFC)

4.2.4 Einstellungen für Meldungen bei Trockenlauf, Blockade und Leistungsabweichungen

- Leistungsgrenzwerte für die Erkennung von Blockade **PoBlk** und von Trockenlauf **PoDryRun** (im Bildbaustein, Sicht „Toleranzen“, oder im CFC)

Bei Trockenlauf ist das Ventil auf der Saugseite geschlossen, es befindet sich kein Fördermedium in der Pumpe, der Durchfluss ist Null und der Wert der elektrischen Leistung sinkt auf einen Minimalwert (typischerweise < 30% der Nenn-Leistung).



WARNUNG

Bei Trockenlauf erhitzen sich die Pumpenlager, und werden in kurzer Zeit geschädigt. Falls sich gar keine Flüssigkeit in der Pumpe befindet, kann es sogar zum Funkenschlag zwischen Läufer und Gehäuse kommen, was insbesondere in Ex-Schutz-Zonen unter allen Umständen zu vermeiden ist. Der PumpMon-Baustein kann zwar ein Trockenlaufen im Betrieb schnell genug erkennen, aber falls die Pumpe tatsächlich ganz ohne Medium gestartet wird, kommt die Reaktion des PumpMon zu spät. Daher sind im Ex-Bereich zusätzliche Maßnahmen zur Vermeidung von Trocken-Anlauf zu ergreifen, beispielsweise über einen binären Flüssigkeitsdetektor im Zulauf ("Liquifant").

Bei Blockade ist zumindest das Ventil auf der Druckseite (oder beide) geschlossen, der Durchfluss des Fördermediums ist ebenfalls Null und der Wert der elektrischen Leistung klein, aber nicht so klein wie beim Trockenlauf, da noch Fördermedium in der Pumpe ist, das umgewälzt wird (typischerweise < 40% der Nenn-Leistung).



WARNUNG

Durch die Blockade kann die vom Pumpenläufer erzeugte Reibungswärme nicht vom Medium abgeführt werden und das Medium erhitzt sich. Besonders gefährlich wird dies, wenn die Ventile auf beiden Seiten der Pumpe geschlossen sind. Wenn die Verdampfungstemperatur des Mediums erreicht wird, und der entstehende Überdruck keinen Weg nach außen findet, kann es zu einer Dampfexplosion kommen, welche das Pumpengehäuse sprengt und Menschenleben in Gefahr bringen kann.

- Unterdrückungszeit **SuppTime**, für die nach Einschalten des Motors alle Meldungen des Bausteins unterdrückt werden (im Bildbaustein, Sicht „Parameter“, oder im CFC).
- für die Abweichungen von den Kennlinien gibt es jeweils eine maximal zulässige prozentuale Abweichung **Tol_Height**, **Tol_Power**, **Tol_Eta**, **Tol_NPSH** und eine zugehörige Zeitverzögerung **T_Height**, **T_Power**, **T_Eta**, **T_NPSH** (im Bildbaustein, Sicht „Toleranzen“, oder im CFC); bei Überschreitung der zulässigen Abweichung für länger als die

Zeitverzögerung wird eine Meldung ausgelöst.

Vorschlag für Startwerte: **Tol_Height, Tol_Power, Tol_Eta** = 5%, **Tol_NPSH** = 0,5m; **T_Height, T_Power, T_Eta, T_NPSH** = 300 sec.

Hierfür müssen je nach Anwendungsfall im Laufe der Betriebserfahrung individuelle Werte gefunden werden. Hinweis: die Obergrenze von 50s für diese Werte ist nur im Faceplate verankert. Sie kann bei Eingabe im CFC umgangen, oder im *.pdl selbst geändert werden.

- Für jeden Leistungswert (elektrische, mechanische und hydraulische Leistung) gibt es zusätzlich eine Überwachung auf obere und untere Warn- und Alarmgrenzen, mit der Möglichkeit zur Unterdrückung (PCS 7-Standard); die Grenzen und die Unterdrückung sind über den Bildbaustein, Sicht „Toleranzen“, mit Zugriffslevel „höhere Prozessbedienung“ oder im CFC einstellbar
- Alle Grenzwertüberwachungen haben jeweils eine Hysterese. Die Hysterese der elektrischen, mechanischen und hydraulischen Leistung kann über den Bildbaustein, Sicht „Toleranzen“, geändert werden; die übrigen Hysteresen können nur im CFC-Plan geändert werden.

5 Auswertung für das Plant Asset Management

Verschiedene Ergebnisse der Berechnungen im PumpMonitor sind für verschiedene Zielgruppen, die in einer verfahrenstechnischen Anlage tätig sind, relevant, und unterscheiden sich bezüglich der angemessenen Reaktion und der Dringlichkeit.

Diagnosen wie akute Blockade oder Trockenlauf müssen unmittelbar dem Anlagenfahrer als Alarm gemeldet werden, da solche Betriebszustände in kurzer Zeit zu einer Schädigung der Pumpe führen können. Ein automatischer Nothalt der Pumpe wird typischerweise nicht über den PumpMonitor eingeleitet, sondern über die binäre Verriegelungslogik z.B. bei geschlossenen Ventilen. Prinzipiell könnte man durch Auswertung der Binärausgänge des PumpMonitor auch die Verriegelungslogik ergänzen.

Andere Betriebszustände wie z.B. Kavitation führen erst nach einiger Zeit zu Beschädigungen der Pumpe, jedoch muss in der Regel auch hier noch relativ schnell reagiert werden. In diesem Fall muss diese Diagnoseinformation sowohl dem Anlagenfahrer als auch dem Instandhalter gemeldet werden.

Hinweise wie z.B. „der Wirkungsgrad liegt um mehr als 10% unter der erwarteten Kennlinie“ erfordern keine unmittelbare Reaktion, sondern sind ein Hinweis auf Optimierungspotential.

Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, die Informationen aus dem PumpMonitor entsprechend zielgruppenorientiert auszuwerten.

5.1 Instandhaltungs-Anforderungen

Die Anforderung einer Instandhaltungsmaßnahme mit Hilfe einer Instandhaltungsmeldung wird nicht im PumpMon-Baustein selber, sondern im zugeordneten AssetMon-Baustein [3.] durchgeführt. Der AssetMon ist ein universeller Platzhalter-Baustein für mechanische bzw. verfahrenstechnische Assets in der Maintenance Station von PCS 7. Er liegt im Hierarchiebaum der Maintenance Station und nicht in der normalen technologischen Hierarchie der Anlage. Sein Bildbaustein erscheint daher in der Maintenance Station und nicht in der Operator Station.

An diesem AssetMon-Baustein hängt auch die Electronic Device Description (EDD) mit den Stammdaten der Pumpe, so dass im Asset Management System auf die Pumpe genauso wie auf ein intelligentes Feldgerät zugegriffen werden kann.

5.1.1 Stammdaten der Pumpe spezifizieren

Um eine EDD für die Pumpe zu erstellen, ist eine sog. PLT-ID [3.] erforderlich. Die PLT-ID ist ein Verbindungsparameter zwischen einem PDM-Objekt (Parameterdaten-EDD) und den Bildbausteinen in der Maintenance Station. Die PLT-ID ist an das PDM-Objekt gebunden. Das PDM-Objekt wird im SIMATIC Manager folgendermaßen erzeugt:

1. Wählen Sie im SIMATIC Manager „Ansicht > Prozessgeräte-Anlagensicht“.
2. Wählen Sie „Einfügen > SIMATIC PDM > TAG“.
3. Markieren Sie das eingefügte TAG-Objekt und wählen Sie im Kontextmenü „SIMATIC PDM > Geräteauswahl...“
4. Wählen Sie in der Baumstruktur CFC > DATA_OBJECTS > CFC > AssetMon aus und schließen Sie den Dialog mit "OK".
5. Wählen Sie im Kontextmenü „Objekt öffnen“ und tragen Sie in der Parametriermaske alle notwendigen Daten ein.
6. Wählen Sie „Datei > Speichern“. Die Parametriermaske wird geschlossen.
7. Markieren Sie das TAG-Objekt und wählen Sie „Extras > SIMATIC PDM > PLT-ID erzeugen“.

Die erzeugte PLT-ID können Sie anschließend am zugehörigen Parameter "PLT_ID" parametrieren. Hinweis: Die PLT-IDs können nicht verändert oder einzeln gelöscht werden.

Somit werden dem Instandhalter auf der Maintenance Station von PCS 7 Stammdaten und Wartungsalarme der Pumpe zusammen angezeigt.

5.1.2 Beschaltung und Parametrierung des AssetMon-Bausteins

Im PumpMon-Baustein wird ein Histogramm der zeitlichen Lastverteilung, sowie des Kavitationszustandes erstellt. Die Zahl der Betriebsstunden in einem bestimmten Lastbereich wird als Balkenhöhe im Histogramm dargestellt. Die Balkenhöhe (Zahl der Betriebsstunden) zu jedem Balken im Diagramm ist als separate Ausgangsvariable am PumpMon-Baustein verfügbar.

Klären Sie, ab welchem NPSHa-Wert Beschädigungen an der Pumpe auftreten. Typischerweise geht man davon aus, dass dies der Fall ist, wenn der aktuelle NPSHa-Wert unter dem erforderlichen NPSHr-Wert liegt, d.h. die Abweichung von der NPSHr-Kennlinie kleiner null ist. Bilden Sie dann im CFC die Summe der zugeordneten Ausgangsvariablen **DevNpsh1+DevNpsh2+DevNpsh3** und verschalten Sie die Summe mit der Eingangsvariablen **PV_1** des zugeordneten AssetMon-Bausteins (siehe Addierer CaviTime in Abbildung 3-1).

5 Auswertung für das Plant Asset Management

5.1 Instandhaltungs-Anforderungen

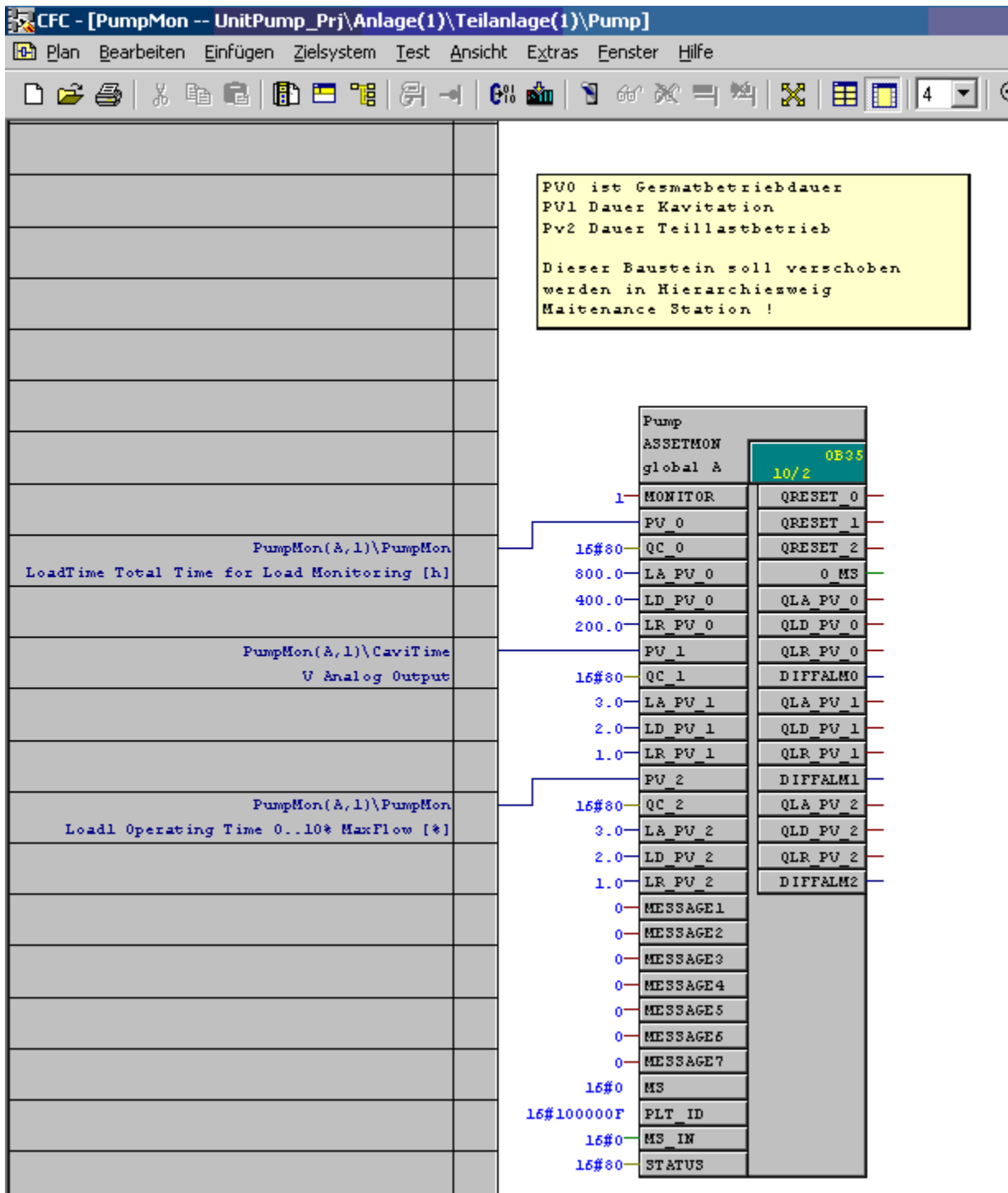


Abbildung 5-1: Beschaltung des AssetMon-Bausteins für eine Pumpe

Definieren Sie die Grenzwerte für Maintenance Request **LR_PV_1**, Maintenance Demand **LD_PV_1** und Maintenance Alarm **LA_PV_1** so, dass nach der spezifizierten Anzahl von Betriebsstunden im Zustand der Kavitation die gewünschte Instandhaltungs-Anforderung generiert wird.

Falls Ihnen bekannt ist, dass die Pumpe nach einer bestimmten Anzahl von Betriebsstunden im Überlastbereich oder im Unterlastbereich typischerweise gewartet werden muss, verschalten sie weitere Analogeingänge z.B. **PV_2** des AssetMon mit den entsprechenden Histogrammvariablen z.B. **Load1** des PumpMon und definieren sie Alarm-Grenzwerte für die Betriebsstunden.

Falls die Pumpe nach einer bestimmten Anzahl von Betriebsstunden in jedem Fall gewartet werden muss, unabhängig von den Betriebszuständen, können Sie am Ausgang PumpMon **LoadTime** die Gesamtzahl der Betriebsstunden seit Initialisierung der Belastungsstatistik abgreifen, und auf einen separaten Betriebsstundenzähler verzichten. In diesem Fall muss nach erfolgter Wartungsmaßnahme die Last-Statistik reinitialisiert werden (d.h. der Reset-Knopf im Faceplate bedient werden), um den Zähler wieder auf null zurückzusetzen.

5.2 Stress-minimized Operation

Beim Betrieb von Kreiselpumpen wird ausreichend Zulaufhöhe (Druck vor der Pumpe) benötigt, um die Pumpe im bestimmungsgemäßen Betrieb, d.h. mit weniger als 3% Förderhöhenabfall durch Kavitation zu betreiben. Bei Pumpen, die häufiger von Kavitation gefährdet sind, kann der Einsatz eines zusätzlichen Anti-Kavitations-Reglers hilfreich sein.

Ziel des im Folgenden beschriebenen Ansatzes ist ein verschleißminimierter und energieeffizienter Betrieb der Pumpe („stress-minimized operation“, SmO), auf Basis der Pumpenüberwachung [4.]. Eine ergänzende, überlagerte Funktion kann Informationen über die aktuelle Abnutzungsintensität im laufenden Betrieb nutzen, und in die konventionelle Automatisierung (Regelung bzw. Steuerung) eingreifen, so dass abnutzungsintensive Betriebszustände durch eine optimale Prozessführung reduziert oder ganz vermieden werden. Der Eingriff der SmO-Funktion erfolgt nur innerhalb von sinnvollen Grenzen. Dabei wird ein Kompromiss zwischen den eigentlichen Zielen der Prozessführung und dem Ziel der Verschleiß-Minimierung gesucht.

Die Idee ist, neben den Durchflussregler einen Anti-Kavitationsregler parallel zu schalten und auf die gleiche Stellgröße einwirken zu lassen [8.].

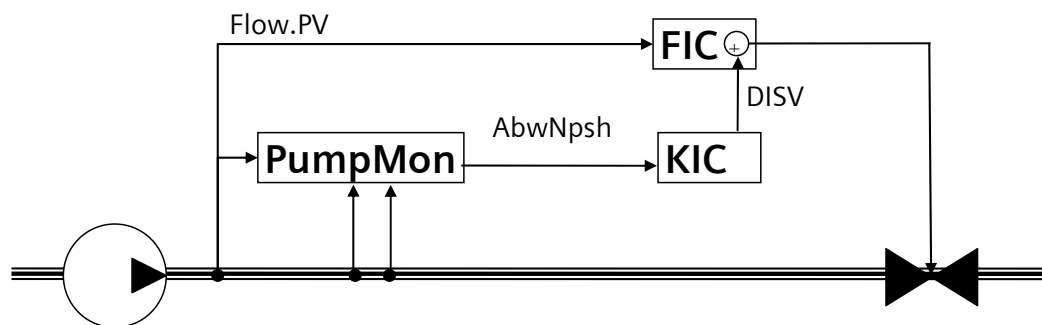


Abbildung 5-2: Prinzip des Anti-Kavitationsreglers

Die Regelgröße des Anti-Kavitationsreglers ist die Abweichung des NPSHa von einer für die Entstehung von Kavitation kritischen Grenze.

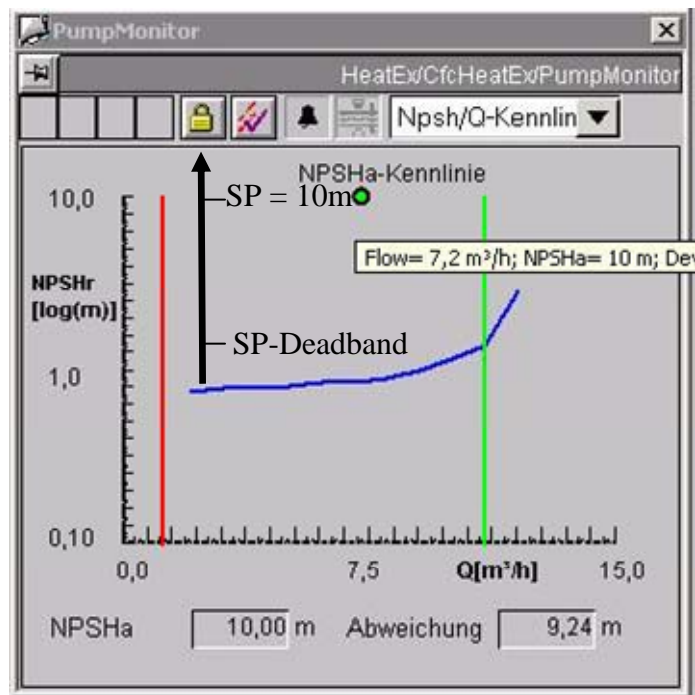


Abbildung 5-3: NPSH-Kennlinie, Koordinatenachse für Istwert und Sollwert des Anti-Kavitationsreglers

Der NPSH-Sollwert wird beispielsweise konstant auf 10m über NPSHr gesetzt. Der Anti-Kavitationsregler ist als reiner P-Regler mit einem Totband von ca. 8m ausgelegt. Durch Verzicht auf einen I-Anteil wird vermieden, dass der Regler im Sinne von Anti-Windup-Maßnahmen nachgeführt werden muss, wenn er keinen Zugriff auf das Stellglied hat. Das Totband verhindert, dass der Regler im Normalbetrieb in die Durchflussregelung eingreift. Erst wenn sich die Abweichung des NPSH der kritischen Grenze nähert greift der Regler vorsichtig ein und beginnt, das Drosselventil auf der Druckseite etwas weiter zu schließen. Durch diesen Eingriff reduziert sich der Durchfluss, und der aktuelle NPSH-Wert wandert waagrecht nach links, wodurch sich sein Abstand zur kritischen Grenze vergrößert.

Sobald der Anti-Kavitationsregler eingreift wird der I-Anteil des Durchflussreglers richtungsabhängig eingefroren, damit der Durchflussregler den Maßnahmen des Anti-Kavitationsreglers nicht über seinen I-Anteil entgegen wirken kann.

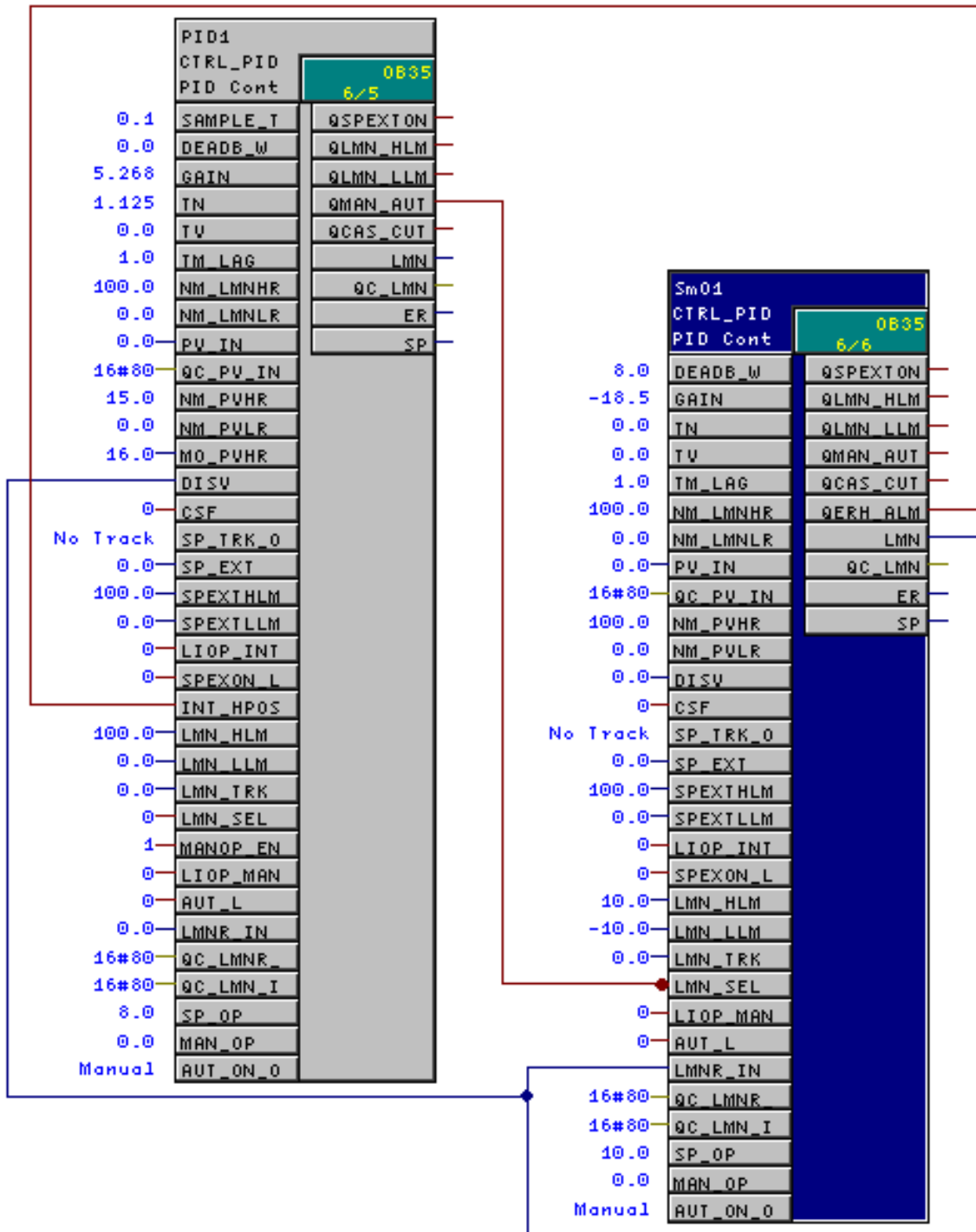


Abbildung 5-4: CFC-Plan des Anti-Kavitationsreglers „Sm01“ im Zusammenspiel mit dem Durchflussregler FIC (hier „PID1“)

6 Anwendungsbeispiel

In [8.] wird eine PCS 7 Musterlösung zur Automatisierung einer PumpUnit vorgestellt. Die PumpUnit dient zur Erzeugung eines geregelten Durchflusses mit Hilfe einer drehzahlstarrten Pumpe.

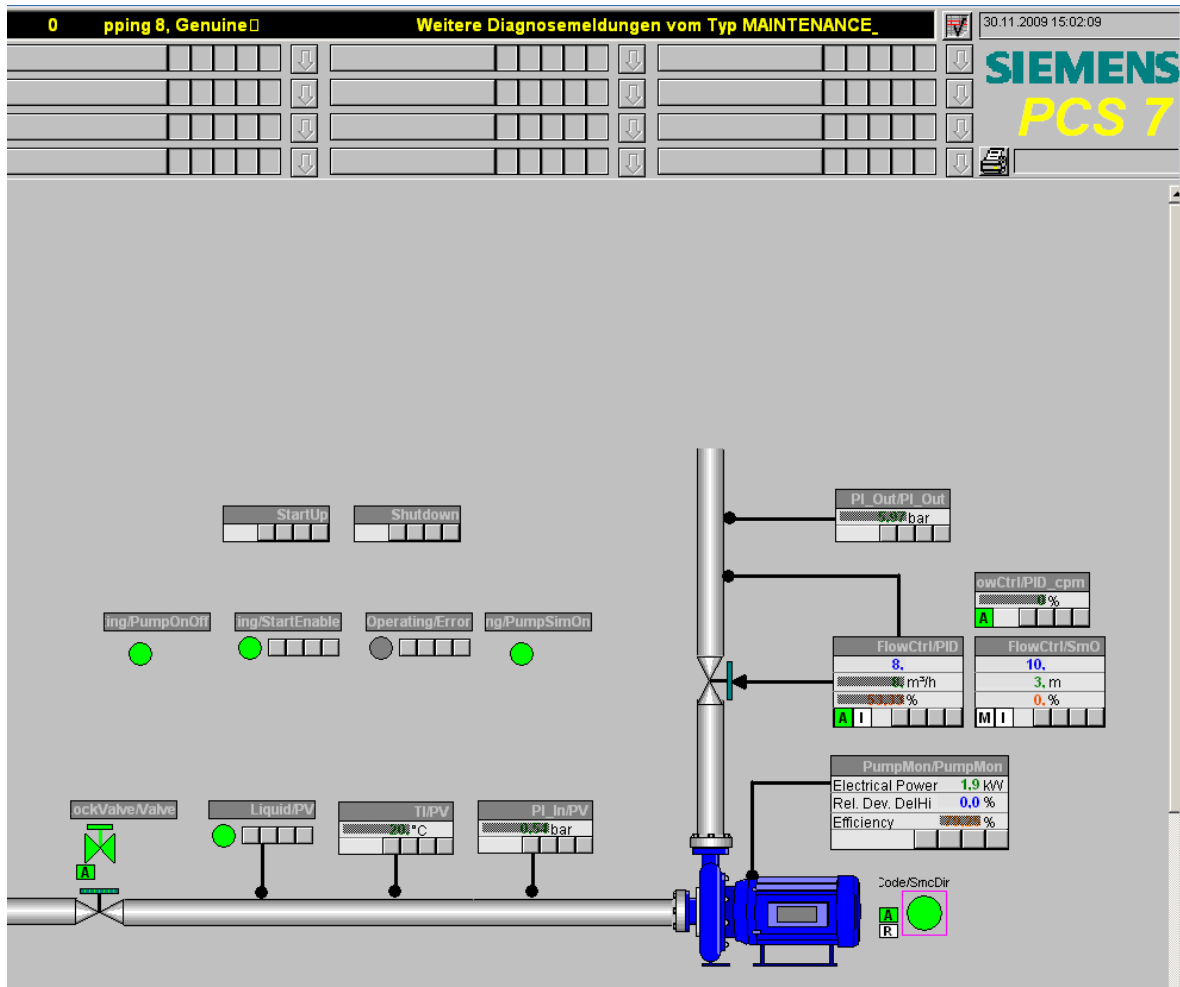


Abbildung 6-1: PCS 7 Musterlösung PumpUnit

Die PumpUnit umfasst folgende Funktionen mit den dazu erforderlichen Messstellen:

- Ansteuerung des Pumpenmotors mit einem Direktstarter Simocode
- PI-Durchflussregelung über ein Stetigventil auf der Lastseite
- Absperrventil auf der Saugseite
- Verriegelungslogik (vgl. Abschnitt 3.2.1)
- Pumpenüberwachung mit dem PumpMon-Baustein
- Instandhaltungs-Management mit dem AssetMon-Baustein (vgl. Abschnitt 5.1)
- Ablaufsteuerungen (SFC) für das geordnete An- und Abfahren der PumpUnit.
- Optional: Stress-minimized Operation zur Vermeidung von Kavitation (vgl. Abschnitt 5.2)

6.1 Realisierung der Verriegelungslogik

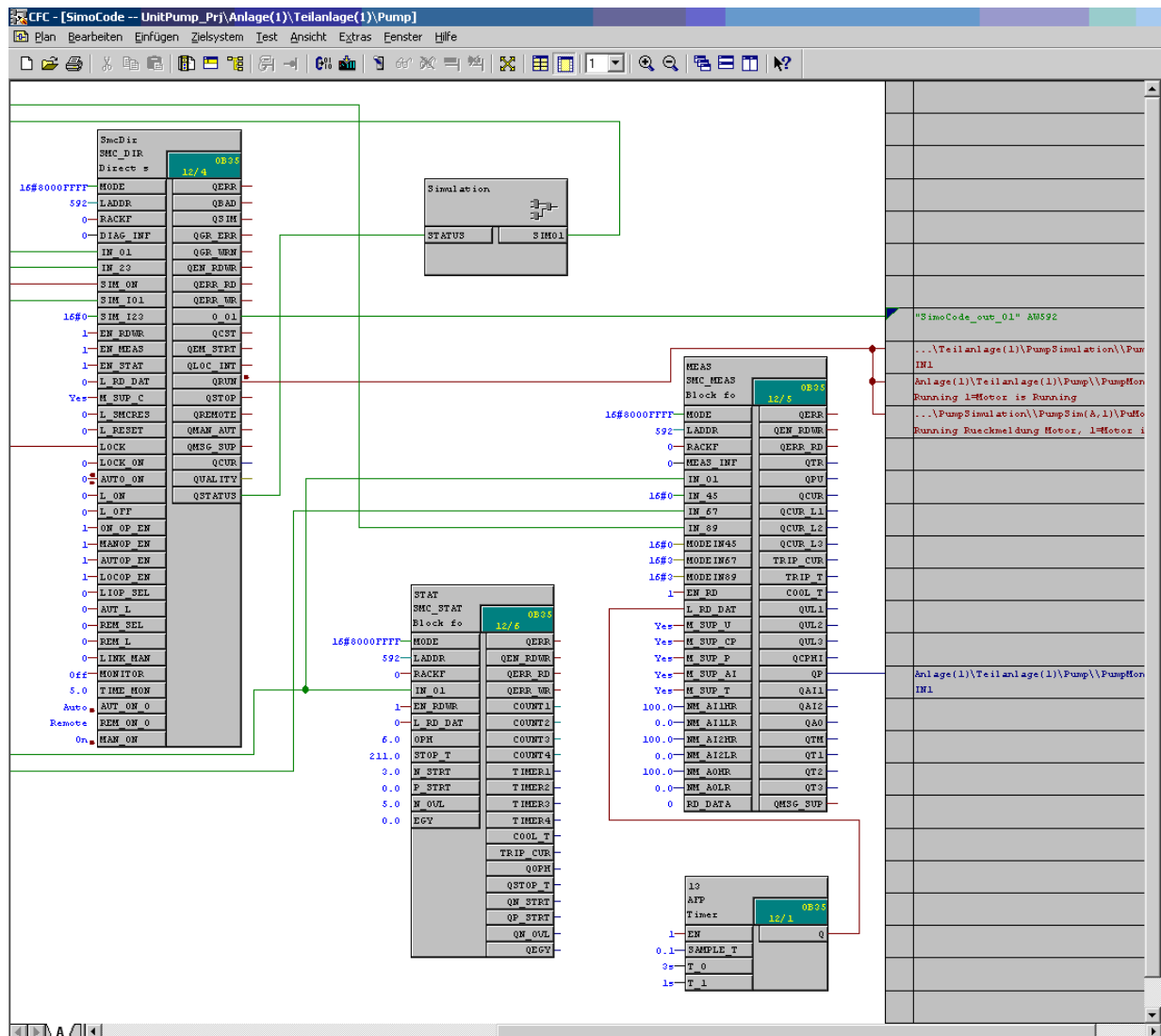


Abbildung 6-2: Ansteuerung des Pumpenmotors mit Simocode, die Verriegelung wirkt auf die Eingangsvariable LOCK des Bausteins SMCDir.

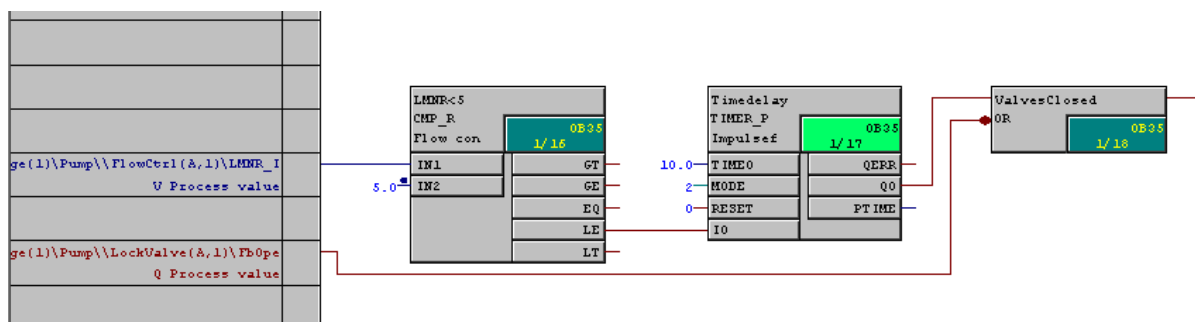


Abbildung 6-3: Verriegelung des Pumpenantriebs bei geschlossenem Schaltventil auf der Saugseite (not Valve.FbOpened) oder zu weit geschlossenem Stetigventil auf der Lastseite (FlowControl.LMNR_I < 5)

6.2 Simulation verschiedener Betriebszustände

6.2.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb

Bei bestimmungsgemäßem Betrieb liegt die aktuelle Förderhöhe auf dem für diesen Durchfluss erwarteten Wert, d.h. auf der Förderkennlinie.

Bei Verstellung des Sollwerts am Durchflussregler bewegt sich der Arbeitspunkt entlang der Kennlinie nach links oder rechts. Temporäre Abweichungen während eines Sollwertsprungs sind unbedenklich, da die Kennlinie nur das Verhalten im stationären Zustand modelliert. Aus diesem Grund sind die Alarm-Verzögerungen für Abweichungen von den Kennlinien mindestens so lange zu wählen, wie die Pumpe selbst und alle relevanten Messwerte brauchen, um nach einem Sollwertsprung wieder einen stationären Zustand zu erreichen.

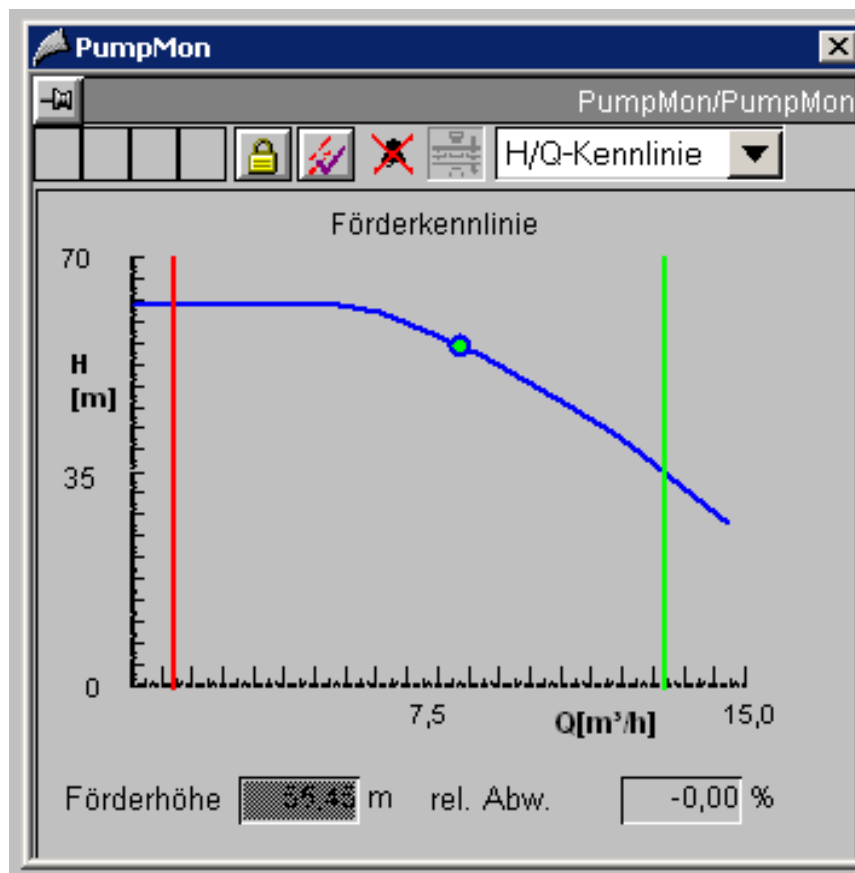


Abbildung 6-4: Förderkennlinie bei bestimmungsgemäßem Betrieb. Die aktuelle Förderhöhe (grüner Punkt) liegt auf der erwarteten Kennlinie.

6.2.2 Förderhöhenverlust durch Verschleiß oder Gasmitförderung

Im Simulationsbeispiel kann abnehmender Wirkungsgrad durch eine Reduktion des von der Pumpe erzeugten Förderdrucks erzeugt werden. Dazu können Sie am PumpMon-Baustein den Skalierungsfaktor **PumpMon.P_OutFactor** künstlich verfälschen, z.B. von 1 auf 0.8 reduzieren.

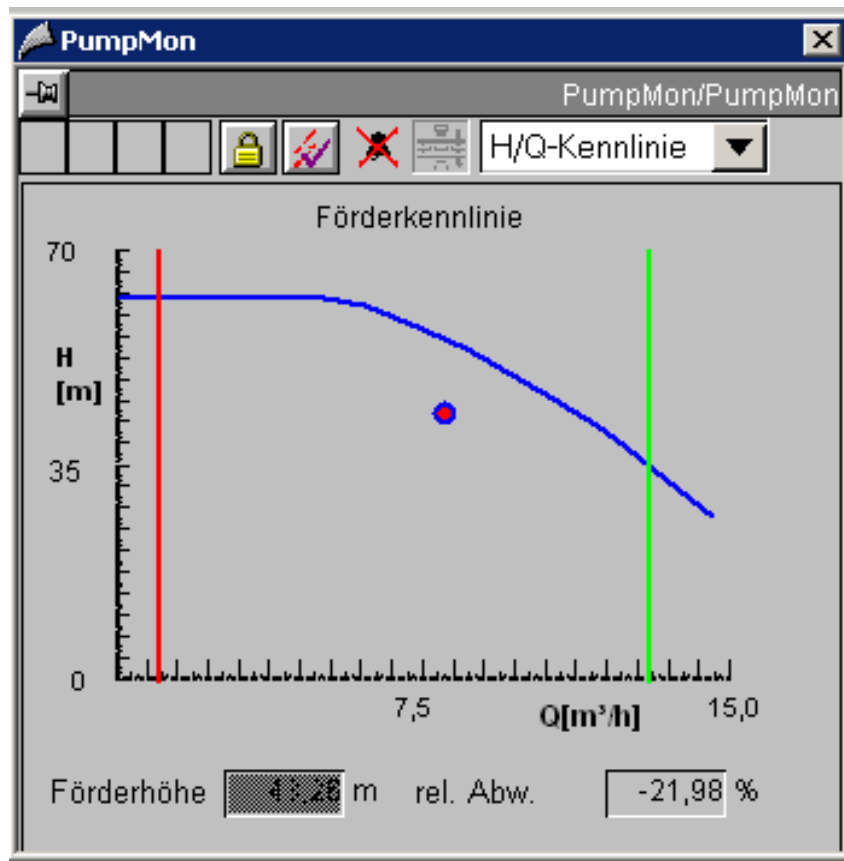


Abbildung 6-5: Förderhöhenverlust in der Kennliniendarstellung

In der Abbildung 6-5 können Sie beobachten, dass der aktuelle Arbeitspunkt sowohl von der Förderhöhen-Kennlinie, als auch von der Wirkungsgrad-Kennlinie nach unten abweicht und seine Farbe von grün nach rot ändert. Es wird eine Warnmeldung "Delivery height deviates from characteristic..." bzw. "Pump efficiency deviates from characteristic" erzeugt.

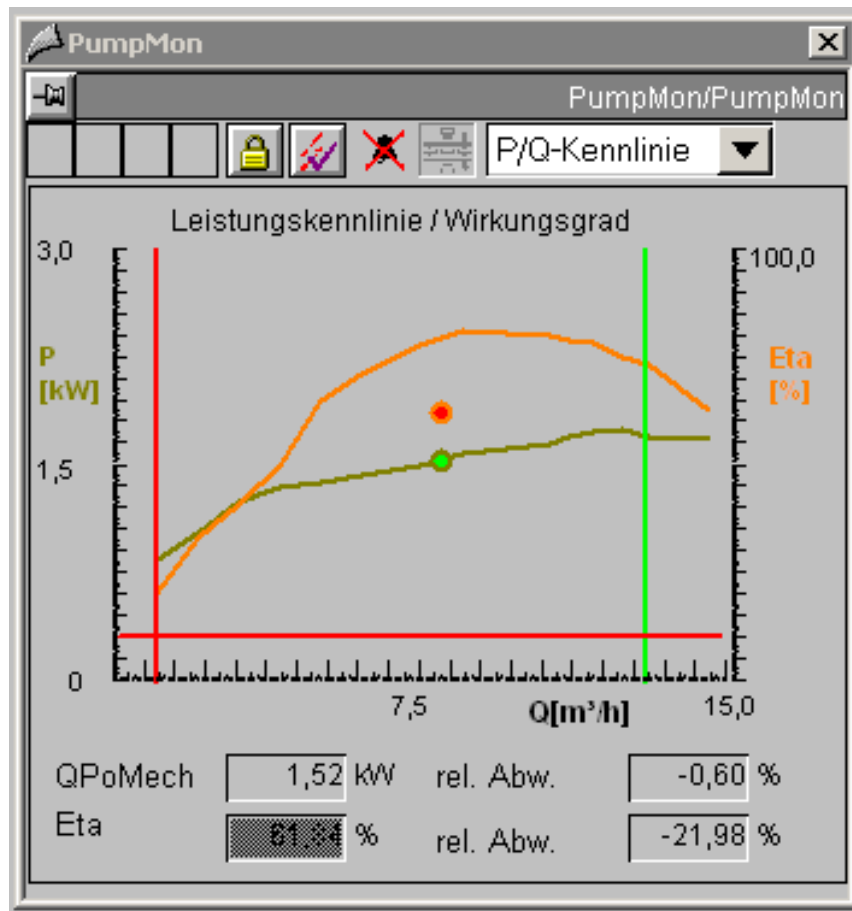


Abbildung 6-6: Wirkungsgradverluste in der Kennliniendarstellung.

In der Abbildung 6-6 liegt die elektrische Leistung zwar noch auf ihrer olivgrünen Kennlinie, aber die hydraulische Leistung ist geringer als erwartet, d.h. der aktuelle Wirkungsgrad (bei der Umsetzung von mechanischer Wellenleistung zu hydraulischer Förderleistung) liegt unter der zugehörigen orangefarbenen Kennlinie.

Als Ursachen für Förderhöhenabfall kommen in Betracht:

- Gasmitförderung,
- Kavitation oder
- Verschleiß.

Anhand der NPSH-Kennlinie prüfen Sie, ob es sich tatsächlich um Kavitation (vgl. Abschnitt 6.2.3) handelt.

Einen Spaltverschleiß erkennen Sie in einer Trendaufzeichnung der Abweichung **DevDelHi** von der Förderkennlinie über einen längeren Zeitraum, an einer langsam aber stetig zunehmenden Abweichung.

Ein Förderhöhenverlust durch Gasmitförderung kann dagegen plötzlich auftreten, und auch plötzlich wieder verschwinden. Ursachen für Gasmitförderung sind auf der Saugseite zu suchen, z.B.

- Einsaugen von Luft an undichten Stellen mit Unterdruck,
- überhöhte Drehzahl von Rührwerken in vorgelagerten Behältern, oder
- chemische Reaktionen, bei denen Gase entstehen.

Sonderfall Falschlauf: Wenn der Motor falsch angeschlossen wurde und in der falschen Richtung dreht, beobachten Sie einen starken (>40%) Förderhöhenabfall bei gleichzeitig geringer (<20%) Abweichung von der Leistungskennlinie. Dieser Fall wird durch eine Warnmeldung "Wrong direction of rotation" signalisiert.

6.2.3 Kavitation

Im Simulationsbeispiel kann Kavitation durch einen reduzierten saugseitigen Druck simuliert werden. Dazu können Sie am PumpMon-Baustein den Skalierungsfaktor **PumpMon.P_InFactor** künstlich verfälschen, z.B. von 1 schrittweise bis 0.4 reduzieren.

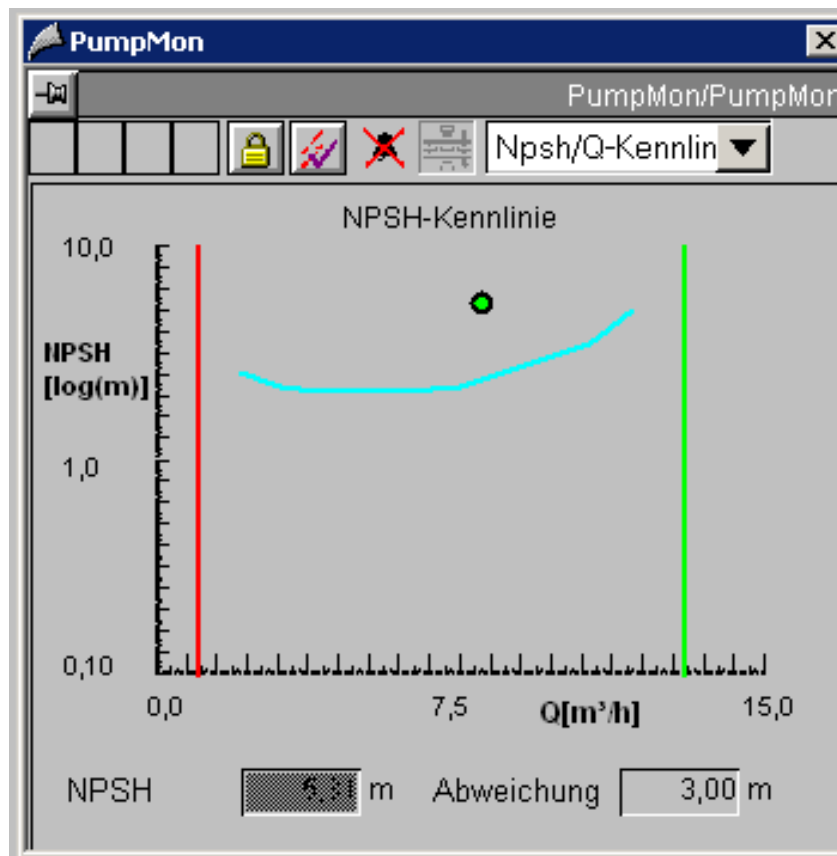


Abbildung 6-7: NPSH-Kennlinie im guten Betriebszustand der Pumpe.

In der Abbildung 6-7 liegt der verfügbare saugseitige Druck (interpretiert als Meter Wassersäule) um 3m über dem für diesen Durchfluss erforderlichen Saugdruck laut Kennlinie.

Sie beobachten dann, dass sich der aktuelle NPSH-Arbeitspunkt der erforderlichen NPSH/Q-Kennlinie, d.h. der Kavitationsgrenze von oben nähert, und kurz vor dem Überschreiten der Grenze seine Farbe von grün nach rot ändert. Eine Annäherung an die Kavitationsgrenze ist als Frühwarnung für Kavitationsgefahr zu interpretieren, und wird durch Warnmeldung „Npsh-value is too low“ signalisiert. Beim Unterschreiten der Kavitationsgrenze wird ein Alarm "Kavitation!" erzeugt.

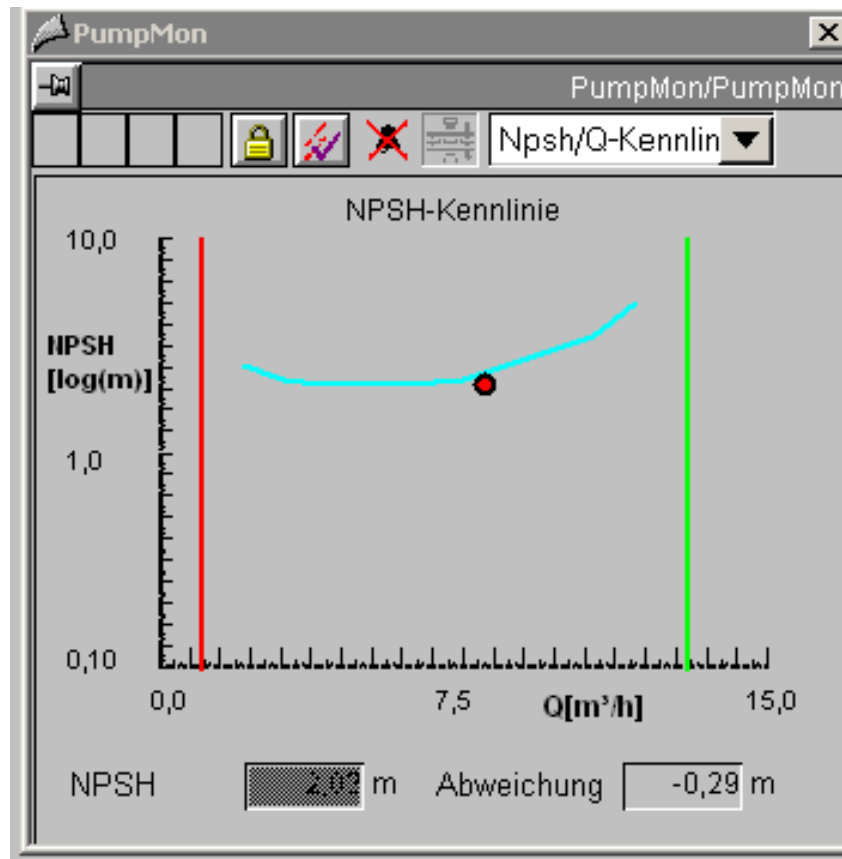


Abbildung 6-8: NPSH-Kennlinie bei Kavitation.

Der verfügbare saugseitige Druck in der Abbildung 6-8 liegt jetzt um 0.29m unter dem für diesen Durchfluss erforderlichen Saugdruck laut Kennlinie. Gleichzeitig bricht die Förderhöhe der Pumpe ein. Kavitation erodiert im Lauf der Zeit den Läufer der Pumpe.

6.2.4 Trockenlauf

Im Simulationsbeispiel kann Trockenlauf (vgl. Abschnitt 4.2.4) durch ein Schließen des saugseitigen Ventils simuliert werden. Nehmen sie dazu das LockValve in Handbetrieb, und schließen Sie es. Die Pumpe wird per Verriegelung der PumpUnit abgeschaltet.

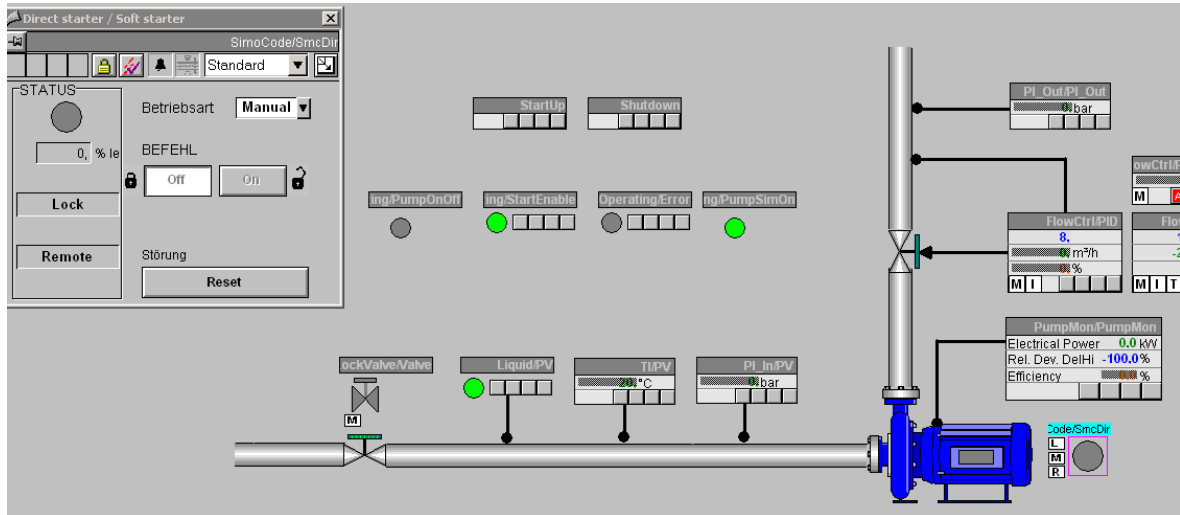


Abbildung 6-9: Automatische Abschaltung der PumpUnit bei Trockenlauf per Verriegelung

In der Abbildung 6-9 sehen Sie die automatische Abschaltung der PumpUnit bei Trockenlauf per Verriegelung, erkennbar im Simocode-Bildbaustein des Pumenantriebs am Status "Locked" und Motor "Off". Ursache ist das geschlossene Ventil auf der Saugseite (hier grau statt grün wie in Abbildung 6-1 dargestellt).

Zusätzlich kann die Abschaltung auch durch Auswertung des entsprechenden Binärausgangs **Q_DryRun** des PumpMon erreicht werden, aber die direkte logische Verschaltung mit dem Ventilzustand ist aus Sicherheitsgründen immer zu realisieren. Der PumpMon kann natürlich auch einen Trockenlauf bei geöffnetem saugseitigem Ventil erkennen, z.B. weil der saugseitige Behälter leergelaufen ist.

6.2.5 Blockade

Im Simulationsbeispiel kann Blockade (vgl. Abschnitt 4.2.4) durch ein Schließen des lastseitigen Ventils simuliert werden. Nehmen Sie dazu den Durchflussregler FlowControl/PID in Handbetrieb, und geben Sie einen Stellwert von 3% vor. Die Pumpe wird nach einigen Sekunden per Verriegelung der PumpUnit abgeschaltet, genau wie beim Trockenlauf.

Zusätzlich kann die Abschaltung auch durch Auswertung des entsprechenden Binärausgangs **Q_Blk** des PumpMon erreicht werden, damit eine Abschaltung auch dann erfolgt, wenn die Blockade nicht an der Ventilstellung erkennbar ist, sondern beispielsweise durch einen Fremdkörper in der Leitung verursacht wird.

6.2.6 Überlastbetrieb

Im Simulationsbeispiel kann eine Überlastung des Antriebsmotors, verursacht durch überhöhte Lager-Reibung, durch eine überhöhte elektrische Leistungsaufnahme simuliert werden. Verfälschen Sie dazu den Skalierungsfaktor **PumpMon.PoElectFactor** künstlich, z.B. indem Sie ihn von 1 schrittweise bis 1.8 vergrößern.

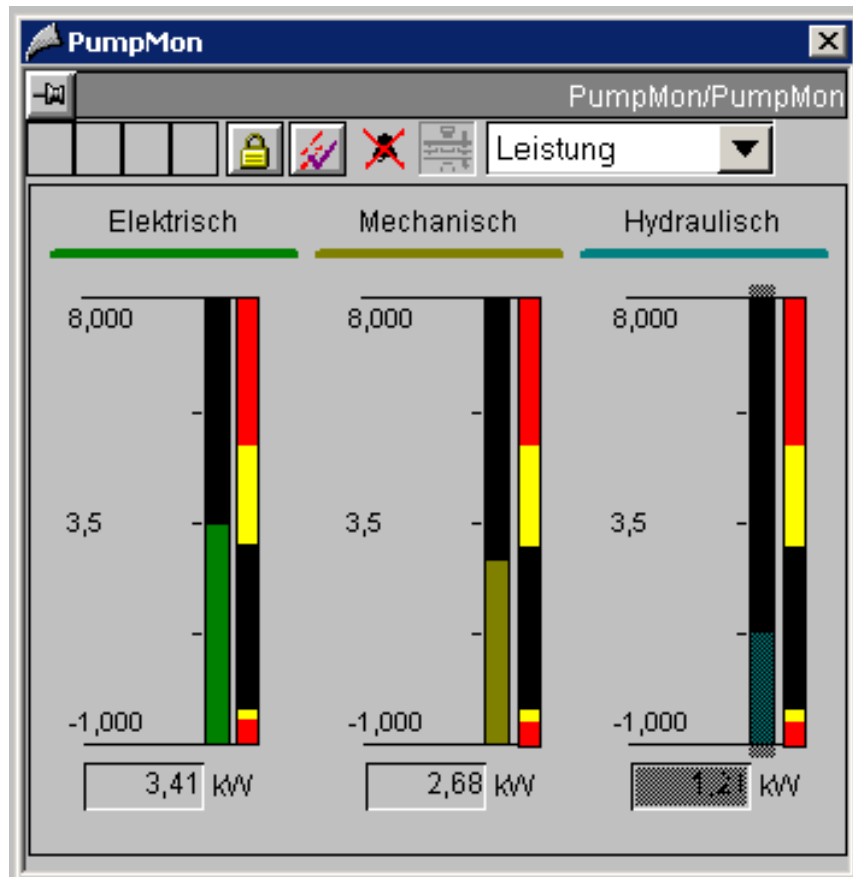


Abbildung 6-10: Überlastbetrieb in der Balkendarstellung der Leistungskennwerte

Mit der elektrischen Leistung steigt auch die über das Motormodell im PumpMon berechnete mechanische Wellenleistung. Bei Überschreitung der zugeordneten Grenzwerte wird eine Warnung bzw. ein Alarm wie beispielsweise "Electrical Power HH-Alarm" erzeugt.

7 Fazit

Der Baustein PumpMon ermittelt folgende nicht direkt gemessene Größen:

- Förderhöhe
- Mechanische Leistung
- Hydraulische Leistung
- Wirkungsgrad Pumpe
- NPSH-Wert
- Statistische Verteilung der Durchflusswerte („Lastkollektiv“)

Die Pumpen-Diagnose arbeitet nach folgender Logik zur Ermittlung fehlerhafter Betriebszustände:

- **Blockade:** wird ermittelt anhand der mechanischen Leistung. Diese Abhängigkeit ist signifikanter als über die elektrische Leistung. Erhöhte Robustheit durch Signal-Filterung.
- **Trockenlauf:** wird ermittelt anhand der mechanischen Leistung. Diese Abhängigkeit ist signifikanter als über die elektrische Leistung. Erhöhte Robustheit durch Signal-Filterung.
- **Nicht-bestimmungsgemäßer Betrieb:** wird ermittelt anhand des Förderhöhenabfalls (parametrierbare Abweichung von der Förderkennlinie).
- **Kavitation:** wird ermittelt anhand von Förderhöhenabfall und berechnetem NPSHa-Wert (wenn Sicherheitsabstand von 0,5m zur Kennlinie unterschritten wird).
- **Pumpe verschlissen:** kann extern diagnostiziert werden
 - bzgl. Kavitation: durch Aufsummieren der Betriebszeit in Kavitation.
 - bzgl. Spaltverschleiß: durch andauernde Abweichung von der Kennlinie (z.B. nach 48h anstehender Abweichung), die nicht auf Gasmitförderung zurückzuführen ist.
- **Überlast:** wird ermittelt anhand der elektrischen Leistung.
- **Schlechter Pumpen-Wirkungsgrad:** wird ermittelt anhand der Abweichung des Pumpen-Wirkungsgrades (hydraulische / mechanische Leistung) von der Kennlinie für den Wirkungsgrad.

	Durchfluss	Diff.-druck über Pumpe	elektr. Leistg.	Druck vor Pumpe	Temp. Medium	Dichte	Dampfdruck
Blockade	(x) ⁽¹⁾		x ⁽²⁾				
Trockenlauf	(x) ⁽¹⁾		x ⁽²⁾				
Gasmitförderung	x	x				[x] ⁽⁴⁾	
Kavitation	x	x		x	[x] ⁽⁴⁾		[x] ⁽⁵⁾
Pumpe verschlissen	x	(x) ⁽³⁾	x				
Überlast			x				
schlechter Pumpen-Wirkungsgrad	x	x	x				

Tabelle 7-1: Zusammenhang zwischen verfügbaren Größen und diagnostizierbaren Problemen

Legende:

- x Messwert erforderlich
- (x) Messwert nützlich, aber nicht unbedingt erforderlich
- [x] je nach Umständen – siehe Anmerkungen

Anmerkungen:

- ⁽¹⁾ nicht unbedingt erforderlich, aber für zusätzliche Plausibilisierung nützlich
- ⁽²⁾ dient zur Berechnung der mechanischen Leistung – signifikanter als elektrische Leistung
- ⁽³⁾ in Förderkennlinie deutlicher erkennbar als in Leistungskennlinie
- ⁽⁴⁾ sofern nicht konstant; evtl. als Begleitwert der Durchflussmessung
- ⁽⁵⁾ sofern Temperatur nicht konstant (dann festen Wert parametrieren); Im Baustein ist eine Berechnung des Dampfdrucks mit der Antoine-Gleichung verfügbar. Für andere Fälle muss der Dampfdruck per Berechnung aus der Temperatur im CFC ermittelt werden und auf den entspr. Eingang des Bausteins verquellt werden.

8 Literatur

- [1.] PCS 7 PumpMon - Condition Monitoring für Kreiselpumpen. Produktbeschreibung. I IA SE SH, Erlangen, Aug. 2008.
- [2.] Online-Hilfe zum Funktionsbaustein PumpMon, I IA SE SH, Erlangen 2008,
- [3.] Online-Hilfe zum Funktionsbaustein AssetMon, PCS7 ES V7.0.1, I IA AS RD Khe, 2008.
- [4.] Pfeiffer, B-M., Grieb, H., Bettenhausen, K. D.: Prozessnahes Performance-Management - vom Plant Asset Management zur optimierten Betriebsführung. VDE-Kongress, Aachen, Okt. 2006. Tagungsband 2, VDE-Verlag, Berlin, S. 325-330.
- [5.] Müller-Heinzerling, T., Grieb, H., Pfeiffer, B-M.: Ganz schön clever - Nicht-intelligente Komponenten in das anlagennahe Asset Management einbinden. atp 11/2006, S. 56-61.
- [6.] Pirsing, A., Grieb, H., Pfeiffer, B-M., Müller-Heinzerling, T.: Zerstörerische Blasen - Preiswerte Kavitationsüberwachung für Kreiselpumpen in der Wasserwirtschaft. A&D-Kompodium 2007/2008.
- [7.] Müller-Heinzerling, T., Grieb, H., Pfeiffer, B-M.: Asset Management für mechanische Anlagenkomponenten – Unkomplizierte Überwachung von nicht-intelligenten Assets. P&A-Kompodium 2007-2008, S. 80-83.
- [8.] Müller, P., Pfeiffer, B-M.: Anwenderdokumentation zum PCS 7 Solution-Template Pump-Unit. Siemens I IA&DT ATS 32, Nov. 2007.

9 Historie

Version	Datum	Änderung
V1.0	April 2010	Erste Ausgabe

Tabelle 9-1: Historie